

Beleuchtungstechnik für Schweineställe



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 420

Beleuchtungstechnik für Schweineställe

Autoren

- DLG-Ausschuss Technik in der Tierproduktion
- Boris Bergmann, Prof. Wolfgang Büscher,
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- Daniel Werner, Michael Schneider, Prof. Dr. Eva Schwenzfeier-Hellkamp,
FH Bielefeld
- Maïke Müller, Prof. Dr. Klaus Reiter, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
- Andreas Pelzer, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, VBZL Haus Düsse

Alle Informationen und Hinweise ohne jede Gewähr und Haftung

Herausgeber:

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

4. Auflage, Stand: 5/2017

© 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. Lichttechnische Kenngrößen	5
3. Spektrum	6
4. Beleuchtungsstärke	7
5. Photoperiode	8
6. Gesetzliche Maßnahmen	8
7. Beleuchtungsempfehlung in den einzelnen Produktionsstufen	9
8. Energieeffizienz und Schutzart	10
9. Lichtverteilung unterschiedlicher Leuchten	11
10. Kostenanalyse der Leuchtauswahl	12
11. LED-Retrofit-Produkte	14
12. Literaturanhang	15

1. Einleitung

Im modernen Schweinestall treffen unterschiedlichste Ansprüche an die Beleuchtungstechnik aufeinander. Das Beleuchtungsmanagement muss ökonomisch sein und den Ansprüchen von Mensch und Tier genügen, wobei die gesetzlichen Vorschriften nicht unterschritten werden dürfen.

Licht beeinflusst das Schwein über zwei biologische Mechanismen: Die visuelle Wahrnehmung von Licht und die Lichtwirkung auf die Physiologie der Tiere. Beide Aspekte haben Einfluss auf das Wohlbefinden und die Produktionsleistung des Tieres. Der gesetzliche Mindeststandard für die Beleuchtung von Schweineställen ist in der TierSchNutzV unter § 22 und § 26 geregelt. Darüber hinaus sind die Anforderungen an die Arbeitssicherheit und den Arbeitskomfort für den Landwirt zu beachten. Beleuchtung im Schweinestall wird über folgende Merkmale definiert:

- Spektrum – sichtbarer Anteil der elektromagnetischen Strahlung
- Beleuchtungsstärke – die Intensität, mit der der Stall beleuchtet wird
- Photoperiode – Beleuchtungsdauer in Stunden am Tag.

Des Weiteren bestehen besondere Ansprüche an die Lichttechnik. Die optimale Beleuchtung ist ökonomisch verträglich und gleichzeitig beständig gegenüber äußeren Einflüssen.

2. Lichttechnische Kenngrößen

Lichtstrom, Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte zählen zu den wichtigsten lichttechnischen Kenngrößen in der Stallbeleuchtung. Der Lichtstrom beschreibt die „Lichtmenge“ einer Lampe bzw. der gesamten Leuchte, die in alle Richtungen gleichmäßig abgegeben wird. Angegeben wird der Lichtstrom in der Einheit Lumen (lm). Die Beleuchtungsstärke gibt an, welcher Anteil des Lichtstroms auf eine definierte Fläche trifft. Als Einheit der Beleuchtungsstärke wird entsprechend Lumen pro Quadratmeter (lm/m²) oder gleichbedeutend Lux (lx) definiert.

Als Bewertungsfläche kann eine vertikale oder horizontale Fläche dienen, woraus sich vertikale oder horizontale Beleuchtungsstärken berechnen. Vertikale und horizontale Beleuchtungsstärken sind für das Auge nicht wahrnehmbar und gelten als reine Mess- und Vergleichsgrößen. Der Helligkeitseindruck für das menschliche oder tierische Auge entsteht erst, wenn das Licht durch eine Fläche reflektiert oder transmittiert wird. Die für das Auge einzige wahrnehmbare und zu bewertende lichttechnische Kenngröße wird als Leuchtdichte bezeichnet und in der Einheit Candela pro Quadratmeter (cd/m²) angegeben. Zur quantitativen Beschreibung des Farbeindrucks einer Lichtquelle kann die Kenngröße der Lichtfarbe benutzt werden. Diese beschreibt die ähnlichste Farbtemperatur, die als Temperatur eines schwarzen Strahlers zu erwarten ist und

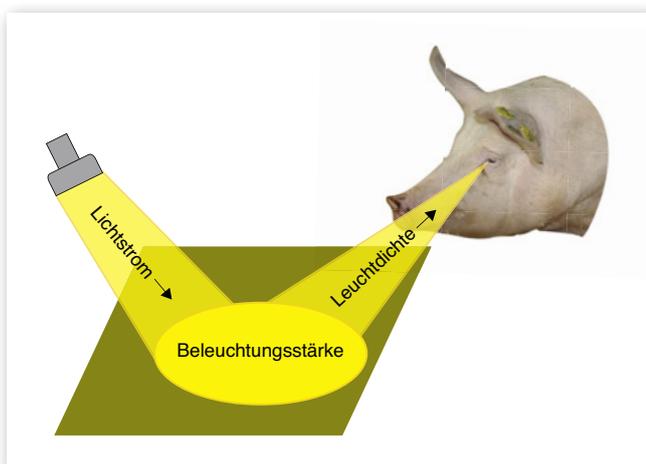


Abbildung 1: Übersicht der lichttechnischen Kenngrößen

Die Helligkeitseindruck für das menschliche oder tierische Auge entsteht erst, wenn das Licht durch eine Fläche reflektiert oder transmittiert wird. Die für das Auge einzige wahrnehmbare und zu bewertende lichttechnische Kenngröße wird als Leuchtdichte bezeichnet und in der Einheit Candela pro Quadratmeter (cd/m²) angegeben. Zur quantitativen Beschreibung des Farbeindrucks einer Lichtquelle kann die Kenngröße der Lichtfarbe benutzt werden. Diese beschreibt die ähnlichste Farbtemperatur, die als Temperatur eines schwarzen Strahlers zu erwarten ist und

