



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Energieeinsparung in der Milchviehhaltung Beleuchtung und Beleuchtungssysteme



LfL-Information

1 Einleitung

In Milchviehställen kommt dem Beleuchtungsmanagement besondere Bedeutung zu, da Beleuchtungsintensität und –dauer wesentlich an der Steuerung von Fortpflanzung und Laktation beteiligt sind und zum Wohlbefinden der Tiere beitragen. Um eine optimale Milch- bzw. Wachstumsleistung zu erzielen, benötigen laktierende Kühe und Jungrinder jedoch andere Lichtbedingungen als trockenstehende Kühe.

Verschiedene Forschungsarbeiten (Peters et al., 1978 und 1981; Marcek und Swanson, 1984; Stanislewski et al., 1985; Evans und Hacker, 1989; Reiter und Koßmann, 2006) kommen zum Ergebnis, dass Milchkühe während Aufzucht und Laktation 10 bis 16 Stunden Licht mit mindestens 100 Lux für eine optimale Leistung benötigen. Vergleicht man die verschiedenen, überwiegend US-amerikanischen Studienergebnisse, erhält man eine durchschnittliche Milchleistungssteigerung von 1,5 bis 2 kg Milch je Tier und Tag. Ob diese Milchleistungssteigerung allerdings nur dem Beleuchtungsregime zuzuordnen ist, bleibt fraglich. Außerdem kann bis dato nicht ausgeschlossen werden, dass dauerhafte Langtagbedingungen auch negative Auswirkungen auf die Tiergesundheit haben können. In der Trockenstehzeit benötigen Milchkühe laut diesen Studien dagegen Kurztage mit lediglich 8 Stunden Licht und 16 Stunden Dunkelheit.

Entscheidet sich der Landwirt für eine Erhöhung der Beleuchtungsstärke auf über 100 Lux, kann er dies in der Praxis nur durch den Einsatz moderner Beleuchtungstechnik herstellen.

Im folgenden Kapitel soll daher der allgemeine **Stand der Technik** vorgestellt, sowie kurz auf die Vor- und Nachteile der verschiedenen Lampen eingegangen werden. Um eine näherungsweise Abschätzung der durch unterschiedliche Beleuchtungsvarianten entstehenden Investitions- und Betriebskosten zu ermöglichen, wurden eigene Berechnungen angestellt, die in **Kapitel 3 Stromeinsparung und Rentabilität** abgedruckt sind.



Abb. 1: Milchviehlaufstall mit LED-Beleuchtung

2 Stand der Technik

In der Vergangenheit wurden Milchviehställe in der Regel mit Leuchtstoffröhren ausgestattet. Mit diesen wurde eine Beleuchtungsstärke von 50 Lux erreicht. Bisher gibt es zwar keine gesetzlichen Vorschriften zur erforderlichen Beleuchtungsintensität, während Aufzucht und Laktation sollten aber wenigstens 80 Lux angestrebt werden.

Um dieses Ziel zu erreichen, sowie aus Gründen der Energieeinsparung bietet es sich an, effizientere Lichtquellen einzusetzen: Natrium- oder Halogenmetалldampflampen sowie LED-Strahler. Leuchtstoffröhren werden mittlerweile fast nur noch im Betriebsleiterbüro oder im Melkstand eingesetzt. Ihre Lichtausbeute wird durch ungünstige Umgebungsbedingungen wie z.B. Kälte und Staub negativ beeinflusst. Außerdem haben sie einen vergleichsweise schlechten Wirkungsgrad und eine kürzere Lebensdauer als Metалldampflampen und LED-Strahler. Leuchtstoffröhren verursachen daher höhere Betriebs-, Wartungs- und Anschaffungskosten, da für eine ausreichende Beleuchtungsintensität im Stall sehr viele Lampen eingesetzt werden müssen.



