

DLG-Merkblatt 438

Beleuchtung und Beleuchtungstechnik im Geflügelstall



DLG-Mitgliedschaft. Wir geben Wissen eine Stimme.



Jetzt Mitglied werden!

Die DLG ist seit mehr als 130 Jahren offenes Netzwerk, Wissensquelle und Impulsgeber für den Fortschritt.

Mit dem Ziel, gemeinsam mit Ihnen die Zukunft der Land-, Agrar- und Lebensmittelwirtschaft zu gestalten.

www.DLG.org/Mitgliedschaft



DLG-Merkblatt 438

Beleuchtung und Beleuchtungstechnik im Geflügelstall

Autoren

- DLG Ausschuss Technik in der Tierhaltung
- Prof. Dr. Robby Andersson, Alina Uhlenkamp, Daniel Kämmerling,
Dr. Stefanie Döhning, Hochschule Osnabrück
- Dr. Jutta Berk, FLI Celle
- Prof. Dr. Michael Grashorn, Universität Hohenheim
- Daniel Werner, FH Bielefeld
- Karl Heinz Mann und Bärbel Bös, LBB Göttingen
- Dieter Mirbach, DLG e.V., Frankfurt am Main
- Dipl. Ing. Karl Heinz Mann, LBB GmbH
- (B. Sc.) Bärbel Stephanie Bös, LBB GmbH

Titelbild: Big Dutchman

Alle Informationen und Hinweise ohne jede Gewähr und Haftung

Herausgeber:

DLG e.V.
Fachzentrum Landwirtschaft
Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main

1. Auflage, Stand: 10/2018

© 2018

Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder – auch für den Zweck der Unterrichtsgestaltung – nur nach vorheriger Genehmigung durch DLG e.V., Servicebereich Marketing, Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main, Tel. +49 69 24788-209, M.Biallowons@DLG.org

Inhalt

1. Einleitung	5
2. Theoretische Grundlagen	5
2.1 Biologische Grundlagen	5
2.2 Tageslicht beim Geflügel	7
2.3 Gesetzliche und normative Anforderungen	8
2.4 Lichttechnische Kenngrößen	10
3. Technische und praktische Aspekte	11
3.1 Beleuchtungsempfehlungen in den einzelnen Produktionsstufen/Nutzungsrichtungen und Funktionsbereichen	11
3.2 Einrichtung von Beleuchtung im Stall	13
3.2.1 Lichtverteilung unterschiedlicher Lampen und Optiken	13
3.2.2 Flackerfreiheit	14
3.2.3 Materialeigenschaften und Schutzklassen	15
3.2.4 LED-Retrofitprodukte	15
3.3 Kostenanalyse der Leuchtenauswahl	16
4. Literatur	18

1. Einleitung

Licht, das heißt die sichtbare elektromagnetische Strahlung, spielt in der Geflügelhaltung eine zentrale Rolle. Der große Gewichtsanteil beider Augen beim Vogel, gemessen am Körpergewicht, lässt auf die besondere Bedeutung des Sehsinns für den Vogel schließen. Dieser beträgt beim Menschen lediglich 1 % und bei Hühnervögeln 7–8,5 % (König und Bragulla 2009). Lebewesen dient Licht vor allem zur Wahrnehmung der Umwelt und der Orientierung. Die Wahrnehmung von Licht unterscheidet sich jedoch zwischen Menschen und Tieren teilweise erheblich.

Neben der visuellen Wahrnehmung hat Licht auch auf die Physiologie der Tiere einen Einfluss (u. a. bezüglich Zeitgeber, Verhalten, Hormonausschüttung). Beide Aspekte beeinflussen das Wohlbefinden und die Leistung der Tiere.

Beleuchtung im Geflügelstall wird über folgende Merkmale definiert:

- Spektrum – Zusammensetzung des Lichts nach Wellenlängen: „Farbe“
- Beleuchtungsstärke – die Lichtintensität, mit der der Stall beleuchtet wird: „Helligkeit“
- Frequenz – Schwingungen je Sekunde: „Flackern“
- Photoperiode – Lichtprogramm/Beleuchtungsdauer in Stunden pro Tag: „Jahreszeiten (Langtag/ Kurztag)“.

An die Beleuchtungstechnik in Geflügelställen werden aus den oben genannten Gründen unterschiedliche Ansprüche gestellt. Das Beleuchtungsmanagement muss nicht nur den Ansprüchen von Mensch und Tier genügen, sondern auch beständig gegenüber äußeren Einflüssen sowie ökonomisch sinnvoll sein. Dabei müssen die entsprechenden gesetzlichen Rahmenbedingungen eingehalten werden. Bei Neubau sowie Umbau von Ställen sollte das Thema Licht eine besondere Berücksichtigung finden, da eine adäquate Beleuchtung das Tierwohl erhöhen und zu besseren Arbeitsbedingungen für den Tierhalter/-betreuer führen kann.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Biologische Grundlagen

Das Sehvermögen von Vögeln unterscheidet sich maßgeblich von dem des Menschen. So sind aufgrund des großen Augapfels das Sehvermögen und auch die optische Auflösung bei Vögeln hervorragend (Nickel et al. 2004). Menschen besitzen für die Farbwahrnehmung 3 Arten von Zapfen (blau, grün, rot) und zählen damit zu den „Tri-Chromaten“. Der Mensch kann die elektromagnetische Strahlung von violett bis dunkelrot sehen. Der Vogel besitzt, anders als der Mensch, mindestens 4 verschiedene Zapfentypen (ultraviolett, blau, grün, rot) (Nickel et al. 2004), Vögel werden als „Tetra-Chromaten“ bezeichnet. Zudem besitzen Vögel einen Doppelzapfen, der mutmaßlich für die Wahrnehmung von Bewegung zuständig ist (Kram et al. 2010). Die Absorptionsbreite von Vögeln ist je nach Art unterschiedlich, erstreckt sich jedoch vom UV-A- bis in den (dunkel)roten Bereich, das heißt Vögel können einen breiteren Bereich der elektromagnetischen Strahlung visuell wahrnehmen. Weißes Licht setzt sich aus Anteilen aller Farben im Spektrum zusammen. Wird Vögeln kein UV-A-Anteil im Licht angeboten, ist anzunehmen, dass sie ihre Umwelt in Falschfarben wahrnehmen. Ein weißes Objekt erscheint bei fehlendem UV-A-Anteil dem Vogel nicht mehr als weiß, sondern in der Komplementärfarbe zum UV (Burkhardt

1989). Damit der Vogel seine Umwelt (Futter und Artgenossen) richtig wahrnimmt, ist im Geflügelstall eine Beleuchtung mittels Vollspektrum inklusive UV-A-Anteil notwendig.

Vögel weisen eine sehr schnelle Hell-Dunkel-Adaption auf. Das heißt, die Vogelaugen passen sich sehr schnell an Hell-Dunkel- bzw. Dunkel-Hell-Wechsel der Lichtverhältnisse an. (König und Bragulla 2009). Um Unruhe und Verletzungen aufgrund von Panik zu vermeiden ist es dennoch wichtig, die Dunkelphase mit einer ausreichend langen Dämmerungsphase einzuleiten. Des Weiteren ist eine ausreichend lange, ununterbrochene Dunkelperiode (etwa 6–8 Stunden) einzuhalten. Reduzierte oder unterbrochene Dunkelphasen können die Mortalitätsrate erhöhen (Schwean-Lardner et al. 2016; Brickett et al. 2007) sowie Immunsuppressionen und Augenanomalitäten begünstigen (Europarat 1995).