wird in der Einheit Kelvin (K) angegeben. Beispielhaft erfolgt in der DIN EN 12464-1 folgende Zuordnung:

Tabelle 1: Lichtfarbengruppen von Lampen

Lichtfarbe	Ähnlichste Farbtemperatur
warmweiß	unter 3.300 K
neutralweiß	von 3.300 K bis 5.300 K
tageslichtweiß	über 5.300 K

Als weitere Kenngrößen im Schweinestall sind der Farbwiedergabe-Index R_a sowie die Lichtdauer, oftmals als Photoperiode bezeichnet, zu betrachten. Der höchstmögliche Wert des Farbwiedergabe Index ist mit $R_a = 100$ definiert und gibt die Farben der Umgebung, der Objekte oder als Beispiel der Haut natürlich und unverfälscht wieder. Die Lichtdauer beschreibt die Zeit, in der ein bestimmtes Beleuchtungsniveau sichergestellt ist. In der Tierhaltung wird dabei zwischen Langtag (long day, LT) und Kurztag (short day, KT) unterschieden. Der Langtag ist durch eine Beleuchtungsdauer von > 12 Std./Tag und der Kurztag durch eine Beleuchtungsdauer von < 12 Std./Tag definiert.

Tabelle 2: Zusammenfassung der wichtigsten lichttechnischen Kenngrößen in der Tierhaltung (eigene Darstellung)

Kenngröße	Einheit	
Lichtstrom	Lumen	lm
Beleuchtungsstärke	Lux	lx
Leuchtdichte	Candela pro Quadratmeter	cd/m ²
Farbtemperatur	Kelvin	K
Farbwiedergabe	Farbwiedergabe Index	R_a
Lichtdauer	Zeit	h/Tag

3. Spektrum

Der Einsatz verschiedener Spektren ist seit der Verfügbarkeit von LED-Leuchten in der Schweinehaltung deutlich interessanter geworden. Das Spektrum muss den Bedürfnissen von Mensch und Tier angepasst werden. Der Konflikt besteht darin, dass der Mensch als „Trichromat“ eine deutlich größere Farbvielfalt wahrnehmen kann als das Schwein als Dichromat (Deeg, 2010; Rössler et al., 2013). Das Auge des Schweines ist anatomisch dafür gebaut, Farben zu unterscheiden, allerdings in deutlich geringerem Maße als beim Menschen. Schweine sind Dichromaten und besitzen zur Farbwahrnehmung 2 unterschiedliche Rezeptoren. Diese ermöglichen ein Sehen im Blau-, Grün- und Gelbbereich. Der Mensch verfügt als Trichromat über 3 unterschiedliche Rezeptoren zur Farbwahrnehmung und kann zusätzlich im Rotbereich unterschiedliche Farbtöne wahrnehmen. Daher sind wir vermutlich in der Lage, eine deutlich größere

Farbvielfalt wahrzunehmen. Ob und wie genau Schweine Farben wahrnehmen, bleibt nur zu vermuten. Es liegt aber nahe, dass sie über die Farbwahrnehmung Rot-Grün-Blinder Menschen verfügen und somit rot als Graustufen wahrnehmen. Das Farbspektrum spielt beim Schwein vermutlich eine untergeordnete Rolle, da sich das Schwein wahrscheinlich an der Helligkeit orientiert und nur wenige Farben wie blau signifikant erkennen kann. Welchen einzelnen Einfluss die Spektralbereiche auf das Wohlbefinden oder den Hormonstatus der Schweine hat, ist bislang nicht erforscht. Beim Menschen löst die Farbtemperatur verschiedene Stimmungen aus. So wirkt das warme rötliche Licht (3.300 K) entspannend und einschläfernd, während das kalte helle Licht motivierend (> 5.300 K) und arbeitssteigernd wirken soll (ZVEI e.V., 2016). Zum optimalen, sicheren Arbeiten und zum frühzeitigen Erkennen von Tiersignalen wie z. B. Krankheiten, Vulva Röte, Blut, etc. sollten Lampen mit einem Farbwiedergabeindex von mindestens R_a 80 verwendet werden.