Abb. 2: Halogenmetалldampflampen: links älteres Modell, rechts neueres Modell

Metалldampflampen

Bei *Metалldampflampen* handelt es sich um sog. Gasentladungslampen, in denen Elektronen durch den angelegten Strom zur Ionisation gebracht werden. Bei der folgenden elektrischen Entladung wird Licht abgegeben. Abhängig vom Druck in der Lampe und dem verwendeten Element entstehen charakteristische Spektren.

Natriumdampflampen haben einen hohen Wirkungsgrad, da die Gasentladung in ihrem Inneren bereits sichtbares, jedoch zunächst nahezu einfarbiges Licht erzeugt, so dass kein zusätzliches Leuchtmittel wie in den Leuchtstoffröhren benötigt wird. Für die Stallbeleuchtung kommen aufgrund ihres etwas angenehmeren Lichtspektrums Hochdrucklampen zum Einsatz, deren Farbwiedergabe aber trotzdem im Vergleich zu Halogenmetалldampflampen schlechter ist. Allerdings besitzen sie eine längere Lebensdauer als diese – es kann mit mindestens 30.000 Betriebsstunden gerechnet werden. In Gegensatz zu Leuchtstoffröhren weisen sie eine deutlich höhere Energieausbeute auf. Daher können bei vergleichbarer Beleuch-

tungsstärke deutlich weniger Lampen mit geringerem Stromverbrauch und niedrigeren Wartungskosten eingesetzt werden. Wie in den weiter unten vorgestellten Wirtschaftlichkeitsberechnungen zu sehen, fällt der höhere Anschaffungspreis (ca. 300 bis 340 € pro Beleuchtungsarmatur mit 250 Watt-Birne) daher nicht ins Gewicht. Der Betrieb mit einem elektronischen Vorschaltgerät ermöglicht eine Steuerung der Lichtintensität und Verbesserung der Lichtausbeute.

Halogenmetaldampflampen besitzen grundsätzlich dieselbe Funktionsweise wie Natriumdampflampen, sind aber außer mit Metallen zusätzlich noch mit Halogenen gefüllt. Sie weisen eine deutlich bessere Farbwiedergabe als herkömmliche Natriumdampflampen auf und haben laut Herstellerangaben Lichtausbeuten von 110 Lumen/Watt und höher. In Kombination mit einem elektronischen Vorschaltgerät lässt sich ihre vergleichsweise kürzere Lebensdauer auf 30.000 Betriebsstunden verlängern. Ihr Anschaffungspreis liegt über dem einer vergleichbaren Natriumdampflampe (ca. 340 bis 380 € pro Beleuchtungsarmatur mit 250 Watt-Birne excl. Vorschaltgerät). Außerdem müssen mehr Leuchten eingeplant werden als beim Einsatz von Natriumdampflampen, um eine vergleichbare Beleuchtungsstärke zu erzielen. Dies führt zu vergleichsweise höheren Anschaffungs- und Austauschkosten.

LED-Strahler

In *LED-Strahlern* werden viele einzelne Leuchtdioden zu einer Leuchte zusammengesetzt. Bei Leuchtdioden (LED`s) handelt es sich um Bauelemente aus Halbleitern, die in Abhängigkeit vom eingesetzten Halbleitermaterial und zusätzlich eingebrachter Fremdatome (sog. „Dotierung“) unter Strom Licht spezieller Bandbreite aussenden. Um weißes Licht zu erzielen, müssen verschiedenfarbige LED`s kombiniert oder das Licht blauer LED`s mittels fluoreszierendem Leuchtmittel teilweise in gelbes Licht umgewandelt werden.