Die Augen liegen bei den Nutzgeflügelarten seitlich am Kopf. So hat beispielsweise das Huhn ein sehr großes monokulares Sichtfeld von etwa 300° (Barber 2013), jedoch einen sehr kleinen Bereich in dem sich die Sehfelder beider Augen überschneiden (26°). Dieses binokulare Gesichtsfeld ist Voraussetzung für das dreidimensionale, räumliche Sehen. Eine weitere Besonderheit der Vögel ist, dass sie zwei Sätze visueller Informationen gleichzeitig verarbeiten können. So können sie beispielsweise mit dem einen Auge nach Fressfeinden Ausschau halten und mit dem anderen Auge Futter suchen. Das menschliche Auge bzw. die menschliche Wahrnehmung ist hierzu nicht in der Lage (Barber 2013).

Bewegungen nimmt der Vogel sehr gut wahr. Das Auflösungsvermögen von Vogelaugen beträgt je nach Lichtverhältnissen über 100 Bilder pro Sekunde. Der Mensch kann nur ca. 50–60 Bilder pro Sekunde wahrnehmen. Der Wert, ab dem eine Folge von Lichtblitzen als kontinuierliches Licht wahrgenommen wird, wird auch als Flickerfusionsfrequenz (FFF) bezeichnet. Licht muss also mit einer Frequenz emittiert werden, die diesen Grenzwert überschreitet, um den Eindruck eines kontinuierlichen Lichts (Dauerlichts) zu erzeugen. Ist dies nicht der Fall, kommt es zur Wahrnehmung von Flackerlicht, dem sogenannten Stroboskoplicht („Diskoeffekt“). Ein solches Flackerlicht beeinflusst die Tiere mutmaßlich negativ, kann eine Belastung für den Organismus sein und eventuell Verhaltensstörungen begünstigen. Um dies zu umgehen, sollte die Frequenz des Kunstlichtes ein Vielfaches über 100 Hertz (Hz) liegen.

Tabelle 1: Vergleich des Sehvermögens von Mensch und Vogel

Geflügel	Mensch
4 Zapfen für das Farbsehen (UV, blau, grün, rot) & 1 Doppelzapfen (Bewegungssehen)	3 Zapfen für das Farbsehen (blau, grün, rot)
bis zu 360° (Huhn 300°) Gesichtsfeld	220° Gesichtsfeld
ca. 26° dreidimensionales Sehen (je nach Art unterschiedlich)	120° dreidimensionales Sehen
Sehr hohe Sehschärfe	Hohe Sehschärfe
Sehr gute und schnelle Anpassung an unterschiedliche Entfernungen (Akkommodation)	Anpassung auf verschiedene Entfernungen
Sehr schnelle Hell-Dunkel-Anpassung	Schnelle Hell-Dunkel-Anpassung
Sehr gutes Bewegungssehen (> 100 Bilder/Sekunde)	Mittelmäßiges Bewegungssehen (ca. 50–60 Bilder/Sekunde)
Verarbeitung von zwei Sätzen visueller Information gleichzeitig	Verarbeitung eines Satzes visueller Information

Die physiologischen Effekte des Lichtes beinhalten auch die Beeinflussung der endokrinen Funktionen (Hormonausschüttung), wie den zirkadianen Rhythmus (Zeitgeber, Herdenführung) sowie das Reproduktionsgeschehen. Diese können beispielsweise genutzt werden, um die Legereife zu induzieren. Zudem ist Licht (UV-Licht) wichtig für den Aufbau lebenswichtiger Vitamine und den Calciumstoffwechsel.

2.2 Tageslicht beim Geflügel

Der Gesetzgeber fordert eine dem natürlichen Licht entsprechende Beleuchtung für Geflügelställe. Eine allgemeine Definition von natürlichem Licht/Tageslicht ist jedoch nicht möglich, da sich Spektrum und Lichtintensität je nach Standort, Tages- und Jahreszeit, zum Teil stark, voneinander unterscheiden. Der Grund hierfür ist die unterschiedlich starke Filterung der Sonnenstrahlung, beispielsweise durch die Atmosphäre oder die Vegetation. Lebewesen bevorzugen bestimmte Habitate, die unter anderem durch spezifische Lichtverhältnisse charakterisiert werden. Dies wird in der Natur durch besondere Standorte, z. B. Wüste oder Dschungel, deutlich. Entsprechend der ursprünglichen Habitate (bevorzugter natürlicher Aufenthaltsort) der verschiedenen Geflügelarten, ist anzunehmen, dass tierartbedingte Unterschiede hinsichtlich der Ansprüche an „natürliches“ Licht vorhanden sind. Der Vorfahre unserer heutigen domestizierten Hühner (*Gallus gallus*) stammt aus dem Dschungel Südostasiens. Das dort natürlich vorkommende Licht ist stark durch die Filterung der dortigen Vegetation geprägt. Anders sind die Lichtverhältnisse des Habitats von Puten (*Meleagris gallopavo*) zu erwarten. Das natürliche Habitat von Puten bilden die süd mexikanische Steppe, Waldränder und lichte Wälder, wo die Filterung des Lichts deutlich geringer einzuordnen ist. Diese Filterung wirkt sich auch auf den UV-A-Anteil aus. So weist ein vegetationsreiches Habitat des Huhns einen UV A-Anteil von etwa 2% auf, während das Habitat der Pute einen UV-A-Anteil von etwa 5% (in Kopfhöhe der Tiere) erwarten lässt.

Es ist davon auszugehen, dass natürliches Tageslicht (unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Standorte/Habitate) den Ansprüchen der Tiere am ehesten entspricht. Abbildung 1 stellt die spektrale

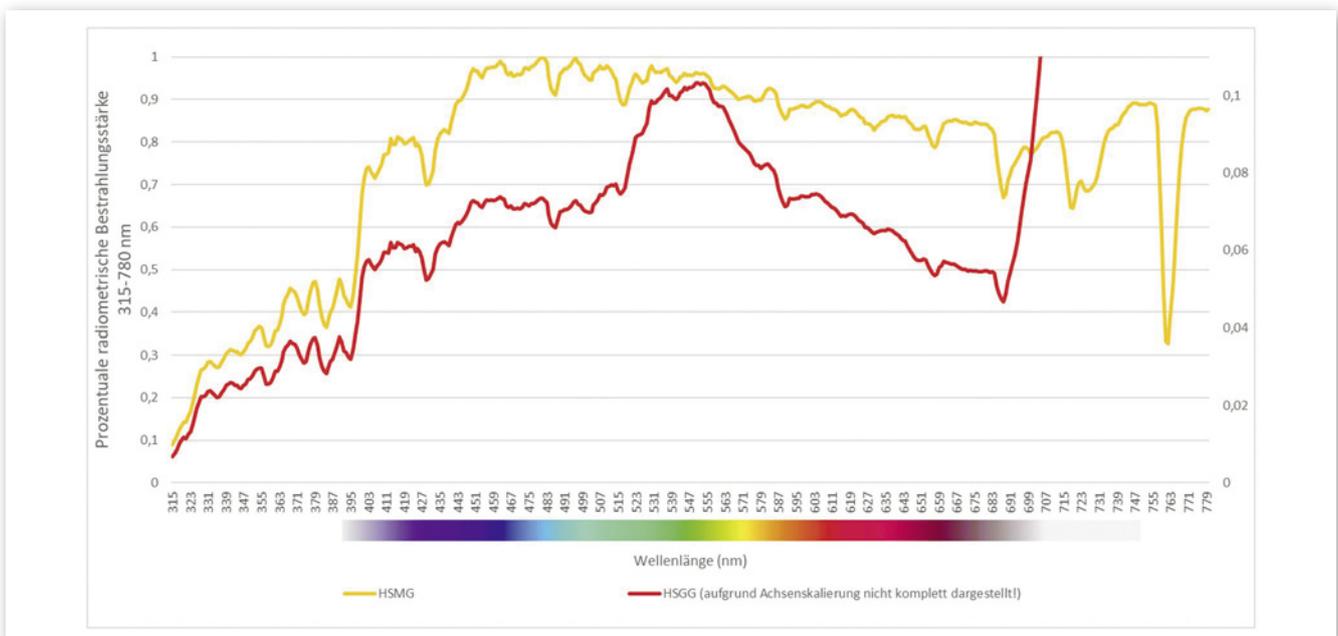


Abbildung 1: Relative spektrale Zusammensetzung (in %) der Habitat- Spektren Huhn (HSGG) und Pute (HSMG), orientiert am Habitat Dschungel bzw. Steppe (HSGG aufgrund der Achsenskalierung nicht vollständig dargestellt)

