

Lichtsysteme im Schweinestall - Anforderungen und LED-Technik

Irene Mösenbacher-Molterer^{1*} und Eduard Zentner¹

Zusammenfassung

Die Beleuchtung von Schweineställen muss aufgrund komplexer Anforderungen gut durchdacht sein, um den Tieren optimale Bedingungen bieten zu können. Hätten Schweine die Wahl, würden sie von Natur aus eine dämmrige Umgebung bevorzugen. Lediglich für die Nahrungsaufnahme sowie das Ausscheidungsverhalten liegt die Präferenz bei gut ausgeleuchteten Bereichen. Trotzdem hat das Licht mit seiner Funktion als Zeitgeber und Auslöser für physiologische Abläufe gerade in der Sauenhaltung eine immense Bedeutung, auch das Futteraufnahmeverhalten in der Mast kann durch gute Lichtverhältnisse positiv beeinflusst werden.

In der konventionellen Tierhaltung ist aufgrund der Stallbauweise (meist Kammstall) eine gleichmäßige Beleuchtung ausschließlich mit natürlichem Licht kaum realisierbar. Eine Ergänzung durch Kunstlicht ist unumgänglich. Kostenmäßig liegen LED-Leuchten hier klar im Vorteil. Unabdingbar ist eine Ausführung mit Schutzklasse mind. IP 65 sowie ein Gehäuse, welches zusätzlich vor Ammoniak geschützt ist.

Aufgrund der vorliegenden Studien liegt weiters die Überlegung auf der Hand, Ermessensspielräume in der Auslegung der Gesetzesvorgaben einzuführen, um verantwortungsvolle Tierhalter selbst entscheiden lassen zu können, in welcher Intensität und Dauer Licht in vorgegebenen Bandbreiten von Nöten ist. Empfehlenswert wäre auch eine Konkretisierung der Vorgaben im Hinblick auf die jeweilige Nutzungsrichtung, um den jeweiligen Anforderungen der Tiere Beachtung zu schenken.

Schlagwörter: Schweinehaltung, Stallklima, Beleuchtung, Lichtintensität, LED

Summary

Because of complex requirements the lighting of pig housings must be sophisticated in order to offer ideal conditions for the animals. If the pigs could choose, naturally, they would prefer dim surroundings.

Only for the feed intake as well as for excretion they prefer a well illuminated area.

Nevertheless, the light with its function as timer and trigger of special physiological processes – especially in sow husbandry – is of high importance. The feed intake behaviour in fattening can positively be influenced by good lighting conditions, as well.

Because of the construction of the housings – mostly a compartmentalised house – in conventional animal husbandry an even lighting with natural light only can scarcely be realised.

A completion by means of artificial light is inevitable. In terms of the costs LED-lighting is clearly to be preferred. A protection class of at least IP 65 as well as a box, which is additionally protected of ammonia, are indispensable.

Basing on the present studies there is a clear advisement to allow a scope of discretion in the interpretation of the laws so that the responsible farmer is able to decide himself in terms of intensity and duration of lighting.

The recommendation is to deliver a setting of concrete standards concerning the particular way of farming in order to meet the respective requirements of the animals.

Keywords: pig housing, stable climate, lightning, illumination, LED

Einleitung

Neben den Stallklimafaktoren Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Staub und Schadgasen ist die Beleuchtung ein wichtiger Eckpfeiler für eine tiergerechte Haltung von Schweinen.

Laut 1. Tierhaltungs-Verordnung muss den Tieren im Tierbereich des Stalles über mindestens acht Stunden pro Tag eine Lichtstärke von mindestens 40 Lux zur Verfügung stehen. Steht den Tieren kein ständiger Zugang ins Freie zur Verfügung, müssen die Ställe Fenster oder sonstige offene oder transparente Flächen, durch die Tageslicht einfallen kann, im Ausmaß von mindestens 3 % der Stallbodenfläche aufweisen. Allgemeine Informationen zur Beleuchtung in Ställen finden sich im ÖKL-Merkblatt Nr. 72 „Licht im Rinderstall“.

In nachfolgendem Beitrag soll geklärt werden, ob diese Vorgaben den Bedürfnissen der Schweine entsprechen und wie eine dem Stand der Technik entsprechende Beleuchtung optimal in ein Stallgebäude integriert werden kann.