4. Beleuchtungsstärke

Die Lichtintensität richtet sich nach den gesetzlichen Mindestvorgaben, dem Bedarf des Menschen und des Tieres. Während die gesetzlichen Vorgaben und die Arbeitssicherheit als Mindestkriterium angesehen werden, gibt es bei dem Bedarf des Tieres einen Minimal- und einen Maximalwert. Des Weiteren wurden Präferenzen für die verschiedenen Aufenthaltsbereiche ermittelt. Der Minimalwert gibt an, wieviel Licht das Schwein zur Orientierung im Stall benötigt. Schweine sind dämmerungsaktive Tiere und besitzen ein entsprechendes Sehsystem. Die visuelle Wahrnehmung spielt bei Schweinen eine untergeordnete Rolle. Verglichen mit dem Menschen besitzen Schweine eine geringere Sehschärfe. Schweine benötigen in bekannten Gebieten kein Licht zur Orientierung. Aufgrund der hohen Stäbchendichte, sind sie in der Lage nachts sehr gut zu sehen. Sie nehmen sich und ihre Umwelt hauptsächlich über den Geruch und das Gehör wahr. In Präferenzversuchen wählten die Schweine immer den dunkelsten Bereich zum Ruhen und Schlafen aus. Die aktive Phase verbrachten sie unabhängig von der Beleuchtungsintensität (Taylor et al., 2006). Es wird vermutet, dass Schweine bei geringsten Lichtmengen zwischen Tag und Nacht unterscheiden können. Dies konnte ebenfalls über das Melatoninprofil im Blut ab der von der EU geforderten Mindestbeleuchtung von 40 lx nachgewiesen werden (Tast et al., 2001). Eine Steigerung der Beleuchtungsstärke hat laut aktueller Forschung keinen positiven Effekt auf die Leistung oder das Wohlbefinden gebracht. Das Auge des Schweins ist auf schwache Lichtverhältnisse und Dämmerungssehen spezialisiert. Versuche ergaben, dass Schweine unter Beleuchtungsstärken > 600 lx Stresssymptome zeigen (Dureau et al., 1996; Borell et al., 2015). Zu hohe Beleuchtungsintensitäten sind zu vermeiden. Beim Menschen ist sicherzustellen, dass er die zu verrichtende Arbeit sicher und ohne Einschränkung ausführen kann. Hier sollte zwischen Behandlungsbereiche und Kontrollbereiche unterschieden werden.

- Behandlungsbereich → > 200 lx; Abferkelung, hinter der Sau zur Geburtskontrolle.
Deckzentrum, hinter der Sau zur Erkennung der Vulvarötung etc.
- Kontrollbereich → > 50 lx; Wartungsgänge zur Tierkontrolle

5. Photoperiode

In der Natur unterliegen Wildschweine einem von der Photoperiode gesteuerten saisonalen Fortpflanzungszyklus. Die Rausche findet in den kurzen Tagen der Wintermonate statt. In den langen Tagen der Sommermonate kommt es immer wieder zu saisonalen Schwankungen in der Trächtigkeit der konventionellen Schweinehaltung. Es ist daher zu vermuten, dass das domestizierte Hausschwein immer noch saisonale Einflüsse des Wildschweins besitzt. Eine optimale Photoperiode ist förderlich, um die Sommerschwankungen zu umgehen. Der Fortpflanzungszyklus ist extrem störanfällig gegen externe Einflüsse. Hitzestress und eine längere Photoperiode sind vermutlich die Hauptfaktoren hierfür. In Versuchen zwischen kontrolliertem Langtag (LT = Licht > 40 lx über 12 Stunden) und Kurztag (KT = Licht > 40 lx unter 12 Stunden) konnten weder Differenzen noch der Sommereinbruch festgestellt werden. Wenn Schweine ab 40 lx zwischen Tag und Nacht unterscheiden, könnte einfallendes Licht durch Fensterflächen das Lichtprogramm im Sommer beeinflussen und somit vermutlich die Rausche behindern. Damit wäre der Effekt der Beleuchtung unwirksam. Vorteile eines Langtages während der Besamung und Trächtigkeit sind nicht bekannt. Daher sollte aus ökonomischer Sicht ein konstanter KT von 8–12 h Licht/Tag bis zur Abferkelung gefahren werden.

Zur Abferkelung gibt es unterschiedliche Aussagen. So zeigte der LT einen positiven Effekt auf die Aktivität der Ferkel, was aber nur in manchen Versuchen zu höheren Zunahmen führte. Ein KT ist von den Energiekosten gesehen günstiger. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf. Daher können beide, der KT aus energiesparender Sicht und der LT, um die Aktivität der Ferkel zu steigern, empfohlen werden. Ein LT von 14–16 h kann bei Absatzferkeln empfohlen werden, da die Tageslänge einen positiven Effekt auf die Tageszunahmen hat. Masteber nahmen unter einem kontrollierten Langtag- oder Kurztagbeleuchtung signifikant zu. Bei abnehmenden Tagen erreichten sie hoch signifikant eher die Geschlechtsreife. Um den Ebergeruch und eine erhöhte Aggressivität zu vermeiden, ist daher ein kontrollierter LT optimal. Jungsauen erreichten die Geschlechtsreife eher unter einem KT. Komplette Dunkelheit bewirkt allerdings einen negativen Effekt auf die Geschlechtsreife.