Abb. 3: LED-Strahler

Aufgrund des technisch aufwändigeren Baus sind LED-Strahler deutlich teurer als andere Stalllampen. Bei einer Hallenleuchte mit 100 Watt Leistung muss mit einem Anschaffungspreis von etwa 720 bis 800 Euro gerechnet werden, bei einer Leistung von 250 Watt sind es rund 1.200 €. Andererseits weisen LED-Strahler eine sehr lange Lebensdauer auf (60.000 Betriebsstunden und mehr) und verursachen den geringsten Stromverbrauch aller beschrie-

benen Beleuchtungsvarianten. Es sind weniger LED-Strahler als Halogenmetalllampen oder gar Leuchtstoffröhren notwendig, um eine Beleuchtung vergleichbarer Beleuchtungsstärke zu realisieren. In diesem Punkt kommen sie zwar noch nicht an vergleichbare Natriumdampflampen heran, allerdings lassen sich mit LED's je nach Anwendungsfall unterschiedlichste Lichtspektren erzeugen. Von Nachteil ist bis dato, dass sie spezielle Vorschaltgeräte und einen Kühlkörper mit zusätzlichem Platzbedarf benötigen. Auch in technischer Hinsicht sind noch einige Weiterentwicklungen nötig, um den Einsatz in Tierställen zu optimieren und ihre Anschaffung kostengünstiger machen zu können.

Es gibt auch Beleuchtungssysteme, die Metallampfen und LED's in einer Lampe kombinieren. Diese sind in der Anschaffung deutlich günstiger als reine LED-Strahler.

Neben dem Einsatz verschiedener Beleuchtungstechniken wird die Tageslichteinstrahlung von außen in modernen Milchviehlaufställen durch Lichtbänder an den Stallseiten und Lichtplatten auf dem Dach und an den Giebelseiten unterstützt. Es sollte allerdings beachtet werden, dass Anordnung und Anzahl der Lichtplatten entscheidenden Einfluss auf Stalltemperatur und -klima nehmen können. Durch Lichtreflexion aufgrund einer hellen Stalldecke lässt sich die Tageslichtausbeute erheblich steigern. Auf diese Weise kann v.a. im Sommer Strom für künstliche Beleuchtung eingespart werden.

3 Stromeinsparung und Rentabilität

An dieser Stelle werden zunächst einige für die Beurteilung der verschiedenen Beleuchtungssysteme wichtige physikalische Begriffe erläutert, bevor auf den sich anschließenden Kostenvergleich verschiedener Beleuchtungssysteme und –stärken eingegangen wird.

Unter dem **Lichtstrom** [lumen, lm] versteht man die Lichtleistung, die pro Zeiteinheit von einer Lichtquelle an ihre Umgebung abgegeben wird. Sie berücksichtigt dabei die unterschiedliche Lichtempfindlichkeit des menschlichen Auges für verschiedene Wellenlängen.



Abb. 4: Darstellung des Lichtstroms [lumen]

Die **Lichtstärke** [candela, cd] = [lm/steradian, sr] hingegen bezeichnet den Lichtstrom, der in einen bestimmten Raumwinkel abgestrahlt wird.

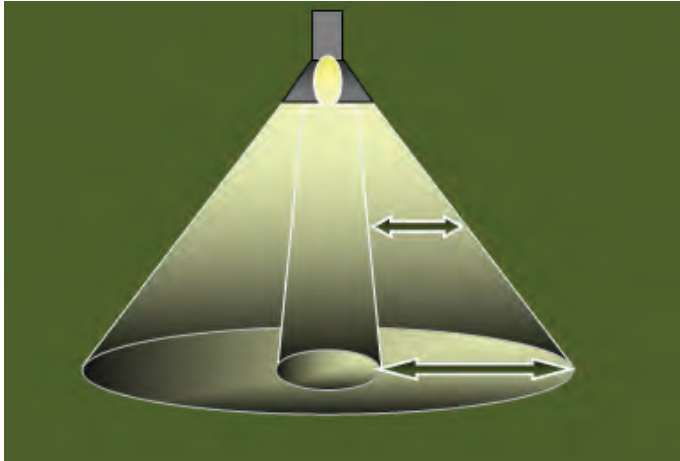


Abb. 5: Darstellung der Lichtstärke [candela]

Mit der **Beleuchtungsstärke** [lux, lx] = [lm/m²] wird die Lichtstärke bezogen auf eine bestimmte, angestrahlte Fläche gemessen.