Bedeutung von Licht

In der Tierhaltung hat das Licht mehrere Funktionen – zum einen ist es wichtig für das Sehen von Tier und Mensch, zum anderen ist es unabdingbar für eine umfassende Tierkontrolle. Darüber hinaus ist das Licht auch Zeitgeber für periodisch wiederkehrende, physiologische und ethologische Abläufe. Schweine sind grundsätzlich tagaktive Tiere und das Tageslicht ist der natürliche Zeitgeber.

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Abteilung für Stallklimatechnik und Nutztierschutz, Raumberg 38, A-8952 IRDNING-DONNERSBACHTAL

* Ansprechperson: Ing. Irene MÖSENBACHER-MOLTERER, E-Mail: irene.moesenbacher-molterer@raumberg-gumpenstein.at



Von großer Bedeutung ist der Licht-Dunkel-Wechsel im Laufe des Tages, dadurch werden die Aktivitäts- und Ruhephasen der Tiere entscheidend beeinflusst. Im Bereich der Zucht ist die Veränderung der Tageslichtlänge ausschlaggebend, sie legt bei Tieren mit saisonal unterschiedlich ausgeprägter sexueller Aktivität den Brunstzeitraum fest. Bei ununterbrochener Dunkelheit, aber auch bei ununterbrochenem Licht, würde der Tagesrhythmus der Tiere zusammenbrechen.

Das Verhalten der Vorfahren und die Anatomie und Physiologie des Auges legen nahe, dass das domestizierte Schwein am besten an dämmriges Licht angepasst ist. Während die räumliche Schärfe von Schweinen bekannter Weise geringer ist als beim Menschen, muss ihre Fähigkeit, visuell vermittelte, biologisch relevante Aufgaben unter verschiedenen Beleuchtungsstärken zu vervollständigen, erst festgelegt werden (TAYLOR, 2010). Nachstehende Auszüge zeigen klare Tendenzen hinsichtlich der Beleuchtungsstärke, wobei künstliches Licht präferiert wurde.

WALDMANN (2004) beschreibt, dass der Tagesrhythmus durch die Fütterungs- und Pflegeperioden auch bei weitgehend fehlender Beleuchtung aufrechterhalten bleibt. Beleuchtungsstärken von 100 Lux und mehr über 10 bis 12 Stunden am Tag ermöglichen Schweinen, die in fensterlosen Ställen leben, ungestörte Lebensvorgänge einschließlich des Pubertätseintritts bei Jungsauen. Dieser ist bei Beleuchtung mit weniger als 20 Lux verzögert. Jedoch genügen 20 Lux, die durch Fenster einfallen, noch als Zeitgeber für die jahreszeitliche Periodizität. Das Verringern der Beleuchtungsintensität auf tiefe Dämmerung (unter 1 Lux) nimmt den Schweinen weitgehend die visuelle Orientierung und dämpft sowohl die Bewegungsaktivität als auch die Neigung zu Kannibalismus.

Das Sehvermögen der Schweine ist nicht besonders gut entwickelt. Schweine sind farbsichtig, haben aber Probleme, dunkle Farbtöne voneinander zu unterscheiden. Unterhalb einer Beleuchtungsstärke von 12 Lux reduziert sich bei ihnen die Fähigkeit zum Farbsehen und damit ihre Sehstärke (MAYER, 2006).

In einer weiteren Studie konnten Schweine die für sie angenehmsten Stallbereiche mit unterschiedlich starker Beleuchtung frei wählen. Durch ihr Verhalten bestätigten die Schweine, dass sie Dämmerungstiere sind - Stallbereiche mit Lichtstärken kleiner 4 Lux wurden bevorzugt. Die Mindestbeleuchtungsstärke von 40 Lux wurde von den Schweinen weder stark bevorzugt noch vermieden. Das einzige aktive Verhalten, das von der Beleuchtungsstärke betroffen war, war die Kot- und Harnabscheidung - die Schweine suchten hierfür die heller ausgeleuchteten Bereiche des Stalles auf (TAYLOR, 2005). Auch Ferkel brauchen in der Säugezeit ausreichend lange Dunkelphasen, um eine gute Immunabwehr entwickeln zu können. Werden sie zu lange der Beleuchtung ausgesetzt, verringerte sich ihre Fähigkeit, Antikörper zu bilden. Das heißt, sie können sich weniger gut vor einer Infektion schützen. Vor allem während der Nachtstunden soll das Licht im Stall daher ausgeschaltet bleiben (LESSARD, 2012).

