

# Licht im Rinderstall

Klaus Reiter<sup>1\*</sup> und Franziska Walter<sup>1</sup>

## Zusammenfassung

Licht ist für das Leben auf der Erde elementar. Das Sehen und Erkennen der Umwelt ist mit der Aufnahme von optischen Informationen verbunden. Rinder sehen die Umwelt anders als Menschen. Sie sehen u.a. weniger scharf, die Hell-Dunkel-Anpassung ist langsamer, in der Dämmerung sehen sie besser als Menschen. Dies ist beim Stallneubau u. bei der Ausgestaltung existierender Ställe zu beachten. Licht spielt auch bei der Tierbeobachtung, beim Umgang mit den Rindern, beim Treiben und Verladen der Tiere eine Rolle. Des weiteren beeinflusst das Licht auch rhythmische Vorgänge des Verhaltens und die Physiologie des Tieres, insbesondere Tages- und Jahresrhythmen. Bei Rindern können biologische Effekte des Lichts auf die Fruchtbarkeit, das Wachstum und die Milchleistung beobachtet werden. Fragen nach einer adäquaten Beleuchtungsintensität, der Beleuchtungsdauer, aber auch der spektralen Zusammensetzung des Lichtes im Rinderstall rücken deshalb immer mehr in den Mittelpunkt für eine tiergerechte Haltung. LED-Leuchten eignen sich aufgrund ihrer spektralen Zusammensetzung des Lichtes, der hohen Lichtausbeute, der langen Lebensdauer und des geringen Stromverbrauches besonders als Lichtquelle für den Stallneubau und für die Umrüstung alter Ställe.

*Schlagwörter:* Licht, Sehen bei Rindern, biologische Rhythmen, LED-Strahler

## Einleitung

Für die Lebewesen auf der Erde ist das Licht der Sonne nicht nur Energielieferant, sondern auch ein wichtiger Informationsträger. Das Wachstum der Pflanzen, aber auch die biologischen Rhythmen bei den Tieren und Pflanzen hängen vom Licht ab. Der Bereich des sichtbaren Lichtes ist für Menschen und bei den verschiedenen Tierarten unterschiedlich. Als Licht wird der für den Menschen sichtbare Bereich der elektromagnetischen Strahlung bezeichnet. Bestimmte Tierarten sehen auch im infrarot- u. ultravioletten Bereich. Deshalb werden auch diese angrenzenden Bereiche als sichtbares Licht bezeichnet. Vögel sehen im Spektrum von Ultraviolett bis Dunkelrot (einzelne Vogelarten). Primaten sind Trichromaten mit drei Farbzeptoren. Wir Menschen z. B. sehen im Bereich von 380 bis 780 nm, d. h. von Violett bis Dunkelrot. Rinder, Pferde und Schweine sind sogenannte Dichromaten. Auch für Rinder hat Licht eine große Bedeutung. Zur Orientierung im Stall und auf der Weide, zum Erkennen der Artgenossen und des Landwirtes ist Licht notwendig. Die Verarbeitung der Lichtinformatio-

nen ist beim Rind anders als bei uns Menschen. Die Kenntnis der Informationsaufnahme und -verarbeitung ist somit für eine tiergerechte Haltung der Rinder von Bedeutung. Hierbei sind die Beleuchtungsintensität und -dauer, aber auch die spektrale Zusammensetzung des Lichtes wesentliche Faktoren. Neben der Bedeutung für die Orientierung der Tiere beeinflusst Licht auch das Verhalten, das Wachstum, die Fruchtbarkeit und die Milchleistung sowie das Wohlbefinden der Tiere.

## Wie sehen Rinder?

Beim Sehen von Rindern sind verschiedene Aspekte des Sehens wie Sehfeld, Sehschärfe, Bewegungssehen, Dämmerungssehen, Adaptation und Farbsehen von Bedeutung.

Licht ist für die Aufnahme von optischen Informationen entscheidend. Rinder besitzen große, seitwärts liegende Augen mit großen Pupillen.