Zusammensetzung, orientiert am Habitat-Spektrum *Gallus Gallus* (HSGG) sowie am Habitat-Spektrum *Meleagris Gallopavo* (HSMG), dar. Das Habitat-Spektrum *Gallus Gallus* ist aufgrund der Achsenskalierung nicht vollständig dargestellt.

2.3 Gesetzliche und normative Anforderungen

Die Gestaltung des Lichtangebots in Geflügelställen ist sowohl EU-übergreifend als auch national geregelt. Nach der Tierschutznutztierhaltungsverordnung (2017) wird eine generelle, für die Beobachtung und Kontrolle der Tiere, ausreichende Beleuchtung verlangt. Weiterhin muss die tägliche Beleuchtung

Tabelle 2: Überblick der gesetzlichen und normativen Anforderungen an die Beleuchtung von Geflügelhaltungen

	Legehennen	Masthühner	Puten	Peking- und Moschusenten
Lichtöffnungen (Tageslichteinfall)	Mind. 3% der Stallgrundfläche, gleichmäßig verteilt ^{1,2}			Möglichst Tageslicht (gleichmäßiger Einfall) ^{5,6,7} ; mind. 3% der Stallgrundfläche ⁷
... für Neubauten ab	13.3.2002 ¹⁾	9.10.2009 ¹⁾	1.10.2013 ²⁾	bei Stall Neu- und Umbauten ⁷⁾
Dunkelperiode	Mind. 8 Stunden ¹	Mind. 6 Stunden ¹ ; Dämmerungsperiode ist nicht berücksichtigt ¹	Möglichst mind. 8 Stunden ²	Richtwert: 8 Stunden ^{5,6,7}
	ununterbrochen ¹		–	ununterbrochen ^{5,6,7}
Beleuchtungsintensität Dunkelperiode; Dämmerungsperiode	< 0,5 Lux, ausreichende Dämmerungsphasen ¹	–	Max. 0,5 Lux ² , Dämmerungsphasen empfohlen ²	Angemessene Dämmerungsphasen ^{5,6,7} ; max. 2 Lux ⁷
Beleuchtungsintensität Lichtperiode	(keine Angaben in ¹); Mind. 20 Lux in Augenhöhe der Tiere, gemessen in 3 Ebenen ³	20 Lux in Tierkopfhöhe ^{1,3} , gemessen in 3 Ebenen ³ , Ausleuchtung mind. 80% der Nutzfläche ¹	20 Lux ² /10 Lux ⁴ in Tieraugenhöhe – gemessen in 3 Ebenen ^{2,5}	Ausreichendes Licht für natürliches Verhalten; Erkennen der Umgebung und Artgenossen ^{5,6} ; 20 Lux in Augenhöhe der Tiere ⁷
Lichtprogramm	24-Stunden Rhythmus ³	24-Stunden Rhythmus ^{1,3} , ab Tag 7 bis 3 Tage vor dem Schlachtermin ¹	Natürlicher Tag-Nacht-Rhythmus ²	24-Stunden Rhythmus ⁷ nach den ersten Tagen ^{5,6} ; Abweichungen in der Eingewöhnungszeit (max. 3 Tage) sind zulässig ⁷
Frequenz	künstl. Beleuchtung → flackerfrei, entsprechend den tierartsspezifischen Anforderungen ^{1,2,3,7}			
Spektrum	künstl. Beleuchtung → soweit wie möglich dem natürlichem Licht entsprechend ^{1,2}			Ausgewogenes Farbspektrum mit UV-A-Anteil ⁷
Ausnahmeregelung	–	Zeitliche Einschränkung der Lichtintensität und des natürlichen Lichteinfalls durch tierärztliche Indikation zulässig ^{1,2}		–

¹ TierSchNutzV (2017) ² Eckwerte Putenhaltung (2013) ³ Europaratsempfehlung Gallus gallus (1995)

⁴ Europaratsempfehlung Meleagris gallopavo ssp. (2002) ⁵ Europaratsempfehlung Anas platyrhynchos (1999)

⁶ Europaratsempfehlung Cairina moschata und Hybriden von Cairina moschata x Anas platyrhynchos (1999)

⁷ Vereinbarung über die Weiterentwicklung der Mindestanforderungen an die Haltung von Pekingenten

tungsintensität und Beleuchtungsdauer den Bedürfnissen der Art entsprechen. Nach § 4 Abs. 1 Nr. 9 TierSchNutztV (2017) ist dem Geflügel das künstliche Licht entsprechend dem tierartspezifischen Wahrnehmungsvermögen flackerfrei anzubieten. Ebenfalls sollte die künstliche Beleuchtung nach § 13 Abs. 3 bzw. § 18 Abs. 5 dem natürlichen Licht so weit wie möglich entsprechen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die gesetzlichen und normativen Anforderungen im Geflügelbereich.

Neben den Anforderungen an die Beleuchtung für die Tiere müssen auch die Anforderungen an die Beleuchtung für die Menschen erfüllt werden. Da der Stall ein Arbeitsplatz für den Menschen darstellt, gelten die technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR 2011) 3.4 aus der Arbeitsstättenverordnung. Dabei sind folgende Mindestanforderungen an die mittlere Beleuchtungsstärke E_m (Lux) und Farbwiedergabeindex R_a für die verschiedenen Arbeitsbereiche einzuhalten:

*Tabelle 3: Empfehlungen der Arbeitsstättenverordnung (ASR 3.4) zur mittleren Beleuchtungsstärke \bar{E}_m sowie des Farbwiedergabeindex R_a **

Arbeitsraum, Arbeitsplatz, Tätigkeit	\bar{E}_m (Lux)	R_a
Verkehrsflächen und Flure ohne Fahrzeugverkehr	50	40
Verkehrsflächen und Flure mit Fahrzeugverkehr	150	40
Beschicken und Bedienen von Fördereinrichtungen und Maschinen	200	80
Behandlungsräume für Tiere	200	80

* Der Farbwiedergabeindex gibt an, wie stark sich die Farbe eines Objekts bei der Beleuchtung mit einer bestimmten Lampe bezüglich eines Bezugstrahlers ändert. Der höchste Wert von R_a ergibt sich mit 100, wenn die betrachtete Lampe praktisch nicht von der Bezugsquelle abweicht. Mit dieser Lampe beleuchtet können alle Farben eines Gegenstandes erkannt werden und erscheinen einem Betrachter (Mensch) als natürlich (RIS 2015)