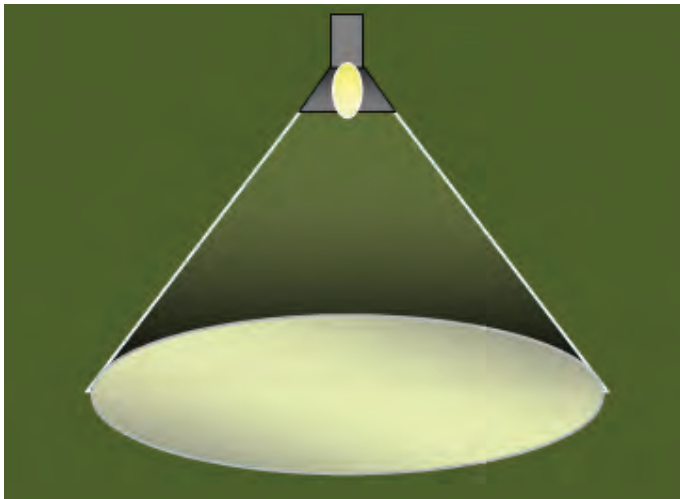


Abb. 6: Darstellung der Beleuchtungsstärke [lux]

Die sog. **Leuchtdichte** [cd/m²] = [lm/sr m²] liefert ein Maß für die vom menschlichen Auge wahrgenommene Helligkeit einer Fläche, auf die Licht in einem bestimmten Winkel auftrifft.

Die **Lichtausbeute** [lm/Watt] beschreibt den von einer Lampe abgegebenen Lichtstrom bezogen auf die von ihr aufgenommene elektrische Leistung.

In *Tabelle 1 Kostenvergleich Beleuchtung* wurde ein Kostenvergleich für verschiedene Beleuchtungsvarianten und Beleuchtungsstärken von 80 und 150 bis 180 Lux vorgenommen. Es wurde von einem Tierbesatz von 160 Milchkühen ausgegangen. In der Berechnung wurden nur Leuchtstofflampen mit elektronischem Vorschaltgeräten berücksichtigt. Diese weisen eine um bis zu 50 Prozent höhere Lichtausbeute als Leuchtstofflampen mit konventionellem Vorschaltgerät aus. Beleuchtungsstärken von 150 Lux und mehr lassen sich in einem Stallgebäude mit Leuchtstofflampen nicht erreichen. Aufgrund der deutlich höheren Licht-

ausbeute benötigt man für rund 80 Lux deutlich weniger Metalldampflampen bzw. LED-Strahler als Leuchtstofflampen.

Von allen drei Vergleichsvarianten - Natriumdampf- und Halogenmetalldampflampen sowie LED-Strahler – besitzen Natriumdampflampen zwar die größte Lichtausbeute [lumen/Watt], aufgrund größerer Installationshöhen und vergleichsweise kleinerem Abstrahlwinkel ist die pro Stallfläche zu installierende elektrische Leistung [Watt/m²] aber höher als bei LED-Strahlern. Teilweise wird dieser Investitionsvorteil der Natriumdampflampen gegenüber den LED-Strahlern durch die höhere zu installierende Leistung und die im Berechnungsbeispiel mit 10 Prozent angenommenen Entsorgungskosten kompensiert. Hinsichtlich Langlebigkeit und Stromverbrauch ist die Beleuchtung mit LED's allen anderen Varianten überlegen. Je höher die jährliche Betriebsstundenzahl ist, umso stärker rückt dieser Vorteil ins Blickfeld. Außerdem sollte man gerade bei Stallneubauten die künftige Strompreisentwicklung im Auge behalten.