Das Gesichtsfeld des Rindes ist mit ca. 330° sehr weit. Rinder können Vorgänge vor, seitwärts sowie über und hinter sich erkennen, ohne den Kopf zu drehen. Das hat den Vorteil, dass sie in der Lage sind, nahezu die ganze Umwelt zu überblicken und Feinde schnell zu erkennen (GRANDIN 1997). Nur in einem kleinen Bereich von ca. 30° hinter sich können die Tiere nichts sehen. In dem Bereich, in dem sich die Sehfelder beider Augen überschneiden, kann dreidimensional gesehen werden. Aufgrund der Position der Augen kann das Rind daher nur in einem kleinen Feld vor sich räumlich sehen und Abstände wahrnehmen. Der binokulare, dreidimensionale Seh-Raum beim Rind beträgt 30 bis 50° (BOUISSOU et al. 2001, HULSEN 2004).

Das Rinderauge kann nur im geringen Maße akkommodieren, d. h. vom Sehen in der Nähe auf das Sehen in die Ferne umschalten. Rinder sehen weniger scharf als wir Menschen (EIERMANN 1978). Nach BOUISSOU et al. (2001) haben Rinder nur 1/22 bis 1/12 der Sehschärfe des Menschen. Die Rinder können somit Abgrenzungen, Konturen schlecht erkennen. Sie haben Schwierigkeiten in schattigen Bereichen auf der Weide oder im Stall. Das Sehen von statischen Objekten ist eingeschränkt und in der Ferne nicht scharf. Das Bewegungssehen bei Rindern ist dagegen sehr gut ausgebildet und besser ausgeprägt als das des Menschen (KOLB 1984, LOEFFLER 2002). Rinder können schon kleinste, vor allem horizontale Bewegungen im Raum sehr gut erkennen. Bewegungen in Richtung der Sehachse werden ungenauer wahrgenommen. Dies ist vor allem beim Treiben der Rinder auf der Weide und im Stall besonders zu beachten.

Die Netzhaut des Rinderauges enthält, wie bei anderen Wirbeltieren, verschiedene Zelltypen, die miteinander zu einem

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.Dürrwachter Platz 2, D-85562 POING-GRUB

\* Ansprechperson: Prof. Dr. Klaus Reiter, E-mail: klaus.reiter@lfl.bayern.de



Netzwerk verschaltet sind. Die visuellen Rezeptorzellen untergliedern sich in Stäbchen und Zapfen (ECKERT 2002). Die Informationen der Zapfen werden für das Farbsehen (chromatisches Sehen) genutzt. Die Stäbchen dienen dem Schwarz-Weiß-Sehen (achromatisches Sehen) und ermöglichen das Sehen bei niedrigen Beleuchtungsintensitäten bzw. bei Dämmerlicht (Dämmerungssehen).

Das Innere des Rinderauges weist eine reflektierende Membran auf, die als tapetum lucidum bezeichnet wird. Durch diese reflektierende Membran und die Anordnung der Zellen im Auge wird das einfallende Licht verstärkt (LOEFFLER 2002). Dadurch erfolgt eine intensive Reizung der Netzhautzellen, auch beim Einfall von wenig Licht. Deshalb besitzen Rinder im Gegensatz zu Menschen ein sehr gutes Dämmerungssehen. Auch geringe Beleuchtungsintensitäten reichen den Rindern zur Orientierung in der Nacht im Stall und auf der Weide aus.

Nach CAMPENHAUSEN (1993) ist die Dunkeladaptation des menschlichen Auges für die Zapfen nach ca. sieben Minuten abgeschlossen und für die Stäbchen nach ca. einer halben Stunde. Die Helladaptation verläuft im Vergleich zur Dunkeladaptation viel schneller. Bei Rindern dauert die Hell- und Dunkeladaptation länger (RYBA und UHL 1989). Im Stall ist deshalb eine gleichmäßige Ausleuchtung aller Stallbereiche von Bedeutung. Beim Treiben der Rinder vom Stall in den Auslauf und vor allem zurück muss dies beachtet werden.