6. Gesetzliche Maßnahmen

Das Tierschutzgesetz verpflichtet den Tierhalter, Tiere artgemäß unterzubringen und deren Leben und Wohlbefinden zu schützen. Diese Ansprüche werden für die Nutztierhaltung unter der TierSchNutzV genauer erläutert. Demnach müssen Stallneubauten über tageslichteinfallende Flächen verfügen, die über 3% der Stallgrundfläche entsprechen. Ist dies aus bautechnischen Gründen nicht machbar, muss dem Tier künstliche Beleuchtung von 80 lx über mindestens 8 h/Tag im Aufenthaltsbereich zur Verfügung stehen. Die Photoperiode muss dem Tagesrhythmus angepasst sein und jedes Tier soll ungefähr von der gleichen Lichtmenge erreicht werden. Die restliche Zeit soll nur so viel Licht vorhanden sein, wie die Schweine zur Orientierung brauchen (TierSchNutzV, 2016).

Nach EU-Richtlinie 208/120/EG müssen Schweine für 8 h/Tag unter mindestens 40 lx gehalten werden.

Dabei ist zu beachten, dass auch in der Hellphase dunklere Ruhebereiche zur Verfügung stehen, da die Tiere zum Ruhen dunklere Bereiche aufsuchen.

Da der Stall ebenfalls als Arbeitsplatz für den Menschen dient, gelten die Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR 3.4 aus der Arbeitsstättenverordnung. Dabei sind folgende Mindestanforderungen

an die Beleuchtungsstärken und Farbwiedergabeindizes für die verschiedenen Arbeitsbereiche einzuhalten [ASR3.4]:

Tabelle 3: Empfehlungen der Arbeitsstättenverordnung (ASR3.4) zur mittleren Beleuchtungsstärke \bar{E}_m sowie des Farbwiedergabeindex R_a

Arbeitsraum, Arbeitsplatz, Tätigkeit	\bar{E}_m (lx)	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

Zusätzlich sind Blendungen und Reflexionen zu minimieren, da diese zu Unfällen führen können. Eine weitere Gefährdungsquelle kann durch Flimmern und Pulsation von Leuchten entstehen, da diese zur Ermüdung oder zum Nichterkennen von sich drehenden Teilen (stroboskopischer Effekt) führen können. Auch sind Schattenbildungen zu begrenzen, weil diese Gefahrenquellen überdecken [ASR3.4].

Die Norm DIN EN 12464-1 „Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen“ empfiehlt folgende Werte für handwerkliche Tätigkeiten in der Landwirtschaft:

Tabelle 4: Empfehlungen der DIN Norm zur mittleren Beleuchtungsstärke \bar{E}_m , der Gleichmäßigkeit U_0 sowie des Farbwiedergabeindex R_a

Art des Innenraums, des Bereichs der Sehaufgabe oder Bereich der Tätigkeit	\bar{E}_m (lx)	U_0	R_a
Viehställe	50	0,4	40
Ställe für kranke Tiere	200	0,6	80
Futteraufbereitung, Gerätereinigung	200	0,6	60

7. Beleuchtungsempfehlung in den einzelnen Produktionsstufen

Anhand des aktuellen Kenntnisstandes ist folgende Empfehlung abzuleiten. Der Einfluss des Farbspektrum auf das Schwein ist nach aktuellem Wissensstand noch nicht ausreichend erforscht. Beim Menschen ist die Farbwiedergabe entscheidend für die rechtzeitige Wahrnehmung von Tiersignalen. Daher sollten nur Leuchten verwendet werden, die einen Farbwiedergabeindex größer als R_a 80 besitzen. Des Weiteren kann die Ermüdung des Mitarbeiters über die Farbtemperatur reduziert werden. Die Farbtemperatur sollte nach Möglichkeit während der Tierbehandlung auf > 5.300 K eingestellt sein.

Die Lichtintensität ist den gesetzlichen Mindestanforderungen von 80 lx über 8 h/Tag anzupassen. Die Bucht sollte in verschiedene Beleuchtungsbereiche aufgeteilt werden. Konstante 80 lx oder eine Erhöhung der Lichtintensität hat eher einen negativen Effekt auf das Tierwohl. Außerhalb der 8 h/Tag kann für Lichtprogramme die Beleuchtungsintensität auf 40 lx reduziert werden, da dies für die Schweine ausreichend ist, um zwischen Tag und Nacht zu unterscheiden. **Während der Nachtruhe ist kein Licht erfor-**

derlich, da Schweine sich anhand des Geruches und nicht von visuellen Reizen orientieren. Die Behandlungsbereiche hinter der Sau sollten zusätzlich mit Lampen ausgestattet sein, die während der Behandlungsphase die Beleuchtung auf > 200 lx erhöhen. Für Kontrollarbeiten sind 50 lx ausreichend. Fensterflächen haben vermutlich durch den starken Lichteinfall (> 2.500 lx) einen negativen Einfluss auf das Wohlbefinden der Schweine. Direkte Sonneneinstrahlung sollte daher vermieden werden.

Die Photoperiode sollte im Deck- und Wartebereich konstant auf 8–12 h Licht/Tag geschaltet werden. Durch längere Tage konnten keine Verbesserungen der Tierleistung oder des Wohlbefindens festgestellt werden. Daher ist aus ökonomischer Sicht ein KT von 8–12 h Licht/Tag zu empfehlen. Zum Abferkelbereich gibt es hingegen divergierende Aussagen. Hier ist ein LT (14–16 h Licht/Tag) aufgrund der gesteigerten Ferkelaktivität zu empfehlen. Jungsauen erreichen unter KT (< 8 –12 h Licht/Tag) die Geschlechtsreife früher, daher ist dies für die Jungsauenaufzucht optimal.