Das natürliche Sonnenlicht wirkt auf vielfältige Weise über einen zeitlichen Rhythmus im Tages- und Jahresgang auf den tierischen Organismus. Dadurch begründet sieht BARTUSSEK (1988) eine dauernde Abschirmung der Tiere



Abbildung 1: Beleuchtung eines Abferkelstalles

von natürlichem Licht als problematisch. Die Gewährung von Auslauf ermöglicht dem Tier dagegen direkten Kontakt mit Sonnenlicht. Mit entsprechenden Fensterflächen sollte dafür Sorge getragen werden, dass die Tiere an den im Freien ablaufenden Lichtrythmus gekoppelt bleiben und mit Tageslicht von ausreichender Intensität versorgt werden. Lichtprogramme sollten den natürlichen Lichttag einschließen.

In einer Arbeit von ZALUDIK (2002) kam es bei Betrieben mit Kunstlicht zu keinen Schäden am Tier durch Verhaltensstörungen, in einem Fünftel der Betriebe mit ausschließlicher Beleuchtung durch Fenster wurden jedoch verhaltensbedingte Verletzungen an den Tieren festgestellt. Direkt bezogen auf die Auswirkung von Kunstlicht auf Schwanzspitzenläsionen bei Mastschweinen ergab sich in einer Dissertation von SCHNEIDER (2013) jedoch ein anderes Ergebnis: In der Untersuchung nutzten 45,5 % der konventionell arbeitenden Landwirte zusätzlich zum einfallenden Tageslicht Kunstlicht (Lichtprogramm). Diese Variante schnitt ähnlich gut der reinen Tageslichtvariante ab. Die meisten Verletzungen kamen bei Tieren vor, die ausschließlich Kunstlicht als Lichtquelle zur Verfügung hatten. Vermutet wird, dass hierbei kein natürlicher Tag-Nacht-Rhythmus hergestellt werden konnte. Saisonale Unterschiede sowie eine genaue Analyse von Standort und Gestaltung des Stallgebäudes müssten die Unterschiede zwischen diesen beiden Studien begründen können.

Natürliches Licht unterscheidet sich in vielerlei Hinsicht von künstlichem Licht. Ein hohes Maß an natürlicher Beleuchtungsstärke (einschließlich UV) kann laut TAYLOR (2010) Sonnenbrand und Hitzschlag beim Schwein verursachen. Schweine benötigen natürliches oder UV-Licht zur Bildung von Vitamin D3, dieses kann aber auch durch eine ausgewogene Ernährung zur Verfügung gestellt werden.

Es gibt Hinweise in der Literatur über die Auswirkungen von Spektren (farbige Lichter oder Farbbalance Lichter) auf die Schweineproduktion. Bei der Verwendung von rotem Licht wurde es mit großer Wahrscheinlichkeit von den Schweinen als dunkel wahrgenommen. Zeiten der Morgen- und Abenddämmerung wurden nicht untersucht, könnten aber hilfreiche Hinweise liefern in Bezug auf Irritationen durch den Lichtwechsel oder aufgrund von Blendung (TAYLOR, 2010).

Beleuchtungstechnik

Laut RICHTER (2006) sind zur Beurteilung der Beleuchtung drei physikalische Parameter heranzuziehen:

- Beleuchtungsdauer (gemessen in Stunden)
- Beleuchtungsintensität (gemessen in Lux)
- spektrale Zusammensetzung (gemessen in Nanometer Wellenlänge), wobei häufig nur eine grobe Kategorisierung in infrarote Strahlung, sichtbares Licht und ultraviolettes Licht benutzt wird

Zu unterscheiden sind bei der Beleuchtung die qualitativen sowie quantitativen Eigenschaften des Lichts. Qualitativ lässt sich Licht nach dessen Wellenlänge differenzieren, so liegt sichtbares Licht im Bereich von ca. 400 nm bis ca. 760 nm, unterhalb von 400 nm ist die ultraviolette Strahlung definiert, oberhalb von 760 nm die Infrarotstrahlung. Die Beleuchtungsstärke von einem Lux ist dann gegeben, wenn von einer Lichtquelle mit einem Lichtstrom von 1 Lumen eine Fläche mit 1m² im Abstand von 1 m beleuchtet wird (FELLER, 2002).

