Lichtkonzepte im Stall für das Wohlbefinden von Rind und Mensch

Onlineseminar am 17.02.2021 „Wie sieht die Kuh die Welt?“

Hans-Jochim Rohweder
Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp
Tel. 04381-9009-64, hjrohweder@lksh.de

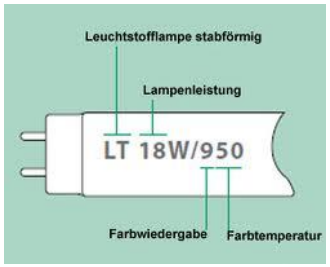
Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Begriffe aus der Welt des Lichts

- Lampe:
  - wandelt elektrische Energie in Licht um
- Leistungsaufnahme: Watt (W)
  - für Lampe und Vorschaltgerätes die Gesamtleistungsaufnahme.
    58 W T8 Leuchtstoffröhre VVG (150er) 65 – 85 W

- Lichtstrom: Lumen (lm)
  - ist die abgestrahlte Lichtleistung einer Lampe im sichtbaren Bereich.
- Lichtausbeute: Lumen/Watt = lm/W
  - Ist das Verhältnis des Lichtstroms zur elektrischen Leistungsaufnahme
- Farbwiedergabe: Farbwiedergabeindex (Ra)
  - Gibt die Qualität Farbwiedergabe an: Sonnenlicht=100 Ra

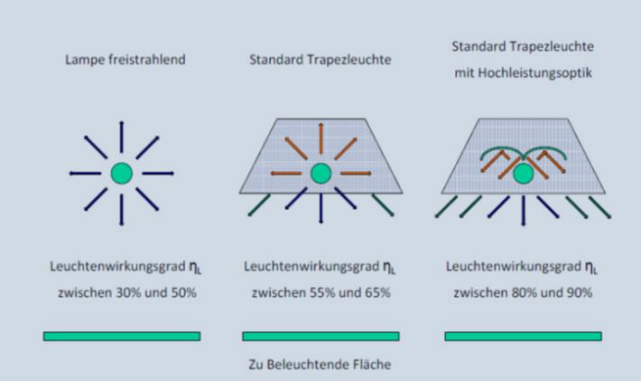
- Beleuchtungsstärke: Lux (lx)
  - gibt an, wie viel Licht auf einer bestimmten Fläche auftrifft.
- Lichtfarbe: Kelvin (K)
  - Warmweiß (ww) < 3.300 K
  - Neutralweiß (nw) 3.300-5.300 K
  - Tageslichtweiß (tw) > 5.300 K

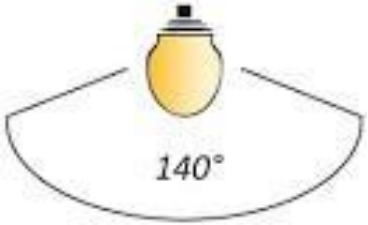


Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Begriffe aus der Welt des Lichts

- Leuchtenwirkungsgrad:
  - Verhältnis: Lichtstrom der Leuchte zum Lichtstrom der eingesetzten Lampe





- Wartungsfaktor (MF)
  - Lampenlebensdauerfaktor (LSF), Lampenausfall im Laufe der Nutzungsdauer
  - Lampenlichtstrom-Wartungsfaktor (LLMF), Abnahme des Lampenlichtstroms
  - Leuchtenwartungsfaktor (LMF), Einfluss der Verschmutzung der Leuchte
  - Oberflächen-Wartungsfaktor (RSMF), den Rückgang des Reflexionsgrades
- Schutzart
  - 1. Kennziffer - Staub: 0 = nicht geschützt; 6 = staubdicht
  - 2. Kennziffer - Wasser:0 = kein Schutz; 8 = Unterwasserbetrieb
  - IP65 = Staubdicht und gegen starken Wasserstrahl resistent.
- DALI
  - Digital Addressable Lighting Interface – ist der neue herstellerübergreifende Schnittstellenstandard für dimmbare elektronische Betriebsgeräte