Im Flat Deck und in der Mast ist ein kontrollierter LT (14–16 h Licht/Tag) zu empfehlen. In Versuchen konnte durch den LT die Geschlechtsreife der Eber hinausgezögert und dadurch die Aggression unter den Tieren gesenkt werden. Des Weiteren wurden signifikant höhere Tageszunahmen bei kontrollierter im Vergleich zu unkontrollierter Beleuchtung festgestellt.

In allen Produktionsbereichen hat der unkontrollierte Lichteinfall durch Fensterflächen vermutlich Auswirkungen auf das Tag- und Nachtempfinden der Tiere. Daher sollte der zu erwartende Lichteinfall durch Fensterflächen auf das Beleuchtungsprogramm abgestimmt sein.

Ein weiteres Problem besteht darin, wann und wo die 80 lx zur Prüfung gemessen werden soll. Die Beleuchtungsintensität im Stall schwankt je nach Fensterfläche, der Himmelsrichtung, der Verschmutzung und dem Abstand zur Lichtquelle stark. Vermessung und Bewertung von Beleuchtung sind sehr komplex. Die Beleuchtungsstärke reicht als alleinige Messgröße nicht aus, um die Beleuchtungssituation im Schweinestall zu bewerten, da sie nichts über den tatsächlichen Helligkeitseindruck des Tieres aussagt. Unter diesen Bedingungen, ist eine gesetzliche Standardisierung von 80 lx und dessen Prüfung nicht haltbar.

In allen Bereichen besteht erheblicher Forschungsbedarf. Besonders der Einfluss der Beleuchtungsintensität auf das Wohlbefinden des Schweins muss dringend untersucht werden. Unkontrollierter starker Lichteinfall durch Fensterflächen könnte Stress und Leiden beim Schwein verursachen und wäre damit laut § 1 des TierSchG tierschutzwidrig.

8. Energieeffizienz und Schutzart

Der Energiebedarf auf landwirtschaftlichen Betrieben spiegelt mittlerweile ca. 4–6% der Gesamtkosten wieder. 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 IP-Schutzarten für die jeweilige Benutzung auszuwählen (Tabelle 5). Die Energieeffizienz (lm/W) ist wichtig, um die Effizienz der Leuchten zu unterscheiden.

Es wird empfohlen, dass die im Schweinestall verwendeten Leuchten mindestens eine Schutzart von IP67 aufweisen (Tabelle 5). Sie müssen dabei den erhöhten Anforderungen bei Reinigung und Desinfektion standhalten.

Tabelle 5: IP-Schutzarten (IP = Ingress Protection; d. h. Schutz gegen Eindringen)

Schutzart		Kennziffer des Schutzgrades		Schutzart	
Schutz gegen Fremdkörper und Staub	Fremdkörper > 50 mm	IP 1 X	IP X 1	Tropfwasser senkrecht	Schutz gegen Nässe
	Fremdkörper > 12 mm	IP 2 X	IP X 2	Tropfwasser schräg	
	Fremdkörper > 2,5 mm	IP 3 X	IP X 3	Sprühwasser	
	Fremdkörper > 1,0 mm	IP 4 X	IP X 4	Spritzwasser	
	keine Staubablagerung	IP 5 X	IP X 5	Strahlwasser	
	kein Staubeintritt	IP 6 X	IP X 6	starkes Strahlwasser	
			IP X 7	zeitweiliges Untertauchen (wasserdicht)	
			IP X 8	dauerndes Untertauchen (Druckwasserdicht) (-- m Tauchtiefe)	
			IP X 9	Schutz gegen Wasser bei Hochdruck-/Dampfstrahlreinigung speziell Landwirtschaft	

9. Lichtverteilung unterschiedlicher Leuchten

Da bauartbedingt jede Leuchte einen unterschiedlichen Abstrahlungswinkel besitzt, werden diese in der Lichtstärkeverteilungskurve angegeben. Die Lichtstärkeverteilungskurve ist die visuelle Wiedergabe der Lichtverteilung einer Leuchte (Abbildung 2).