Tabelle 1: Standardwerte für natürliche Beleuchtung (FELLER, 2002):

Sonniger Sommertag	100.000 Lux
Sonniger Wintertag	9.000 Lux
Trüber Sommertag	4.000 – 20.000 Lux
Trüber Wintertag	900- 2.000 Lux

Im sächsischen Versuchsgut Köllitsch ergab eine Untersuchung in der Schweinehaltung Höchstwerte von 1.073 Lux in den direkt neben den Fenstern gelegenen Buchten (Mittelwert 449 Lux). In den Türbuchten hingegen wurden im Schnitt nur 28 Lux gemessen. Große Fensterflächen und damit extremer Lichteinfall führen dazu, dass sich das Stallinnere erheblich aufheizt. Zudem lassen sich die Fenster je nach Größe des Stallabteiles nicht so verteilen, dass alle Buchten gleichmäßig mit Licht durchflutet werden. Schweine reagieren auf die zusätzliche thermische Belastung, die durch den intensiven Lichteinfall ausgelöst wird, mit einer höheren Wasseraufnahme und versuchen so, den Hitzestress abzumildern. Neben oben genannten Nachteilen kann selbst bei weit über die EU-Vorschriften hinausgehenden Fensterflächenanteilen die Vorgabe von 40 Lux nicht an jeder Stelle im Stall eingehalten werden – mit ein Grund, warum moderne Ställe heutzutage standardmäßig über eine entsprechende Beleuchtungstechnik verfügen (MEYER, 2007).

Der durchschnittliche Sauenhalter verbraucht lt. einer Studie des LfL Bayern pro Jahr rund 400 Kilowattstunden (kWh) Strom pro Sau und der Mäster 40 kWh pro Mastplatz. In beiden Fällen ist die Lüftung der größte Verbraucher. Die Beleuchtung ist mit gut 10% ebenfalls ein großer Stromverbraucher – vor allem bei den Sauen, wo die Infrarotlampen an zweiter Stelle stehen (NEUMANN u. NEIBER, 2014). Aber auch im Maststall kann sich die Investition in eine sparsame Beleuchtungstechnik aufgrund oben genannter Zahlen mehr als auszahlen.

LED-Technik

Wer sich nun mit dem Gedanken anfreundet, in LED-Technik zu investieren, sollte sich vorab über die angebotene Qualität informieren. Nur leistungsstarke LEDs bringen



Abbildung 2: Luxmeter zur Messung der Beleuchtungsstärke



Abbildung 3: Beleuchtung des Ferkelnestes mittels Infrarot-Wärmelampe

genug Licht. LED-Lampen verbrauchen deutlich weniger Strom als Leuchtstoffröhren. Aber ab wann lohnt sich der Einsatz der mehr als doppelt so teuren Lichttechnik im Stall?

Im Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp (D) wurde das genauer überprüft. Für den Versuch wurden mehrere Mastabteile mit unterschiedlichen Lichtsystemen ausgerüstet. Jede LED-Röhre kostete im Vergleich zu herkömmlichen Leuchtstoffröhren (30-45 € inkl. Gehäuse) je nach Qualität und Leistungsstärke 50-95 € (inklusive Kunststoffgehäuse 80 bis 125 €).

Das Ergebnis war eindeutig: ab 3.300 Stunden Beleuchtungsdauer pro Jahr bzw. gut neun Stunden je Tag lag die hochwertige LED-Technik bei je 10 installierten Lampen und einer vergleichbaren Lichtstärke preismäßig klar vorn (ROHWEDER, 2013).

Bedenkt man, dass bei LED-Beleuchtung verschiedene Farbspektren möglich sind, so ist auch eine Untersuchung aus dem Haus Düsse interessant (WROBLEWSKI, 2005), welche den Einfluss von blauem Licht auf Mastschweine testete. Die Tiere waren insgesamt ruhiger und entspannter - mitunter durch weniger Rangordnungskämpfe, des Weiteren ergaben sich höhere Magerfleischanteile bei gleichen Zunahmen. Erschwert war jedoch die Tierkontrolle sowie die Beurteilung des Kots (Unterschied zwischen dunklem Kot und Blut). Auch für die Reinigung müssen zusätzliche

Lichtquellen vorhanden sein. Die Vorteile des blauen Lichtes könnte man sich jedoch vor allem bei der Neueingliederung von Sauen, im Abferkelbereich sowie bei Mastgruppen (Kannibalismus) sehr gut zu Nutze machen.