Beim Menschen konnten drei verschiedene Zapfentypen zum Farbsehen differenziert werden. Menschen sehen trichromatisch. Beim Hausrind wurden nur zwei Farbpigmente mit Maxima im Bereich der kurzen Wellenlängen (440-455 nm) und im Bereich der mittleren und langen Wellenlängen (536-555 nm) gefunden. Dies bedeutet, dass Rinder dichromatisch sehen.

Die wissenschaftlichen Meinungen zum Farbsehen bei Rindern gehen auseinander. In Untersuchungen mit Hilfe des Elektoretinogramms wurde festgestellt, dass Rinder Blau, Grün und Gelb sehen, Rot dagegen schlecht oder gar nicht. Das Maximum der Sensitivität lag im Blau und Grün-Bereich (JACOBS et al. 1997).

Neuere Untersuchungen beim Pferd gehen davon aus, dass Pferde nicht im Rotbereich sehen (CAROLL et al. 2001). Auch aus der Sicht der Evolution des Farbsehens auf der Grundlage molekulargenetischer Studien wird davon ausgegangen, dass erst bei den Neuweltaffen das Rotsehen wieder ausgeprägt war (NATHANS 2009). Auf der anderen Seite zeigen Verhaltensuntersuchungen andere Ergebnisse. GRÄF (1977) untersuchte mit Hilfe von Wahlversuchen das Farbsehvermögen von Rindern. Die Tiere unterschieden die Farben Rot, Gelb, Mittelblau, Grün und Hellblau in Kombination mit sechs Grautönen im gleichen Helligkeitsbereich. Die Ergebnisse zeigten, dass alle untersuchten Farben von Grau unterschieden wurden. DABROWSKA et al. (1981) zeigten in einem Versuch, dass Rinder am schlechtesten kurzwelliges Licht wahrnehmen und unterscheiden können. Den Kühen war es möglich, die Farbreize Gelb, Pink, Rot, Violett, Blau, Grün und Gelbgrün zu unterscheiden, wobei Blau die geringsten und Rot die meisten Richtigwahlen hatte.

## Bedeutung von Licht für eine tiergerechte Haltung von Rindern

Bei Rindern und anderen Säugetieren erfolgt die Lichtaufnahme über das Auge und die Haut. Licht spielt nicht nur beim Sehen eine bedeutende Rolle sondern auch bei der Steuerung biologischer Rhythmen. Lichtinformationen werden über das Auge zum Gehirn, zum Sehzentrum und zur „Inneren Uhr“, dem Nucleus suprachiasmaticus (SCN), weitergeleitet und verarbeitet (nicht-visuelle Information). Der SCN steuert als endogener Zeitgeber die rhythmischen Vorgänge im Körper. Über eine Reihe von Interneuronen werden Signale an die Zirbeldrüse gesendet. Die Zirbeldrüse sondert eine Reihe von Hormonen ab, wobei Melatonin das wichtigste ist (DAHL et al. 2000). Melatonin ist eine chemische Signalsubstanz, welche den Tag-Nacht-Rhythmus, die Fruchtbarkeit, das Immunsystem und den Schlaf beeinflusst (KASUYA et al. 2009). Bei Rindern zeigt die Melatoninsekretion einen circadianen Rhythmus, mit niedrigen Konzentrationen am Tag und hohen Konzentrationen in der Nacht (DAHL et al. 2000).