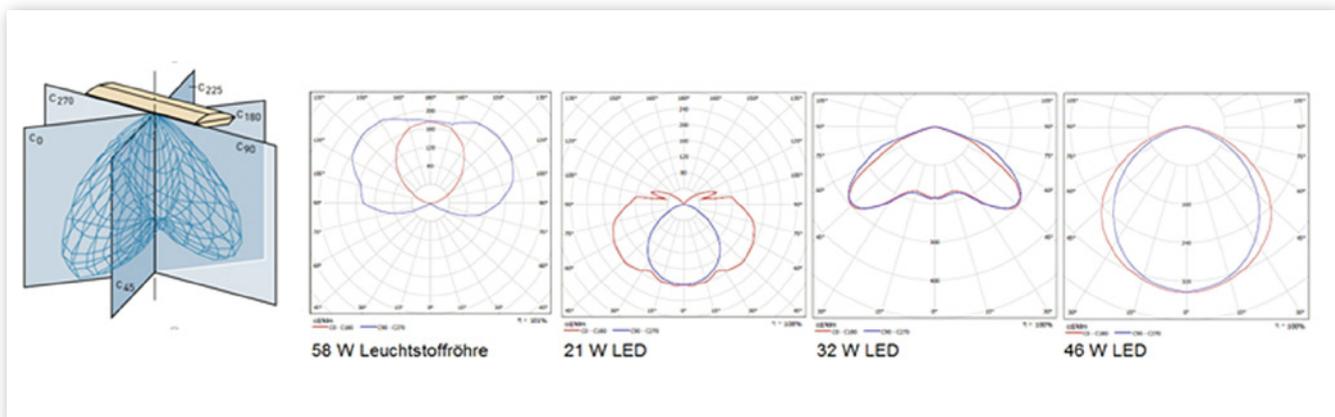


Abbildung 2: Lichtverteilungskurven verschiedener Lampen (erstellt mit DIALux, 2016)

10. Kostenanalyse der Leuchtauswahl

Grundsätzlich ist bei der Auswahl der Stallleuchten zwischen drei Einsatzgebieten zu unterscheiden.

- Die Flächenbeleuchtung im Tagesprogramm, 80 lx über 8 h/Tag bzw. 2.920 h/Jahr
- Die Kontrollleuchte (zu Kontroll- und Wartungsarbeiten)
- Die Stimulationsleuchte im Deckzentrum

Je nach Einsatzgebiet sind unterschiedliche Leuchten Typen zu empfehlen.

Flächenbeleuchtung im Tagesprogramm

Ziel der Flächenbeleuchtung ist es, eine möglichst große Fläche mit geringsten Kosten gleichmäßig auf die gesetzlich vorgeschriebenen 80 lx über 8 h/Tag (2.920 h/Jahr) zu beleuchten. Da jede Leuchte eine spezifische Lichtverteilungskurve besitzt, unterscheiden sich die Leuchten hier deutlich (siehe Kapitel 9). Die Flächenleistung wird in W/m^2 bei 80 lx angegeben. Dieser Wert teilt die elektrische Anschlussleistung pro Fläche, die durch die Leuchten bei einer Beleuchtungsstärke von bspw. 80 lx entstehen. Je geringer dieser Wert desto günstiger der jährliche Energiebedarf. In Abbildung 3 wird ein Stall mit der Fläche von 576 m^2 durch 16 Leuchten (je 33 Watt) auf mindestens 80 lx beleuchtet. Daraus ergeben sich Energiekosten von 0,76 €/m² je Jahr. Hierbei wird zwischen Einzelleistung und quadratische Anordnung unterscheiden. Da Leuchten selten allein eingesetzt werden und durch quadratische Anordnung ein deutlich größeres Lichtfeld erzeugen, sind die bei 80 lx beleuchtete Fläche in m^2 in quadratischer Anordnung ermittelt worden.

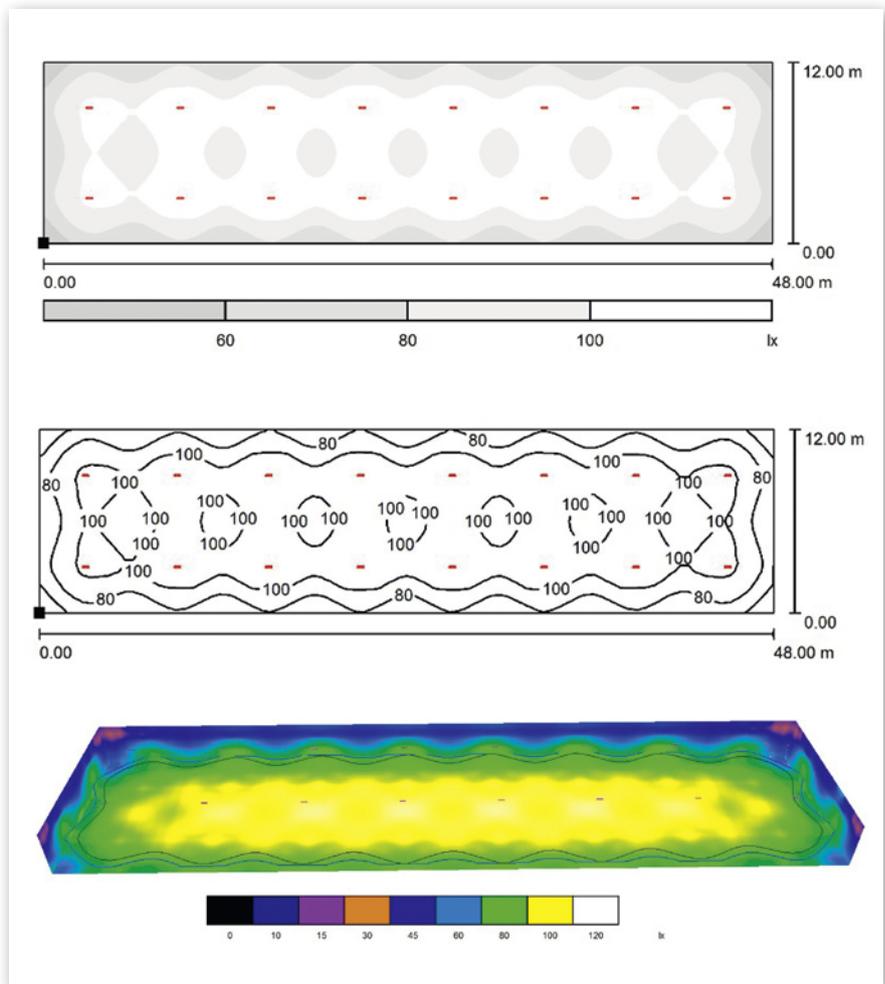
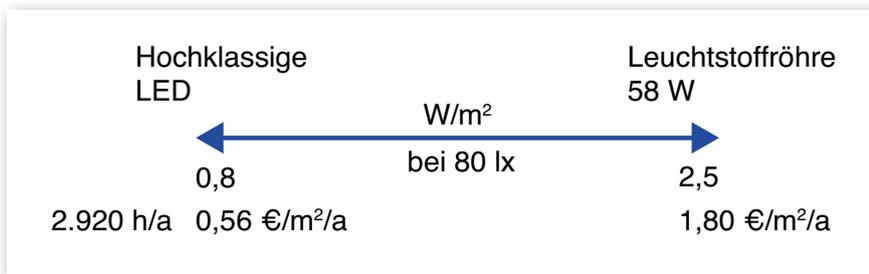