Hinsichtlich der LED-Technik gibt es bereits viele Fabrikate auf dem Markt. Absehen sollte man von Billigangeboten aus dem Internet – unerlässlich ist ebenso mind. Schutzklasse IP 65 und höher (Schutz gegen Staub und Spritzwasser) sowie ein TÜV-/ ENEC-Prüfsiegel für elektrische Komponenten, ggf. GS-Prüfsiegel und CE-Zulassung. Für die Landwirtschaft gibt es eigens entwickelte Lampen bzw. Gehäuse, welche zusätzlich noch vor Ammoniak geschützt sind, um den hohen Ansprüchen der Landwirte gerecht zu werden.

Leuchten der Firma Tridonic, Jennersdorf

Kernstück ist ein LED Chip (Halbleiter $\sim 1 \times 0,5 \text{ mm}$), der in ein Plastikgehäuse mit eingebetteten Kontakten geklebt (gebondet) wird. Der Chip leuchtet im Betrieb ($\sim 3 \text{ V DC}$ und 150 mA) blau. Um ein Weißlicht zu erzeugen, wird das Gehäuse mit einem Speziälsilikon, das mit Phosphore (Leuchtstoffe in Pulverform ca. $50 \mu\text{m}$ Durchmesser) vermischt ist, gefüllt (Dispensprozess).

Im Betrieb wird ein Teil des Blaulichtes in das Phosphorlicht umgewandelt (Farbkonversion). Es gibt verschiedene Phosphore (rot, grün, gelb) mit unterschiedlichen Wellenlängen. Durch die individuellen Zusammensetzungen werden die jeweiligen Farbtemperaturen (CCT: $2000\text{K}-8000\text{K}$) und Farbwiedergabewerte (CRI: $70-98$) erzeugt. Mit einer Mid Power LED Type erreicht man nominal 70 lm . Durch Verschaltung mehrerer LED Komponenten (werden auf Leiterplatten gelötet) in Serie und parallel kann man die gewünschten Designs und Lichtstrompakete generieren. Für raue Umgebungsbedingungen werden gut abgedichtete Feuchtraumleuchten eingesetzt, da Ammoniak mit ständiger Feuchte Korrosion bewirkt (KÖBERL, 2017).

Tabelle 2: Vergleich zwischen LED-Technologie und herkömmlichen Leuchtstoffröhren

	LED	Leuchtstoffröhre
Energieverbrauch	28W für 5000lm	50W für 5000lm
Lebensdauer (L80F10)	bis 100.000h	bis 20.000h
Schaltzyklen	>100.000	<50.000
Temperatur Leuchtstoff	$\sim 35^\circ\text{C}$	$\sim 55^\circ\text{C}$
UV-Strahlung	Nein	Ja
Giftstoffe	Nein	Quecksilber
Flicker	$\sim 3\%$ (not visible)	$\sim 10\%$
Spannung	Gleichspannung	Wechselspannung
Zusatzgerät	Konverter AC-DC	Vorschaltgerät (Zündspannung $\sim 5 \text{ kV}$)

Quelle: Tridonic

Die Lichtplanung wird in der Firma Tridonic mit der Software "Dialux" ausgeführt. Mittels Lichtstrom und Abstrahlwinkel der Leuchte sowie Eingabe von Raumabmessung und Umgebung erhält man als Resultat die entsprechenden Lux-Werte.

Schlussfolgerungen

Eine generelle Aussage für die perfekte Beleuchtung eines Stalles ist nicht möglich - es kommt immer auf die Tierart, die interne Aufteilung, Lichteinlässe und auch die Abläufe im Stall an.



Abbildung 4: LED Modul Tridonic (Gehäuse Schuch), Quelle: Tridonic



Abbildung 5: Beleuchtungsplanung, Dialux Quelle: Tridonic

Generell ist eine gleichmäßige Beleuchtung von Vorteil, das heißt mehrere Lampen und niedrigere Wattzahlen sind besser, als eine große bzw. punktuelle Beleuchtungseinheit. Wer in Zukunft auf LED setzt, sollte sich zur optimalen Nutzung dieser sparsamen Beleuchtungstechnik auch über ein Lichtprogramm Gedanken machen – gerade im Saubereich zur Verbesserung der Rauscheintensität ($200-300 \text{ Lux}$ im Kopfbereich nach dem Absetzen, $12-14 \text{ h}$ täglich), aber auch in der Mast zur Intensivierung der Aktivität/Futteraufnahme.