Neben dem circadianen Rhythmus existiert ein endogener Jahresrhythmus, der durch Zeitgeber wie Beleuchtungsintensität und -dauer sowie die Temperatur gesteuert wird. Dadurch werden weitere hormonelle Regulationsmechanismen wie z. B. die Wachstumshormon- u. Sexualhormonausschüttung beeinflusst. Damit beeinflusst die Lichtdauer in Kombination mit der Beleuchtungsintensität die Fruchtbarkeit, Wachstum und Leistung von Nutztieren. So werden beispielsweise Legehennen in der Aufzucht unter Kurztag-Bedingungen gehalten. Mit der Legereife wird der Lichttag verlängert, so dass die Eiproduktion erhöht wird. Außerdem hat bei Pferden und Schafen die Manipulation der Tageslänge einen Effekt auf den Eintritt und das Ende der Zuchtsaison. Auch wenn sich Rinder asaisonal fortpflanzen, kann eine jahreszeitliche Beeinflussung auf die Fortpflanzung festgestellt werden. Der Eintritt der Geschlechtsreife wird durch die Jahreszeit, in der das Tier geboren wird, beeinflusst. Es konnte in Untersuchungen festgestellt werden, dass bei Kalbinnen, die unter Langtag-Bedingungen (long day; LD) mit 16 Stunden-Lichttag gehalten wurden, die Wachstumsrate erhöht und die Tiere früher geschlechtsreif wurden. Bei LD-Bedingungen in der Aufzucht von Kalbinnen wurde im Vergleich zu Kurztag-Bedingungen (short day; SD) das Wachstum des Parenchymgewebes im Euter (PETERS et al. 1980) aktiviert, was zu erhöhter Milchleistung in der darauffolgenden Laktation führte. In zahlreichen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass auch bei laktierenden Kühen die Lichttaglänge einen Effekt auf die Milchleistung hatte. Wurden Kühe (Schafe) unter LD-Bedingungen (16 Stunden Licht, mit 200 Lux) gehalten, so produzierten sie mehr Milch (REKSEN et al. 1999, DAHL et al. 2000 und MORRISSEY et al. 2008). In weiteren Untersuchungen wurden laktierende Milchkühe unter LD-Bedingungen und unter natürlichen Bedingungen gehalten. Es wurden Milch- und Blutproben von den Tieren genommen, wobei festgestellt wurde, dass bei LD-Bedingungen die Milchleistung, der Prolaktinspiegel und der Gehalt von Wachstumshormonen (IGF-I) anstieg (DAHL 2000).

Eine entscheidende Frage für die Gestaltung der Beleuchtung in Ställen ist, bei welchen Schwellen der Beleuchtungs-

intensität während der Tages- und Nachtzeiten ein Effekt auf die Melatonin- u. Wachstumshormonausschüttung messbar ist. In speziellen Untersuchungen zur Melatoninausschüttung konnte ab einer Beleuchtungsintensität von 50 Lux ein erster reduzierender Effekt auf die Plasma-Melatonin-Konzentrationen festgestellt werden. Ab einer Beleuchtungsintensität von 200 Lux wurde über einen längeren Zeitraum eine Reduzierung der Melatoninkonzentration analysiert (LAWSON und KENNEDY 2000). Ausgehend davon sollte eine Beleuchtungsintensität von mehr als 50 Lux, optimal mehr als 200 Lux, während des Tages im Stall erreicht werden. In weiteren Untersuchungen wurde festgestellt, dass eine Beleuchtungsintensität von 10 Lux oder weniger den normalen Anstieg der Melatoninkonzentrationen während der Nachtstunden sicherte (MUTHURMALINGAM et al. 2006). Deshalb sollte die Beleuchtungsintensität in den Nachtstunden auf keinen Fall 10 Lux überschreiten (Notbeleuchtungen und Beleuchtungen von automatischen Melksystemen).

Aufgrund der Jahresrhythmik sollte bei den Rindern ein Wechsel zwischen verschiedenen Lichttaglängen erfolgen. Eine dauerhafte Haltung der Tiere unter LD-Bedingungen (16 Stunden Licht und 8 Stunden Dunkelheit), zeigte keine Effekte auf die Milchleistung der Tiere. Untersuchungen ergaben, dass sich ein zeitlich begrenzter Wechsel auf Kurztag-Bedingungen (8 Stunden-Lichttag) positiv auf die Milchleistung der Tiere auswirkte. Wenn die Tiere während der Trockenstehzeit 3 Wochen lang unter SD-Bedingungen gehalten wurden, stieg in der darauf folgenden Laktation die Milchleistung wieder an (AUCHTUNG et al. 2005). Weiterhin konnte gezeigt werden, dass Kühe, die während des Trockenstehens unter Kurztag-Bedingungen (8 Stunden Licht und 16 Stunden Dunkelheit) gehalten wurden, eine intensivere Umgestaltung und Zellerneuerung im Eutergerewebe aufwiesen (WALL et al. 2005).