Abbildung 3: Schweinestall simuliert auf 80 lx mit der 32 W LED (erstellt mit DIALux, 2016)

$576 \text{ m}^2 / (16 \text{ Leuchten mit je } 33 \text{ Watt}) = 1,09 \text{ W/m}^2 \text{ bei } 80 \text{ lx}$
 $1,09 \text{ W/m}^2 * 2.920 \text{ Betriebsstunden je Jahr} = 3,182 \text{ kWh/Jahr}$
 $3,182 \text{ kWh/Jahr} * 24 \text{ Cent je kWh} = 0,76 \text{ €/m}^2/\text{Jahr}$

Die horizontale Messebene wurde in 50 cm Höhe gewählt. Die gewählte Anbau- und Deckenhöhe ist 2,50 m, welche somit einen Abstand zwischen Leuchte und Messpunkt von 2,00 m ergibt. Die Flächenleistungen der handelsüblichen Produkte liegen bei 80 lx zwischen 0,8 W/m² (hochklassigen Leuchten) und ca. 2,5 W/m² (Standard 58 W Leuchtstoffröhre) (Abbildung 4). Bei 8 h/Tag (2.920 h/Jahr) und 0,24 €/kWh ergeben sich



und 0,24 €/kWh ergeben sich hierbei jährliche Stromkosten von 0,56 €/m² bis hin zu 1,80 €/m². Wie in Tabelle 6 zu sehen, belaufen sich die Anschaffungskosten einer 58 Watt Leuchtstoffröhre auf ca. 20,00 €. Aufgrund der Ammoniakbelastung

Abbildung 4: Gegenüberstellung der jährlichen Energiekosten je m²

im Stall wird bei diesem Produkt eine geringe Lebensdauer von ca. fünf Jahren angenommen. Bei ca. 23 m²/80 lx beleuchteter Fläche ergeben sich Kosten von 0,17 €/m². Mittelklasse Leuchten werden mit ca. 120 € gehandelt. Da diese meist ebenfalls nicht dauerhaft Ammoniak resistent sind, kann die lange Lebensdauer von ca. 50.000 Betriebsstunden selten eingehalten werden. Aufgrund der höheren IP-Schutzklasse wird die Lebensdauer auf acht Jahre geschätzt. Hierdurch ergeben sich Jahreskosten von 0,50 €/m²/Jahr und somit Gesamtkosten von 1,25 €/m²/80 lx. Damit ist die Mittelklasse Leuchte pro m² deutlich günstiger als die Leuchtstoffröhre mit 1,97 €/m²/Jahr.

Tabelle 6: Flächenkostenvergleich

	Leuchtstoffröhre	Mittelklasse LED
Watt	58 W	32 W
m ² /Leuchte/80 lx bei 2,00 m Messdifferenz	23,2 m ²	29,9 m ²
W/m ² bei 80 lx	2,5	1,07
€/m ² /80 lx	1,80 €	0,75 €
Anschaffungskosten	20,00 €	120,00 €
Lebensdauer (geschätzt)	5 Jahre	8 Jahre
Anschaffungskosten/Jahr/m ² bei 80 lx	0,17 €	0,50 €
Gesamtkosten je m²/Jahr	1,97 €	1,25 €

Bei Investitionen sollte eine professionelle Lichtplanung erstellt werden (Abbildung 3), da nur die optimale Platzierung und Auswahl der Leuchten zu dem langfristig wirtschaftlich besten Ergebnis führen kann.

Kontrollleuchte

Da Kontrollleuchten nur wenige Minuten am Tag leuchten, ist in diesem Fall der Anschaffungspreis der limitierende Faktor. Die Stromkosten bei 30 Minuten Leuchtdauer am Tag (183 h/Jahr) belaufen sich auf 0,16 €/m² (664 W/m²) je Jahr. Aufgrund des günstigen Anschaffungspreis von ca. 20,00 € belaufen sich die Kosten je m²/80 lx auf 0,41 €/Jahr. Daher ist in diesem Fall die Standard Leuchtstoffröhre (58 W) zu empfehlen. Ab 600 Betriebsstunden pro Jahr lohnt sich die Investition in hochwertige LED-Leuchten.