Tab. 1: Kostenvergleich Beleuchtung

Kostenvergleich Beleuchtung (160 Milchkühe)							
	Beleuchtungsstärke 80 Lux				Beleuchtungsstärke 150 - 180 Lux		
	Leuchtstofflampen	Natriumdampflampen**	Halogenmetall-dampflampen	LED-Strahler	Natriumdampflampen**	Halogenmetall-dampflampen	LED-Strahler
el. Anschlusswert [W]	60	250	250	100	400	400	100
Lichtausbeute [lm/W]	85	140	110	110	140	110	100
Install. Leistung [W/m ²]*	3,2	1,9	2,2	1,2	4,0	4,4	1,6
Betriebsstunden [h]	20.000	30.000	30.000	60.000	30.000	30.000	60.000
Anzahl	96	14	16	22	18	20	28
Laufzeit [h/Jahr]	900	900	900	900	1800	1800	1800
Jahresstromverbrauch [kWh]	5.184	3.150	3.600	1.980	12.960	14.400	5.040
Stromkosten [€] bei 0,2 €/kWh	1.037	630	720	396	2.592	2.880	1.008
Invest.kosten/ Lampe [€]	200	320	360	720	400	420	720
jährl. Wartungskosten [€]	864	148	173	238	472	504	605
Gesamtkosten [€]	1.901	764	893	634	3.064	3.384	1.613

Quellen: Heidenreich, Th. und Reiter, K. Beiträge im Tagungsband der LfL, 2012; Firmenangaben; eigene Berechnungen

* Einflussfaktoren auf die benötigte installierte Leistung sind neben der Lichtausbeute, Lichtstärke und Lichtdichte der Leuchtkörper, sowie die Reflektionsgrade der Gebäudehülle.

** Entsorgungskosten: ca. 10 % der Investitionskosten)

4 Fazit

Um in Milchviehställen praxisübliche Beleuchtungsstärken von 80 Lux zu erzeugen, kommen neben Leuchtstoffröhren und Metalldampflampen unterschiedlicher Bauart auch zunehmend LED-Strahler zum Einsatz. Diese haben gegenüber herkömmlichen Leuchtstoffröhren Vorteile hinsichtlich Lebensdauer, Stromverbrauch und Lichtausbeute. Angesichts vermutlich weiter steigender Strompreise ist eine Investition in stromsparende Beleuchtungstechnik zu überdenken, zumal die höheren Anschaffungskosten bereits durch eine geringere Lampenzahl kompensiert werden kann.

Moderne LED-Strahler sind heute bereits ähnlich energieeffizient wie Natriumdampflampen, hinsichtlich Lebensdauer und Spektralbreite sind sie sogar allen anderen gängigen Beleuchtungsvarianten überlegen. Ihr künftiger wirtschaftlicher Erfolg dürfte aber wesentlich von technischen Weiterentwicklungen und sinkenden Anschaffungspreisen abhängen.

Literatur:

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.) (2012): Tagungsband zur Tagung „Licht und Lichtprogramme in der Rinderhaltung“, Grub.

Neser, S., Neiber, J., 2012: Vortrag in Erdweg bei Dachau „Milchviehhaltung aktuell, Energieverbrauchsbereiche und Energieeinsparung“, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, LfL Freising.

Radner, C. (2012): Wirtschaftlichkeitsberechnung für LED-Hallenbeleuchtung im Internet unter http://www.sunpower-led.com/download/Wirtschaft_Halle.pdf, Roitham.

Reiter, K. und Koßmann, A. (2006): Bestimmung der Beleuchtungsintensität und Beleuchtungsdauer in Milchviehställen, veröffentlicht im Internet unter <http://www.lfl.bayern.de/ith/forschung/07638/>, LfL Freising.

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 36, 85356 Freising-Weihenstephan
E-Mail: TierundTechnik@LfL.bayern.de
Telefon: 08161/71-3450

Text: Bonkoß, K.; Neiber, S.; Neser, S

1. Auflage: September 2012

Druck: Druckerei Lerchl, 85354 Freising

Schutzgebühr: 1,00 Euro

© LfL