### Einsatz von unterschiedlichen Lichtquellen

Im Stall können verschiedene Lampen eingesetzt werden: Leuchtstofflampen, Natriumdampf, Metaldampflampen sowie LED-Strahler. Leuchtstofflampen sind Niederdruckentladungslampen. Wegen ihrer langgestreckten Form eignen sie sich besonders gut zur Ausleuchtung von

Stallgebäuden. Die Lampen sollten nicht höher als 3 m über der zu beleuchtenden Fläche angebracht werden, da sonst die Effektivität stark abnimmt.

Natriumdampflampen sind Metaldampflampen mit Natriumfüllung, die gelblich leuchten. Natriumdampflampen benötigen, anders als Leuchtstofflampen, keinen fluoreszierenden Leuchtstoff. Die Gasentladung selbst erzeugt sichtbares Licht, wodurch der Wirkungsgrad dieser Lampen deutlich erhöht ist. Rinder sehen in diesem Farbereich nicht so gut. Aufgrund des gelben Lichts können Verletzungen und Blutungen bei den Tieren unter diesen Lichtbedingungen schlechter gesehen werden. Natriumhochdruckdampflampen besitzen mit 130 Lumen/Watt eine sehr hohe Lichtausbeute und eine Lebensdauer von ca. 16000 Stunden.

Halogenmetaldampflampen gehören zu den Hochdruckentladungslampen. Sie erzeugen wie alle Entladungslampen Licht beim Durchgang durch ionisiertes Gas oder Metaldampf. Sie besitzen eine hohe Lichtausbeute von rund 100 Lumen/Watt und eine lange Lebensdauer mit bis zu 15000 Betriebsstunden. Zudem zeichnen sie sich durch eine gute Farbwiedergabe aus. Eingesetzt werden Halogenmetaldampflampen auch in der Außenbeleuchtung.

Neu auf dem Markt sind LED-Strahler. Die Kurzform LED steht für „Light Emitting Diode“ auf Deutsch „Licht emittierende Diode“. LED-Lampen wandeln elektrische Energie in Licht um. Sie funktionieren wie Halbleiterdioden, die in Durchlassrichtung Licht erzeugen. Strom fließt durch die Diode und dabei wird Licht abgestrahlt. Durch den linsenförmigen Kunststoffkörper, der direkt darüber liegt, erfolgt eine Bündelung der Strahlung. Die Lebensdauer ist im Vergleich zu anderen Lampen deutlich höher, jedoch liegen auch die Anschaffungskosten deutlich über den anderer Lampenarten. Es gibt LED-Strahler in unterschiedlicher Qualität. Bei schlechter Qualität kann die Lebensdauer deutlich reduziert sein. LED-Röhren ohne Kühlung, oftmals als Ersatz für Leuchtstoffröhren verwendet, dürfen nicht im Stall eingesetzt werden. Es besteht erhöhte Brandgefahr.

Zur Bewertung von LED-Strahlern in Milchviehställen wurde vor zwei Jahren ein neuer Stall mit LED-Strahlern und Leuchtstoffröhren ausgerüstet. Der Stall hatte eine Länge von 65 Metern und 26 Metern Breite. Es war ein Außenklimastall mit mittigem Lichtband und Curtains.