Zur Vermeidung von Unfällen sind Blendungen und Reflexionen zu reduzieren und Schattenbildungen zu begrenzen. Zudem ist auch für den Menschen das Flimmern und Pulsieren von Leuchten zu vermeiden. Die Norm DIN EN 12464-1 (2011) „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen“ empfiehlt die folgenden Werte für handwerkliche Tätigkeiten in der Landwirtschaft:

Tabelle 4: Empfehlungen der DIN Norm (EN 12464-1) zur mittleren Beleuchtungsstärke \bar{E}_m , und des Farbwiedergabeindex R_a

Art des Innenraums, des Bereichs der Sehaufgabe oder Bereich der Tätigkeit	\bar{E}_m (Lux)	R_a
Viehställe	50	40
Ställe für kranke Tiere	200	80
Futteraufbereitung, Gerätereinigung	200	60

Des Weiteren ist die „Richtlinie zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung“ (2006/25/EG) zu berücksichtigen. Beim Kauf von Leuchtmitteln mit UV-A-Anteil sind die erlaubten Tages- und Jahresexpo-

sitionswerte beim Hersteller zu erfragen. Der Expositionsgrenzwert für den Wellenlängenbereich 315–400 nm beträgt bei einer täglichen Arbeitszeit von 8 Stunden 104 Joule/m².

2.4 Lichttechnische Kenngrößen

Lichttechnische Kenngrößen, wie Beleuchtungsstärke (Lux) und Lichtstrom (Lumen), beziehen sich ausschließlich auf den Anteil der Strahlung, die der Mensch wahrnehmen kann (380 nm–780 nm) und sind zudem nach den Möglichkeiten der menschlichen Wahrnehmung gewichtet. Aufgrund der Unterschiede der visuellen Wahrnehmung zwischen Mensch und Geflügel sind typische lichttechnische Kenngrößen also nur bedingt für die Geflügelhaltung anwendbar.

Wichtige Kenngrößen zur Beschreibung des Lichts für Geflügel sind das Spektrum, die Lichtintensität, die Frequenz und die Photoperiode.

Das **Spektrum** (Wellenlänge in W/m²/nm) gibt die Stärke der Strahlung in den einzelnen Wellenlängenbereichen („Farben“) an, also aus welchen Anteilen das Licht zusammengesetzt ist. Dabei reichen die Wellenlängenbereiche des für uns sichtbaren Spektrums von violett über blau, grün, gelb, orange bis rot. Je nach Leuchtmittel unterscheidet sich die spektrale Zusammensetzung des emittierten Lichts. In Abbildung 2 sind solche Unterschiede des Spektrums am Beispiel einiger ausgewählter Leuchtmittel dargestellt.

Trotz der unterschiedlichen Spektren der drei Leuchtmittel nehmen wir Menschen alle drei Spektren als (warm)weißes Licht wahr. Je nachdem, ob das

„weiße“ Licht mehr Blauanteile oder Rotanteile aufweist, wird von kaltweißem oder warmweißem Licht gesprochen (Farbtemperatur in Kelvin). Die eindimensionale Skala der Farbtemperatur ist für die komplexe Farbwahrnehmung des Vogels als Bewertungsmaßstab jedoch unzureichend, sodass die Betrachtung des Spektrums notwendig ist. Dieses Spektrum kann mittels Spektrometer bestimmt werden.

Die **Lichtintensität** wird derzeit über die Beleuchtungsstärke (Helligkeit einer Fläche) angegeben und mit dem Luxmeter ermittelt. 1 Lux entspricht 1 Lumen/m². Bei der Messung der Beleuchtungsstärke wird das spektrale Helligkeitsempfinden des Menschen zu Grunde gelegt. Aufgrund des unterschiedlichen Helligkeitsempfindens von Mensch und Vogel ist die Beleuchtungsstärke nicht auf die Helligkeitsbeschreibung einer Fläche für den Vogel übertragbar. Hier ist eine Messgröße, die das Helligkeitsempfinden des Vogels mit einbezieht, zu bevorzugen, z. B. Lichtindex Geflügel (LIG). Entgegen der in den Europaratsempfehlungen empfohlenen 3-Punkt-Messung sollte die Messung der Lichtintensität in der 1-Punktmessung, mit dem Messkopf nach oben gerichtet, erfolgen. Diese Vorgehensweise ist sinnvoll, da die Bezugseinheit der Messgröße Lux eine Fläche und kein Volumen ist.

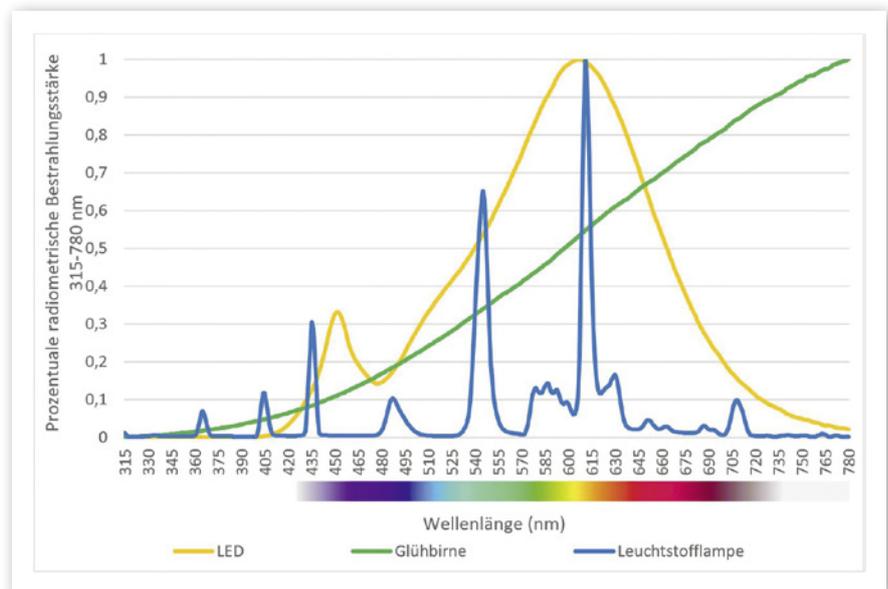


Abbildung 2: Unterschiede im emittierten Wellenlängenspektrum am Beispiel von LED, Glühbirne und Leuchtstofflampe

Die **Frequenz** beschreibt die Schwingungen je Sekunde und wird in Hertz (Hz) angegeben. Je nach Vorschaltelronik des Leuchtmittels wird das Licht in unterschiedlichen Frequenzen emittiert und je nach Wahrnehmungsvermögen als Flacker- oder Dauerlicht wahrgenommen. Die Frequenz kann beispielsweise mit einem Oszilloskop oder einem Flickermessgerät bestimmt werden.

Die **Photoperiode** beschreibt die Tageslänge bzw. Lichttaglänge und wird in Lichtstunden pro Tag angegeben.

3. Technische und praktische Aspekte

3.1 Beleuchtungsempfehlungen in den einzelnen Produktionsstufen/Nutzungsrichtungen und Funktionsbereichen

Licht stellt, besonders aufgrund seiner physiologischen Wirkung auf die Tiere, einen besonderen Faktor in der Geflügelhaltung dar. So wird die physiologische Wirkung von Licht auf das Tier genutzt, um beispielsweise den Eintritt in die Legereife oder in die Mauser zu induzieren. Je nach Tierart, Nutzungsrichtung und Funktionsbereichen unterscheiden sich die Beleuchtungsempfehlungen voneinander. Entsprechende Angaben über Lichtprogramme (Angabe der Lichttaglänge) sind zahlreichen Managementguides zu entnehmen. Im Folgenden werden einzelne Einflüsse und Empfehlungen zum Beleuchtungsmanagement im Nutzgeflügelbereich beschrieben.