Essentiell sind für eine gute Beleuchtungsplanung in erster Linie eine optimale Unterstützung der Leistungsfähigkeit der Tiere sowie eine Steigerung des Wohlbefindens. Hinsichtlich Beleuchtungsstunden und Lichtregime kann ein Zuviel oder Zuwenig entweder Energie verschwenden, oder für eine suboptimale Umgebung sorgen.

TAYLOR (2005) empfiehlt die Schaffung eines Ruhebereiches mit minimaler Beleuchtungsstärke, der sich von den Kotplätzen unterscheidet, wodurch auch die Hygiene ver-

bessert würde – ein frommer Wunsch oder wichtiger Anreiz für die Zukunft, gerade wenn man an Tierwohlställe denkt?

Literatur

- BARTUSSEK, H. (1988): Grundlagen einer naturgemäßen Tierhaltung. In: Naturgemäße Viehwirtschaft – Zucht, Fütterung, Haltung von Rindern und Schweinen, Ulmer Verlag, Stuttgart, 1988, S. 147 – 161
- BLV (2009): Fachinformation Tierschutz - Stallklimawerte und ihre Messung in Schweinehaltungen, Eidgenössisches Departement des Inneren EDI, Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV, Tierschutz, Nr. 8.6_(1)_d, März 2009
- FELLER, B. (2002): Einfluss der Belichtung und Beleuchtung. Praxisgerechte Mastschweinehaltung. BFL Spezial - Aktuelle Empfehlungen. S. 48-50.
- KÖBERL, K. (2017): LED Technologie. Firma Tridonic, Jennersdorf
- LESSARD, M., F. BEAUDOIN, M. MÉNARD, M.P. LACHANCE, J.P. LAFOREST and C. FARMER (2012): Impact of a long photoperiod during lactation on immune status of piglets. In: J Anim Sci. 2012 Oct; 90(10), 3468-76.
- MAYER, C., E. HILLMANN, und L. SCHRADER (2006): Verhalten, Haltung, Bewertung von Haltungssystemen. In: Schweinezucht und Schweinefleischerzeugung – Empfehlungen für die Praxis (Hrsg). Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Völkensrode, 94-109
- MEYER, E. (2007): Viel Licht belastet die Schweine. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Köllitsch, SUS 3/2007, 28-31
- NEUMANN, H. und J. NEIBER (2014): Knipsen Sie die größten Stromfresser aus! top agrar 2/2014, S 25
- PFLANZ, W. und T. JUNGBLUTH (2007): Tier- und umweltgerechte Haltungsverfahren in der Schweinehaltung: Gesamtheitliche Bewertung innovativer Schweinemastverfahren für Baden-Württemberg. Universität Hohenheim, Forschungsbericht
- RICHTER, T. (2006): Krankheitsursache Haltung: Beurteilung von Nutztierhaltungsställen, Enke Verlag, Stuttgart, 29-30.
- ROHWEDER, H.J. (2013): Wann rechnen sich LED-Lampen? top agrar, 06/2013, 30-31
- SCHNEIDER, Y. (2013): Einflussfaktoren auf das Schwanzbeißen bei Mastschweinen unter verschiedenen Umweltbedingungen. Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin, Dissertation
- TAYLOR, N. (2010): Lighting for Pig Units. Report compiled for BPEX, Submitted 30.04.2010
- TAYLOR, N., N. PRESCOTT, G. PERRY and C. WATHES (2005): Preference of growing pigs for illuminance. In: Applied Animal Behaviour Science, 96(1), July 2005
- WALDMANN, K.H. und M. WENDT (2004): Lehrbuch der Schweinekrankheiten, Parey Verlag, Stuttgart, 22-24, 33.
- WERATSCHNIG, A., E. ZENTNER, M. SCHEDLER, J. TROXLER, V. LENZ, D. KREUZHUBER (2013): Licht im Rinderstall. ÖKL-Merkblatt Nr. 72, ÖKL-Arbeitskreis Landwirtschaftsbau, 2. Auflage 2013
- WROBLEWSKI, T. (2005): Einfluss von blauem Licht auf Mastschweine. Veterinärspiegel 1/2005, S. 26f
- ZALUDIK, K. (2002): Bewertung praxisüblicher Mastschweinehaltungen in Nordrhein-Westfalen hinsichtlich der Tiergerechtigkeit. Universität Hohenheim, Dissertation