Abbildung 1: Blick in einen Milchviehstall mit eingeschalteten LED-Strahlern und Leuchtstoffröhren; rechts ist ein LED Strahler mit 1200 Einzel-LED's zu sehen

Im Stall befanden sich 72 Kuhplätze, 54 Jungvieh- und 30 Kälberplätze. Im Stall befanden sich ein Melkbereich mit automatischem Melksystem und ein Trockensteherbereich. Es wurden 22 LED-Strahler und 20 Leuchtstofflampen im Stall installiert. Die LED-Strahler (Lucid Arena) waren mit 1200 Einzel-LED's ausgestattet. Der Abstrahlwinkel betrug 120°, die Lebensdauer wurde mit rund 50.000 Stunden angegeben. Die Leistungsaufnahme eines Strahlers lag bei 100 Watt. Die LED-Strahler wurden in einer Höhe von 8 Metern an der Decke in 2 Reihen im Abstand von 6 Metern angebracht. Der Abstand zwischen den beiden Reihen betrug 10 Meter. Zusätzlich waren an den Seiten des Stalls Leuchtstoffröhren installiert worden (Abstand zur Seitenwand betrug 3 Meter.) Mittels eines Dämmerungsschalters wurden bei einer Unterschreitung der Beleuchtungsintensität von 150 Lux die Lampen im Stall eingeschaltet und bei Überschreitung dieser Werte die Lampen wiederum ausgeschaltet. Der Lichttag begann um 6:00 Uhr und endete um 18:00 Uhr. Damit wurde in den Herbst-, Winter- u. Frühjahrsmonaten ein Lichttag mit 12 Stunden Licht geschaltet. Nach Ablauf des definierten Lichttages wurde eine Orientierungslampe vor dem automatischen Melksystem eingeschaltet.

Die Beleuchtungsintensität wurde über dem Stallboden horizontal an 80 Messstellen gemessen. Die Messungen wurden zu verschiedenen Tages- bzw. Nachtzeiten und an Tagen mit unterschiedlicher Wetterlage mittels eines neu entwickelten Luxmeters (Firma Ahlborn) durchgeführt.

An Sonnentagen wurde tagsüber eine mittlere Beleuchtungsintensität von über 6000 Lux im Stall gemessen. An Tagen mit bedecktem Himmel wurden mittlere Werte von rund 4000 Lux festgestellt (Tabelle 1).

Durch das mittige Lichtband und die Curtains konnte viel Licht in den Stall gelangen. Während der Dämmerungsphase, wenn die Beleuchtungsintensität die Schwelle 150 LUX unterschritt, wurden alle Lampen im Stall eingeschaltet. In den definierten Stallbereichen lag bei eingeschaltetem Licht die Beleuchtungsintensität im Mittel bei über 100 LUX. Im Bereich des Fressganges und der ersten Liegeboxenreihe wurden Werte von rund 140 LUX festgestellt. Das Licht hatte Tageslichtqualität und die Farbtemperatur lag im Bereich von 6500 Kelvin. Insgesamt wirkten die Stallbereiche bei eingeschalteten LED-Strahlern besonders hell und gleichmäßig ausgeleuchtet. Im Bereich der Trockensteher waren die Lampen zu diesem Zeitpunkt bereits ausgeschaltet und die Beleuchtungsintensität lag bei Werten von rund 10 LUX. Im Wartebereich vor dem automatischen Melksystem war eine Energiesparlampe mit 40 Watt zur Orientierung der Tiere vorhanden, die nach 18:00 Uhr eingeschaltet wurde. Die mittlere Beleuchtungsintensität lag in diesem Bereich bei 8 LUX.

**Tabelle 1: Mittlere Beleuchtungsintensität (Lux) in einzelnen Bereichen eines Milchviehstalles bei LED Beleuchtung**

	gesamter Stall	Milchkühe	Trockensteher	Jungvieh
an Tagen mit bedecktem Himmel	3709.5	4800.6	4180.0	3277.9
nach Sonnenuntergang alle Lampen an	1 06.8	109.7	10.2	110.0