Mit Hilfe von Lichtprogrammen lassen sich Herden synchronisieren. Ein synchrones Verhalten der Küken bringt mehrere Vorteile mit sich:

- Die Küken ruhen/schlafen zur gleichen Zeit → Förderung der Aktivität in den Hellphasen
- Schwache Küken werden durch stärkere Küken stimuliert, Futter und Wasser aufzunehmen
- Das Verhalten der Herde ist ausgeglichen und die Beurteilung der Tiere einfacher
- Reduktion der Tierverluste in den ersten Lebenswochen
- Erhöhung der Uniformität.

Für die Synchronisation der Tiere ist in den ersten Tagen nach der Einstallung ein intermittierendes Lichtprogramm (z. B. 2 Stunden Dunkelperiode, 4 Stunden Lichtperiode) oder ein an den natürlichen Tagesrhythmus (24 Stunden) angepasstes Lichtregime, vorzugsweise mit Pausen, zu empfehlen.

Der unkontrollierte Lichteinfall durch Fensterflächen hat in allen Produktionsbereichen Auswirkungen auf das Tag- und Nachtempfinden der Tiere. Daher muss bei Ställen mit natürlichem Lichteinfall die natürliche Tageslichtlänge im Lichtprogramm berücksichtigt werden. Bei Ställen ohne Wintergarten/Auslauf ist es möglich, die Fenster parallel mit dem Lichtprogramm zu verdunkeln. Der direkte, punktuelle Einfall von Sonnenlicht und die dadurch verursachten Sonnenflecken/Lichtflecken/Lichtkegel sind zu vermeiden, da diese erfahrungsgemäß zur Mortalitätssteigerung durch Erdrückungstote führen können, wenn die Tiere aufgrund von Vermeidungsstrategien nur bestimmte Bereiche des Stalls nutzen oder Lichtflecken gezielt aufsuchen („Stapeln“ der Tiere). Zudem können Lichtflecken ursächlich für das Auftreten von Federpicken und Kannibalismus sein.

Können Fensterflächen verdunkelt werden, kann eine Lichtreduzierung aufgrund tierärztlicher Indikation leichter ausgeführt werden. Außerhalb einer tierärztlichen Indikation ist die Lichtintensität je nach Tierart und Produktionsstufe sowie dem Verhalten der Tiere anzupassen. Dabei müssen die gesetzlichen Mindestanforderungen eingehalten werden (siehe Tabelle 2). Wahlversuche zeigten, dass die

Tiere (Legehennen, Broiler und Puten), in Abhängigkeit vom Alter, unterschiedliche Lichtintensitäten (6–200 Lux) bevorzugen. Eine Notbeleuchtung innerhalb der Ruhephase von maximal 0,5 Lux zur Orientierung der Tiere und Verhinderung von Panikattacken ist zu empfehlen.

Um die Tiere langsam in die Dunkelphase bzw. Hellphase zu leiten, ist eine Dimmung zu Beginn und Ende des Lichttages zu empfehlen. So haben die Tiere besonders am Ende der Lichtperiode Zeit, sich auf die Dunkelphase vorzubereiten (z. B. Fressen, Aufbaumen). Dieses Vorgehen ermöglicht das geordnete Aufsuchen eines Schlafplatzes. Auch Veränderungen des Lichtprogramms sollten stets langsam erfolgen. Pro Woche sollte der Lichttag maximal etwa 1 Stunde, über mehrere Tage verteilt, verkürzt bzw. verlängert werden.

Vor dem Hintergrund der visuellen Wahrnehmung von Geflügel ist ein ausgeglichenes Spektrum mit UV-A-Anteil zu empfehlen. Dabei sollte beachtet werden, dass die Lichtumwelt in jeder Lebensphase vergleichbar ist. Die Tiere lernen bereits als Küken unter der jeweiligen Beleuchtung ihre Umgebung zu interpretieren (Wasser, Futter, Artgenossen ...). Anschließend Änderungen im Spektrum, beispielsweise zwischen Junghennenaufzucht und Legehennenhaltung, bergen die Gefahr, dass Schwierigkeiten in den erlernten Assoziationen aus der Prägungsphase (erlerntes Verhalten in der Jugendphase) auftreten. Wenn die Tiere im Verlauf der Haltung Zugang zu natürlichem Licht haben werden (Wintergarten, Freiland), sollten sie schon innerhalb der Aufzucht an natürliches Licht gewöhnt werden, da sich dieses in Spektrum, Intensität und Frequenz erheblich von den aktuellen Leuchtmitteln am Markt unterscheidet.

Im Folgenden können noch einige Empfehlungen bezüglich der einzelnen Nutzgeflügelarten genannt werden.

Broiler:

Im Broilerstall ist eine gleichmäßige Beleuchtung anzustreben. Während der Lichtstunden ist im Tierbereich eine Lichtintensität von 20 Lux, gemessen in Kopfhöhe der Tiere, sicherzustellen. Dabei müssen mindestens 80% der Masthühnernutzfläche ausgeleuchtet sein. Inwieweit dies zu halten ist oder eine Strukturierung des Stalles nach den einzelnen Funktionsbereichen über das Lichtangebot sinnvoll ist, gilt es zu überprüfen. Während des Vorfangens/Ausstallens sollte das Aufnehmen der Tiere bei gedimmtem Licht (z. B. Blaulicht) durchgeführt werden. Dieses kann Stress bei den Tieren sowie das Risiko des gegenseitigen Erdrückens reduzieren.

Legehenne:

Aufgrund der starken physiologischen Wirkung von Licht auf Vögel spielt das Licht in der Legehennenhaltung eine sehr große Rolle. Mittels spezieller Lichtprogramme werden die Körpergewichtsentwicklung und der Legebeginn effektiv beeinflusst. Diese beiden Faktoren stehen in einem festen Zusammenhang mit der Anzahl gelegter Eier. Die Verkürzung des Lichttags in den ersten Lebenswochen dient der Sensibilisierung der Tiere für den Umweltfaktor Licht. Zugunsten der Futteraufnahme gegen Ende des Tages sollte der Lichttag morgens reduziert werden. Eine schrittweise Verlängerung des Lichttags induziert die Geschlechtsreife und den Legebeginn der Tiere. Dabei kann die Leistung der Legehennen beeinflusst werden: ein zu früher Legebeginn führt zu geringeren Eigewichten als ein späterer Legebeginn. Innerhalb der Legeperiode darf der Lichttag nicht reduziert werden, sonst ist mit dem Eintritt in die Mauser zu rechnen. Der Lichttag sollte maximal 16 Stunden betragen. Um Stress zu vermeiden und somit das Risiko für Verhaltensstörungen wie Federpicken und Kannibalismus zu reduzieren, ist das Lichtangebot der Junghennenaufzucht und der Legehennenhaltung bestmöglich aneinan-

der anzupassen. Gleiches gilt für das Lichtangebot innerhalb des Stalles. Die Leuchtmittel zwischen den verschiedenen Bereichen (z. B. Scharraum, Voliere, Deckenbeleuchtung) sollten möglichst identisch sein. Auch im Tagesverlauf lassen sich die Tiere vom Licht beeinflussen. Für die Eiablage werden in der Regel dunkle Orte aufgesucht. Das Nest sollte entsprechend dunkel (< 5 Lux) und der Scharbereich, besonders unter der Anlage, hell(er) ausgeleuchtet sein. Um die Tiere abends ins System zu ziehen ist es ratsam, die Lichtreihen nacheinander herunter zu dimmen, angefangen im Scharbereich über die Beleuchtung innerhalb des Versorgungssystems bis zum Schluss das Deckenlicht über den Sitzstangen ausgeht.