Stimulationsleuchte

In vielen Fällen, wie z. B. bei der Stimulationsbeleuchtung im Deckzentrum, besteht für den Landwirt die Möglichkeit, mit einer geringeren Lichtmenge auszukommen. Daher kann die Leuchtstoffröhre eins zu eins gegen eine LED-Röhre ausgewechselt werden. Dabei ist der Return on Investment nach 4.494,38 Betriebsstunden möglich (8 h/Tag; 1,5 Jahre).

Leuchtstoffröhre	58 W * 24 Cent/kWh = 1,39 Cent/Betriebsstunde
LED	21 W * 24 Cent/kWh = 0,50 Cent/Betriebsstunde
Differenz	<u>0,89 Cent/Betriebsstunde</u>

Anschaffungspreis LED / Differenz laufende Kosten = Return of Investment in Stunden
 40,00 € / 0,89 Cent/Betriebsstunde = 4.494,38 h

11. LED-Retrofit-Produkte

Neben speziellen LED-Leuchten werden häufig LED-Retrofit-Produkte vertrieben. Als LED-Retrofit-Produkte werden Leuchtmittel bzw. „Nachbauten“ von Leuchtmitteln bezeichnet, die bspw. Klassische Leuchtstofflampen oder Glühlampen mittels LEDs ersetzen sollen. Bei der Verwendung solcher Produkte treten vielerlei Probleme auf. Aus diesem Grund sollen einige Aspekte festgehalten 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 größer 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 Schweinestall verzichtet werden.

12. Literaturanhang

- Borell, E. von, Zheng, Jialan, Zheng, Schäfer, S., Ebschke, S. & C. Nawroth, (2015). Effects of light intensity on rhythmicity of core body temperature and skin lesion scores in growing pigs. Poster, Martin-Luther-University Halle.
- Deeg, C. A., (2010). Sehen:87–97 in: Physiologie der Haustiere. 3 Auflage. Hrsg.: Engelhardt, W. v., Enke, Stuttgart.
- DIALux, (2016). Lichtplanungssoftware DIALux. Online im Internet: <https://www.dial.de/de/dialux/> [Stand: 02.05.2016].
- Dureau, P., Jeanny, Jeanny, Jean-Claude, Bernard, C., Jean-Louis, D. & Courtois Yves, (1996). Long Term Light-Induced Retinal Degeneration in the Miniature Pig. *Molecular Vision* 2/7
- KTBL (2014). Energiebedarf in der Schweine- und Hühnerhaltung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft Darmstadt
- Land, M. F. & Dan-Eric Nilsson, (2002). *Animal eyes*. Oxford Univ. Pr Oxford
- Rössler, W., Heldmaier, G. & Gerhard Neuweiler, (2013). *Vergleichende Tierphysiologie*. Springer Spektrum Berlin.
- Tast, A., Love, R. J., Evans, G., Andersson, H., Peltoniemi, O. A. & David J. Kennaway, (2001b). The photophase light intensity does not affect the scotophase melatonin response in the domestic pig. *Animal Reproduction Science* 3-4:283–290.
- Taylor, N., Prescott, N., Perry, G., Potter, M., Le Sueur, C. & Christopher Wathes, (2006). Preference of growing pigs for illuminance. *Applied Animal Behaviour Science* 1–2:19–31
- TierSchNutzV, (2016). Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Verordnung zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere und anderer zur Erzeugung tierischer Produkte gehaltener Tiere bei ihrer Haltung. Online im Internet: www.gesetze-im-internet.de/tierschnutzv/BJNR275800001.html#BJNR275800001BJNG000502308 [Stand: 28.04.2016].
- ZVEI e.V., (2016). Licht.wissen, Die Beleuchtung mit künstlichem Licht. Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. Online im Internet: www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/1603_lw01_Kuenstliches-Licht_web.pdf [Stand: 02.06.2016]

DLG-Merkblätter. Wissen für die Praxis.

- DLG-Merkblatt 440
Fütterungstechnik für tragende Sauen in der Gruppenhaltung
- DLG-Merkblatt 439
Fütterungstechnik für Ferkel in Säuge- und Aufzuchtphase
- DLG-Merkblatt 430
Umgang mit kranken und verletzten Schweinen
- DLG-Merkblatt 422
Alarmierungs- und Sicherungseinrichtungen in Stallanlagen
- DLG-Merkblatt 418
Leitfaden zur nachvollziehbaren Umsetzung stark N-/P-reduzierter Fütterungsverfahren bei Schweinen
- DLG-Merkblatt 408
Gruppenbildung von Sauen
- DLG-Merkblatt 403
Hinweise zum Betrieb von Abluftreinigungsanlagen für die Schweinehaltung
- DLG-Merkblatt 385
Fütterungsmaßnahmen zur Förderung des Tierwohls beim Schwein
- DLG-Merkblatt 382
Das Tier im Blick – Zuchtsauen
- DLG-Merkblatt 378
Ferkelnester – Gestaltung und Heizmöglichkeiten
- DLG-Merkblatt 370
Management großer Würfe
- DLG-Merkblatt 351
Tränketeknik für Schweine

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