## Schlussfolgerungen

Beim Bau von Ställen sollten verschiedene Aspekte des Lichts und dessen Einfluss auf Fruchtbarkeit, Wachstum, Milchleistung und Wohlbefinden sowie zur Orientierung der Tiere im Stall beachtet werden. Damit die Rinder und der Landwirt alle Einzelheiten im Stall sehen können und zur Wirksamkeit des Lichtes auf biologische Rhythmen sollte dieser so gebaut werden, dass viel Licht während des Tages einfällt. Ein wichtiger Faktor ist, dass auch das Wohlbefinden von Mensch und Tier durch die Beleuchtungsintensität beeinflusst wird. In neuen Ställen wird dies durch ein mittiges Lichtband an der Decke, lichtreflektierende Wände und lichtdurchlässige Curtains erreicht. In alten Anbinde- und Laufställen sind oftmals sehr schlechte Lichtbedingungen vorhanden. Messungen ergaben durchschnittliche Werte von 10 bis 30 Lux. In diesen Ställen sollte auch am Tag Licht eingeschaltet werden, um mindestens 100 Lux zu erreichen. Wichtig ist, dass der Stall gleichmäßig ausgeleuchtet wird und keine Dunkelbereiche vorhanden sind. In der Nacht sollte nur wenig Licht im Stall eingeschaltet werden, da sonst der natürliche Tag-Nacht-Rhythmus gestört wird. Maximal 10 Lux sollten im Bereich von Notbeleuchtungen und von automatischen Melksystemen vorhanden sein. In Ställen mit natürlichem Lichttag (ohne zusätzliche Beleuchtung) wird im Winter zur Verrichtung von Arbeiten und zur Tierkontrolle häufig Licht eingeschaltet. Dies hat einen negativen Einfluss auf die rhythmischen Vorgänge im Organismus (KASUYA et al. 2008). Deshalb ist es notwendig, die Lichtbedingungen auf die Tiere und die Arbeitsabläufe abzustimmen. Ein Kompromiss ist, im Winter mit Hilfe eines Dämmerungsschalters einen Lichttag mit 12 Stunden im Stall zu schalten. Die Beleuchtungsintensität sollte in der Zeit nach dem Sonnenuntergang insbesondere im Liege- und Fressbereich Werte von 150 bis 200 Lux aufweisen. Im Frühjahr, mit länger werdenden Tagen, wird das Licht dann wieder ausgeschaltet. Werden Langtag-Bedingungen geschaltet, sollten die Trockensteher unter Kurztag-Bedingungen gehalten werden, möglichst in einem separaten Stall ohne Zusatzbeleuchtung. Die Kalbungen und damit die Trockensteherzeiten sind aber über das Jahr verteilt. Das Problem ist, dass nur im Winter ein natürlich kurzer Lichttag vorhanden ist und die Rinder nicht in Dunkelställen gehalten werden. Der Effekt eines verkürzten Lichttages während der Trockensteherzeit ist somit nur vom Spätherbst bis zum zeitigen Frühjahr gegeben. Die Haltung der laktierenden Kühe unter Langtag-Bedingungen mit zusätzlicher Beleuchtung und 16 Stunden Lichttag hätte somit nur während dieser Zeit einen Einfluss auf die Milchleistung. Hinzu kommt, dass eine sprunghafte Umstellung von einem 16 Stunden-Lichttag auf einen 8-Stunden-Lichttag eine Belastung für die Tiere darstellt. Aus der Sicht des Verhaltens und der biologischen Rhythmik der Tiere ist eine Haltung mit einem dauerhaften 16-Stunden-Lichttag kritisch zu sehen. LED-Strahler haben eine sehr hohe Lichtausbeute (bei geringem Stromverbrauch) sowie eine lange Lebensdauer und somit geringe Gesamtkosten je Jahr. Das Licht entspricht in der Farbzusammensetzung der Sehleistung der Rinder (Maximum der Sehleistung im Blau-Grün-Bereich). Die Strahler sollten eine Farbtemperatur von 6500 Kelvin aufweisen. LED-Strahler eignen sich besonders als Beleuchtungsquelle in Milchviehställen. Zur Erhöhung der Wirksamkeit sollten die Strahler in einer Höhe von 6 Metern angebracht werden.