Pute:

Um Schattenbildung zu vermeiden wird in der Putenhaltung eine gleichmäßige Ausleuchtung im Kükenring und im Aktivitätsbereich der Tiere empfohlen. In der Aufzuchtphase (insbesondere in den ersten Lebenstagen) ist das Lichtprogramm individuell auf das Verhalten und die Aktivität der Küken abzustimmen. Bereits ab dem ersten Lebenstag kann eine Dunkelphase von 1–4 Stunden angeboten werden, die bis zum 7. Lebenstag auf mindestens 8 Stunden ausgeweitet wird. Dabei ist der Lichttag immer zum Ende der Dunkelperiode einzukürzen. Wird der Lichttag zum Beginn der Dunkelperiode verkürzt, nehmen die Tiere eventuell nicht ausreichend Futter vor der Dunkelperiode auf. In der Mastputenhaltung werden bis zu zwei zusätzliche Dunkelphasen von je 1 Stunde täglich empfohlen. Die Dimmphasen sollten 20 Minuten von der Hell- zur Dunkelphase sowie ca. 3 Minuten von der Dunkel- zur Hellphase nicht unterschreiten.

Die Beleuchtung in Geflügelställen muss neben den Ansprüchen der Tiere auch den Ansprüchen des Menschen entsprechen. Da die Farbwiedergabe beim Menschen entscheidend für die frühzeitige Wahrnehmung von Tiersignalen ist, sind Leuchten mit einem Farbwiedergabeindex R_a von mindestens 80 zu empfehlen. Zudem sollte die Farbtemperatur der Leuchtmittel im Geflügelstall nach Möglichkeit > 5300 Kelvin (tageslichtweiß) betragen um eine Ermüdung der Mitarbeiter zu reduzieren. Bei Verwendung von Leuchtmitteln mit UV-A-Anteil muss die Exposition dieser Strahlung für die Arbeitskräfte beachtet werden und die geltenden Grenzwerte (siehe Kapitel 1.4) sind einzuhalten.

3.2 Einrichtung von Beleuchtung im Stall

3.2.1 Lichtverteilung unterschiedlicher Lampen und Optiken

Bei der Bewertung der Helligkeit im Stall ist auf deren Verteilung zu achten. Je nach Stalltyp/System ist eine gleichmäßige Helligkeitsverteilung im Stall nur bedingt möglich. Wird ein Stall beispielsweise durchschnittlich mit 20 Lux ausgeleuchtet, ergeben sich automatisch unterschiedliche Helligkeiten im Stall, da die Helligkeit immer abhängig vom Winkel und Abstand zur Leuchte ist. Abbildung 3 zeigt die errechnete Helligkeitsverteilung am Beispiel eines Broilerstalles (20 x 100 m). Hier werden Werte zwischen 75 Lux direkt unter der Lampe und 3 Lux am Stallrand ausgegeben. Neben Winkel und Abstand zählen Fensterflächen, Lüftungsklappen, die Himmelsrichtung, das Wetter sowie der Verschmutzungsgrad von Lampen und Fensterflächen zu weiteren Einflussfaktoren auf die Helligkeitsverteilung.

Die spezifische Helligkeitsverteilung im Stall kann mit Hilfe einer Rastermessung (DIN 12464-1; 2011) ermittelt werden. Da diese Methode jedoch sehr aufwendig und die Streuung der Werte erheblich ist, empfiehlt sich alternativ die Helligkeitsmessung einzelner Funktionsbereiche (z. B. Fressen, Ruhen). Dabei ist es wichtig innerhalb des Funktionsbereichs genügend Messpunkte zu haben (möglichst

quadratisch angeordnet) und nicht nur direkt unter der Leuchte zu messen. Eine Helligkeitsbeurteilung nach Funktionsbereichen getrennt erscheint außerdem sinnvoller, da von unterschiedlichen Helligkeitsansprüchen des Geflügels an die einzelnen Funktionsbereiche auszugehen ist. Demnach sollte es beispielsweise im Nest einer Legehenne deutlich dunkler sein als im übrigen Stall, um die Akzeptanz des Nestes und die dortige Eiablage zu erhöhen.

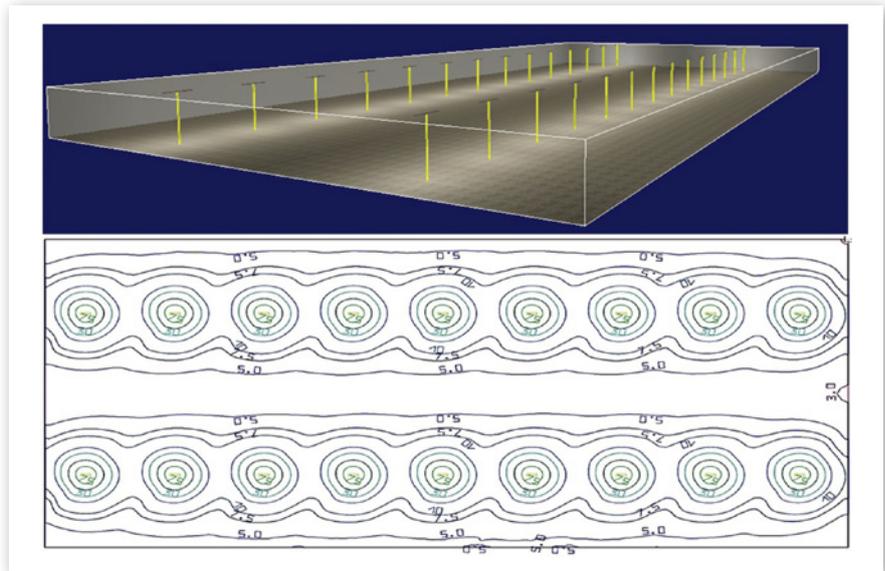


Abbildung 3: Schematische Helligkeitsverteilung in einem Broiler-Stall (Lux = Lumen/m²; Abmessung 20 x 100 m)

3.2.2 Flackerfreiheit

Leuchtmittel emittieren Licht auf Grundlage der Vorschaltel Elektronik mit unterschiedlichen Frequenzen (= Anzahl der Schwingungen/Sekunde). Einfluss auf die Frequenz eines Leuchtmittels hat die Betriebsart des Leuchtmittels. Je nach Vorschaltel Elektronik, zu der alles zählt, was zwischen der Netzspannung und dem Leuchtmittel installiert ist (z. B. auch der Dimmer), kann dasselbe Leuchtmittel unterschiedliche Frequenzen aufweisen. Die Netzfrequenz in Deutschland beträgt 50 Hz. Mit einem konventionellem Vorschaltgerät wird die Leuchtstofflampe mit einer Netzfrequenz von 50 Hz betrieben. Elektrische Vorschaltgeräte hingegen setzen die Frequenz herauf und betreiben die Leuchtstofflampen mit einer hohen Frequenz von etwa 30.000 Hz. Es kann also keine Leuchtmittelkategorie pauschal als flackerfrei bezeichnet werden. Zur Beurteilung der Flackerfreiheit ist die Untersuchung der Leuchte (Leuchtmittel + Vorschaltel Elektronik) unumgänglich. Bei der Messung von Frequenzen im Stall haben sich Messgeräte bewährt, bei denen nicht nur die Messwerte, sondern auch der Kurvenverlauf graphisch dargestellt ist. So kann ausgeschlossen werden, dass falsche Frequenzen (z. B. Unterfrequenzen) vom Messgerät ausgegeben werden. Die Messung sollte mit wenig Abstand zum Leuchtmittel erfolgen (maximal 50 cm).