## Literatur

- AUCHTUNG, T.L., A.G. RIUS, P.E. KENDALL, T.B. MCFADDEN, and G.E. DAHL (2005): Effects of photoperiod during the dry period on prolactin receptor and milk production of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 88, 121-127.
- BOUISSOU, M.F., A. BOISSY, P. LE NEINDRE and I. VEISSIER (2001): The social behaviour of cattle. In: *Social Behaviour in Farm Animals*. Hrsg.: Keeling L.J. and H.W. Gonyou, CAB International Wallingford, Oxon, New York, 113-145.
- CAMPENHAUSEN, C. (1993): *Die Sinne des Menschen. Einführung in die Psychophysik der Wahrnehmung*. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York.
- CAROLL, J., MURPHEY and C.J., NEITZ, J. (2001): Photopigment basis for dichromatic vision in the horse. *Journal of Vision* 1, 80-87.
- DAHL, G.E., BUCHANAN, B.A. and TUCKER, H.A. (2000): Photoperiodic Effects on Dairy Cattle: A Review – *Journal of Dairy Science* 83, 885-893.
- ECKERT R., D. RANDALL, W. BURGGREN und K. FRENCH (2002): *Tierphysiologie*. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York.
- EIERMANN, U. (1978): *Untersuchungen über die Sehschärfe beim Kalb in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke*. Diss. agr., Hohenheim.
- GRÄF, R. (1977): *Untersuchungen über das Farbsehvermögen des Rindes*. Diss. med. vet., München.
- GRANDIN, T. (1997): The design and construction of facilities for handling cattle. *Livestock Production Science*, 49, 103-119.
- HULSEN, J. (2004): *Kuhsignale. Krankheiten und Störungen früher erkennen*. Verlag Roodbont Zutphen (NL).
- JACOBS, G. H., DEEGAN J.F. and NEITZ, J. (1998): Short Communication: Photopigment basis for dichromatic color vision in cows, goats and sheep – *Visual Neuroscience* 15, 581-584.
- KASUYA, E., KUSHIBIKI, S., YAYOU, K., HODATE, K. and SOUTH, M. (2008) – Light exposure during night suppresses nocturnal increase in growth hormone secretion in Holstein steers. *J. Anim. Sci.* 86, 1799-1807.
- KOLB, E. (1984): *Vom Leben und Verhalten unserer Haustiere*. S. Hirzel Verlag Leipzig.
- LAWSON, T.A. and A.D. KENNEDY (2001): Inhibition of nighttime melatonin secretion in cattle: threshold light intensity for dairy heifers. *Can. J. Anim. Sci.* 81, 153-156.
- LOEFFLER, K. (2002): *Anatomie und Physiologie der Haustiere*. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.
- MORRISSEY, A.D., CAMERON and A.W.N., TILBROOK, A.J. (2008): Artificial lighting during winter increases milk yield in dairy ewes - *Journal of Dairy Science* 91, 4238-4243.
- MUTHURAMALINGAM, P., A.D. KENNEDY and R.J. BERRY (2006): Plasma melatonin and insulin-like growth factor1 responses to dim light at night in dairy heifers. *J. Pineal Res.* 40, 225-229.
- NATHANS, J. (2009): The evolution and physiology of human color vision. *Neuron* 24, 299-312.
- PETERS, R.R., L.T. CHAPIN and H.A. TUCKER (1980): Growth and humoral response of heifers to various photoperiods. *J. Anim. Sci.* 51, 1148-1153.
- REKSEN, O., A. TVERDAL, K.E. BOE and E. ROPSTAD (1999): Effect of photointensity and photoperiod on milk yield and reproductive performance of Norwegian red cattle. *Journal of Dairy Science* 82, 810-816.
- RYBA, N. and R. UHL (1989): In vitro dark adaptation of electrical light responses in the retina from bovine eyes. *Exp. Brain Res.* 74, 618-624.
- WALL, E.H., T.L. AUCHTUNG, G.E. DAHL, S.E. ELLIS, and T.B. MCFADDEN (2005): Exposure to short day photoperiod during the dry period enhances mammary growth in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 88, 1994-2003.