Zur Regulierung der Helligkeit (Dimmung) von LED-Lampen haben sich zwei Verfahren in der Praxis etabliert: Die Stromdimmung, bei der die abgestrahlte Lichtintensität der LED-Lampen im Zusammenhang mit dem Strom, der durch die LED fließt, steht und die Pulsweitenmodulation, bei der die LED in schneller zeitlicher Folge ein- und ausgeschaltet wird. Da das menschliche Auge zu träge ist, den schnellen Wechsel zwischen Ein- und Ausschalten wahrzunehmen, wird das Licht von uns Menschen als kontinuierliches Dauerlicht wahrgenommen. Je länger die Ausschaltphase ist, desto dunkler erscheint uns das Licht. Je nach eingebauter Technik lassen sich die LEDs also gar nicht oder unterschiedlich dimmen. Beim Kauf muss deshalb darauf geachtet werden, dass die LED-Lampen mit dem Dimmer/Vorschaltel Elektronik kompatibel sind. Entsprechende Hinweise sind auf den Verpackungen zu finden bzw. lassen sich beim Hersteller erfragen.

Die emittierte Frequenz der Leuchten wird derzeit von den Leuchtenherstellern nicht ausgewiesen. Dies macht eine Bewertung der Leuchtmittel in Bezug auf die Flackerfreiheit ohne Messgerät schwierig.

3.2.3 Materialeigenschaften und Schutzklassen

Der Energiebedarf auf landwirtschaftlichen Betrieben spiegelt mittlerweile ca. 4–6% der Gesamtkosten wider. Die Beleuchtung ist mit bis zu 9% der Energiekosten ein nicht zu unterschätzender Faktor (KTBL, 2014). In landwirtschaftlichen Gebäuden müssen die Leuchten über einen möglichst langen Zeitraum unter erschwerten Bedingungen sicher funktionieren. Daher sind Leuchten bei der Anschaffung immer anhand von IP-Schutzarten für die jeweilige Benutzung auszuwählen (IP = International Protection; Tabelle 5). Die Energieeffizienz (Lumen/Watt) ist wichtig, um die Effektivität der Leuchten zu unterscheiden.

Da Leuchtmittel im Geflügelstall den erhöhten Anforderungen bei der Reinigung und Desinfektion standhalten müssen wird mindestens eine Schutzart von IP 67 empfohlen (Tabelle 5). IP 67 entspricht einem Leuchtmittel, bei dem kein Staub eintritt (IP 6X) sowie zeitweiliges Untertauchen in Wasser (wasserdicht) möglich ist (IP X7).

Tabelle 5: Definition der IP-Schutzarten (IP = International Protection; d. h. Schutz gegen Eindringen); IP XX

Schutzart		Kennziffer des Schutzgrades		Schutzart	
Schutz gegen Fremdkörper und Staub	Fremdkörper > 50 mm	IP 1X	IP X1	Tropfwasser senkrecht	Schutz gegen Nässe
	Fremdkörper > 12 mm	IP 2X	IP X2	Tropfwasser schräg	
	Fremdkörper > 2,5 mm	IP 3X	IP X3	Sprühwasser	
	Fremdkörper > 1,0 mm	IP 4X	IP X4	Spritzwasser	
	Keine Staubablagerung	IP 5X	IP X5	Strahlwasser	
	Kein Staubeintritt	IP 6X	IP X6	Starkes Strahlwasser	
	-	-	IP X7	Zeitweiliges Untertauchen (wasserdicht)	
	-	-	IP X8	Dauerndes Untertauchen (Druckwasserdicht) (-- m Tauchtiefe)	
	-	-	IP X9	Schutz gegen Wasser bei Hochdruck-/Dampfstrahlreinigung speziell Landwirtschaft	

Des Weiteren ist bei Anwendung von Leuchtmitteln mit UV-A-Anteil darauf zu achten, dass mögliche Lampenabdeckungen UV-A durchlässig sind. Letzteres ist bei vielen zurzeit verwendeten Materialien nicht der Fall.

3.2.4 LED-Retrofitprodukte

Neben speziellen LED-Leuchten werden häufig LED-Retrofit-Produkte vertrieben. Als LED-Retrofit-Produkte werden Leuchtmittel bzw. „Nachbauten“ von Leuchtmitteln bezeichnet, die beispielsweise klassische Leuchtstofflampen oder Glühlampen mittels LEDs ersetzen sollen. Bereits verbaute Leuchtmittelfassungen können so weiter genutzt werden. Bei der Verwendung solcher Produkte treten vielerlei Probleme auf. Aus diesem Grund sollen einige Aspekte aufgeführt und beachtet werden.

- Leuchten dürfen nur mit dem vom Hersteller angegebenen Leuchtmittel betrieben werden.
- Beim Einsatz anderer Leuchtmittel (LED-Retrofit-Produkte) erlöschen alle Zusagen und Garantien.
- Beim Einsatz anderer Leuchtmittel wird der „Einbauer“ zum „Hersteller“ mit Produkthaftung.

- Es sollen nur geprüfte und zertifizierte Lampen mit dafür vorgesehenen Leuchtmitteln verwendet werden.
- Die Temperatur der LED-Lampe darf nicht höher sein als die der konventionellen Leuchtstofflampe.
- Die Maße und das maximale Gewicht der LED-Lampe müssen denen der konventionellen Lampe entsprechen.

Aus diesen Gründen sollte auf den Einsatz eines Retrofit-Produktes im Geflügelstall verzichtet werden.

3.3 Kostenanalyse der Leuchtauswahl

Die beim Wirtschaftlichkeitsvergleich zugrunde gelegten Leuchten erfüllen alle Anforderungen an die Beleuchtung von Geflügelställen nach den neuesten Erkenntnissen. Diese beziehen sich auf die Flackerfreiheit, gegeben durch eine entsprechend hohe Lichtfrequenz, auf die (nahezu) vollständige Dimmbarkeit, die gleichmäßige Lichtverteilung und Ausleuchtung des Stalles durch eine gleichmäßige Lichtstärke in allen Bereichen und auf das Angebot der Lichtfarben des Vollspektrums (hier durch die UV LED gewährleistet). Billigprodukte mit LED sind zum halben Preis zu haben, erfüllen aber die notwendigen Voraussetzungen nicht.

Die UV LED, die der Berechnung zugrunde liegt, zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- elektrische Leistung 29 Watt
- Lichtstrom 2.214 Lumen
- Effizienz 77 Lumen/W
- Farbtemperatur 2.700 K
- Farbspektrum Vollspektrum (ultraviolett, blau, grün, rot)
- 2-Kanal-Leuchte warm + UV
- Lichtfrequenz 16.000 Hz (flackerfrei)
- voll dimmbar 0–100%
- Linsenscheibe PMMA-Kunststoff
- Ammoniakresistenz nachgewiesen (DLG-Test)
- Schutzklasse IP67 (schützt vor Staubeintritt und zeitweiligem Untertauchen)
- UV-Anteil 0–20 % (stufenlos dimmbar; 4 High Power UV LEDs)
- Zusätzlich enthält die Leuchte einen Micro Controller mit Betriebsstundenzähler sowie Temperatursensor, welcher die Leistung bei Extremtemperaturen automatisch drosselt.

Die Leuchtstoffröhre, die der Berechnung zugrunde liegt, zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- elektrische Leistung 58 Watt (Verbrauch 67 Watt)
- Lichtstrom 5.200 Lumen
- Effizienz 90 Lumen/W
- Farbtemperatur 3.000 K
- Farbspektrum blau, grün, rot (kein ultraviolett)
- 1-Kanal-Leuchte warmweiß
- Lichtfrequenz 20.000 Hz (flackerfrei)
- dimmbar 3–100%

- Linsenscheibe PMMA-Kunststoff
- Ammoniakresistenz teilweise (DLG-Test nicht bestanden)
- Schutzklasse IP65
- UV-Anteil –

Bei einem Geflügelstall mit 30.000 Plätzen ergibt sich in 16 Jahren (angenommene Lebensdauer der LED-Leuchten 8 Jahre) ein auf den Investitionszeitpunkt diskontierter wirtschaftlicher Vorteil von ca. 107.000 €. Aber bereits im 2. Jahr sind die höheren Investitionskosten der LED schon eingespielt.

Tabelle 6: Wirtschaftlichkeit der Hühnerstallbeleuchtung LED/Leuchtstoffröhre (Beispielrechnung)

Annahme der Berechnung		Anzahl Tiere pro Stall: 30.000							
Stallfläche	1.960 qm	Parameter	Benötigt*	Berechnete Werte**					
Tierzahl	31.752 St.	Tiere pro Nutzfläche	< 9,00 Stk/m ²	8,88 Stk/m ²					
Bezugspreis Strom	22 ct / kWh	Sitzstangenlänge pro Tier	> 15,00 cm	15,00 cm					
jährliche Strompreissteigerung	2,5 %	Troglänge pro Tier	> 10,00 cm	10,00 cm					
Benötigte Energie LED	0,029 kWh/h	Tiere pro Trinknippel	< 10,00	6,89					
Anzahl LEDs	108 St	Tiere pro Nestfläche	< 120,00 Stk/m ²	75,85 Stk/m ²					
Benöt. Energie Leuchtstofflampe	0,06722 kWh/h	Tiere pro Stallgrundfläche	< 18,00 Stk/m ²	17,14 Stk/m ²					
Anzahl Leuchtstofflampen	108 St	Einstreufäche pro Tier	> 250,00 cm ² /Tier	583,34 cm ² /Tier					
Brenndauer pro Tag	16 h	Anteil Einstreuf./Stallgrundfl.	> 33,33 %	100,00 %					
Kalkulationszins	3,0 %	Max. Gruppengröße	< 6.000	5.065					
UV-LED 29 Watt									
Periode/Jahr	0	1	2	3	8	13	14	15	16
Investition	18.500 €				18.500 €				
Erstmontage/Montage	5.000 €				1.000 €				
Stromkosten		4.024 €	4.125 €	4.228 €	4.783 €	5.412 €	5.547 €	5.686 €	5.828 €
Kapitalkosten Investition		3.348 €	3.348 €	3.348 €	3.348 €	2.778 €	2.778 €	2.778 €	2.778 €
Kosten	23.500 €	7.372 €	7.472 €	7.575 €	27.631 €	8.190 €	8.325 €	8.464 €	8.606 €
Leuchtstofflampe 58 Watt Angabe (tats. Verbrauch 67 Watt)									
Periode/Jahr	0	1	2	3	8	13	14	15	16
Investition	9.500 €			9.500 €				9.500 €	
Erstmontage/Montage	5.000 €			1.000 €				1.000 €	
Stromkosten		9.327 €	9.561 €	9.800 €	11.087 €	12.544 €	12.858 €	13.179 €	13.509 €
Kapitalkosten Investition		5.126 €	5.126 €	5.126 €	3.712 €	3.712 €	3.712 €	3.712 €	3.712 €
Kosten	14.500 €	14.454 €	14.687 €	25.426 €	14.799 €	16.256 €	16.570 €	27.391 €	17.221 €
LED-Vorteil nominal	-9.000 €	7.082 €	7.214 €	17.850 €	-12.832 €	8.067 €	8.245 €	18.928 €	8.615 €
diskontiert	-9.000 €	6.876 €	6.800 €	16.336 €	-10.129 €	5.493 €	5.451 €	12.149 €	5.369 €
Kummulierter Vorteil der LED	-9.000 €	-2.124 €	+4.676 €	+21.011 €	+41.065 €	+84.376 €	+89.827 €	+101.976 €	+107.344 €
Diskont. Barwert Vorteil der LED	107.344 €								

4. Literatur

- Barber, J.; Daly, J. (Hg.) (2013): Das Huhn. Geschichte, Biologie, Rassen. Bern: Haupt
- Brickett, K. E.; Dahiya, J. P.; Classen, H. L.; Gomis, S. (2007): Influence of Dietary Nutrient Density, Feed Form, and Lighting on Growth and Meat Yield of Broiler Chickens. In: Poultry Science 86 (10), S. 2172–2181
- Burkhardt, D. (1989): Die Welt mit anderen Augen. Wie Insekten und Vögel die Welt und ihre Farben sehen. In: Biologie Unserer Zeit 19 (2), S. 37–46
- König, H. E.; Bragulla, H. (Hg.) (2009): Anatomie der Vögel. Klinische Aspekte und Propädeutik ; Zier-, Greif-, Zoo-, Wildvögel und Wirtschaftsgeflügel ; mit 14 Tabellen. 2. Aufl. Stuttgart: Schattauer
- Kram Y. A.; Mantey S.; Corbo J. C. (2010) Avian Cone Photoreceptors Tile the Retina as Five Independent, Self-Organizing Mosaics. PLoS ONE 5(2): e8992. doi:10.1371/journal.pone.0008992
- KTBL (2014): Energiebedarf in der Schweine- und Hühnerhaltung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt
- Nickel, R.; Schummer, A.; Seiferle, E.; Vollmerhaus, B.; Sinowatz, F. (Hg.) (2004): Anatomie der Vögel. 3., durchgesehene Aufl. Stuttgart: Parey (Lehrbuch der Anatomie der Haustiere / Richard Nickel, August Schummer, Eugen Seiferle ; 5). ISBN: 9783830441496
- Ris, H. R. (2015): Beleuchtungstechnik für Praktiker. Grundlagen, Lampen, Leuchten, Planung, Messung. 5., überarb. und erw. Aufl. Berlin [u. a.], Fehrltorf/Schweiz: VDE-Verl.; Electrosuisse
- Schwean-Lardner, K.; Vermette, C.; Leis, M.; Classen, H. L. (2016): Basing Turkey Lighting Programs on Broiler Research: A Good Idea? A Comparison of 18 Daylength Effects on Broiler and Turkey Welfare. In: Animals: an open access journal from MDPI 6 (5)

DLG-ANERKANNT. Qualität für die Praxis geprüft



GESAMT-PRÜFUNG
HERSTELLER
PRODUKT
DLG-Prüfbericht 0000

Erst informieren, dann investieren!

4.000 Prüfberichte online unter www.DLG-Test.de

www.DLG.org



DLG-Merkblätter. Wissen für die Praxis.

- DLG-Merkblatt 436
Entenmast
- DLG-Merkblatt 406
Haltung von Masthühnern
- DLG-Merkblatt 405
Legehennenhaltung
- DLG-Merkblatt 380
**Das Tier im Blick –
Legehennen**
- DLG-Merkblatt 340
**Haltung von Spezialgeflügel:
Tauben, Fasane, Perlhühner und
Wachteln**



Download unter www.DLG.org/Merkblaetter



DLG e.V.
Mitgliederservice
Eschborner Landstraße 122 • 60489 Frankfurt am Main
Deutschland
Tel. +49 69 24788-205 • Fax +49 69 24788-124
Info@DLG.org • www.DLG.org