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Licht im Rinderstall – gesetzliche Vorgaben

Richtwerte für Beleuchtungsstärken, ASR A3.4 und DIN EN 12464-1

- 50 lx Verkehrsflächen ohne Fahrzeugverkehr
- 100 lx Lager- und Maschinenräume, Treppen, Absätze, Stufen
- 150 lx Verkehrsflächen und Flure mit Fahrzeugverkehr
- 200 lx Melkstände, Behandlungsstände, Sozialräume
- 200 lx Beschicken und Bedienen von Fördereinrichtungen und Maschinen
- 300 bis 500 lx Büro

Richtwerte für Beleuchtungsstärken (Tierschutz-Nutztierhaltungs-VO

- 80 lx täglich für mindestens zehn Stunden im Aufenthaltsbereich der Kälber und dem Tagesrhythmus angeglichen
- 80 lx täglich für mindestens acht Stunden im Aufenthaltsbereich der Schweine und dem Tagesrhythmus angeglichen

Weitere empfohlene Beleuchtungsstärken

- 80 bis 200 lx Aufenthaltsbereich für Milchvieh
- 500 bis 1000 lx am Tier bei Melkarbeit, Klauenpflege, Tierbehandlung
- 200 bis 300 lx Werkstatt

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Licht im Rinderstall – Lichtwirkung

- Steuert die Melatoninproduktion: Schlaf – Wachrhythmus, Immunsystem
- Positiver Einfluss auf Wachstumshormone, Wachstumsfaktor IGF 1
- Positiver Einfluss auf Milchbildungshormone
- Positiver Einfluss auf die Fruchtbarkeit

Hohe biologische Wirksamkeit!

Lichtprogramm im Stall:

- Erhöhte Milchleistung bis 2,5 kg Tag*
- Erhöhte Futteraufnahme
  - Beleuchtungsstärke 150 (- 200) lx
  - 16 Stunden Licht
  - Tageslichtweiß > 5300 K
  - 8 – stündige Dunkelphase >1 lx
- Trockensteher umgekehrt, 8 h Licht, 80 Lux, für Gesundheit und Immunsystem, Lichtfarbe neutralweiß
- bessere Entwicklung bei Kälber und Jungtiere mit 16 h Licht

* Dahl Uni. Illinios

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Licht im Rinderstall - Tageslicht

Tierkomfort und Arbeitskomfort

- Tageslicht nutzen, aber Strahlungswärme vermeiden
- Lichtreflektion durch helle Bauteile
- Wenn Lichtplatten dann lichtstreuend

?

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Licht im Rinderstall - Ausleuchtung

gleichmäßige Ausleuchtung des Stalles und der Treibwege

Grundintensität für Arbeitssicherheit und -komfort

Gleichmäßigkeit, spektrale Zusammensetzung und Lichtdauer für das Tier

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Licht im Rinderstall - Ausleuchtung

Gleichmäßiges Ausleuchten von Stall und Arbeitsplatz:

- Rinder können sich nur langsam an Hell-Dunkel-Unterschiede anpassen (z. B. Sonnenlicht – dunkler Stall)
- DIN EN 12464-1 und ASR 3.4 sieht eine Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke von 0,4 vor

Formel: $$\frac{\text{Minimale Beleuchtungsstärke } 60\ \text{lx}}{\text{Durchschnittliche Beleuchtungsstärke } 150\ \text{lx}} = \mathbf{0{,}4}$$

- Bei einer durchschnittlichen Beleuchtungsstärke von 150 Lux sollte der niedrigste Wert also 60 Lux nicht unterschreiten.
- Zusätzlich gleiche Lichtfarbe im Aufenthaltsbereich

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Licht im Rinderstall - Lichtflimmern

Das Lichtflimmern (Wiki) beschreibt Schwankungen in der Helligkeit eines elektrisch betriebenen Leuchtmittels die durch den Wechselanteil des elektrischen Stroms verursacht werden, der durch das Leuchtelement des Leuchtmittels fließt (Siehe: der Lichtpeter).

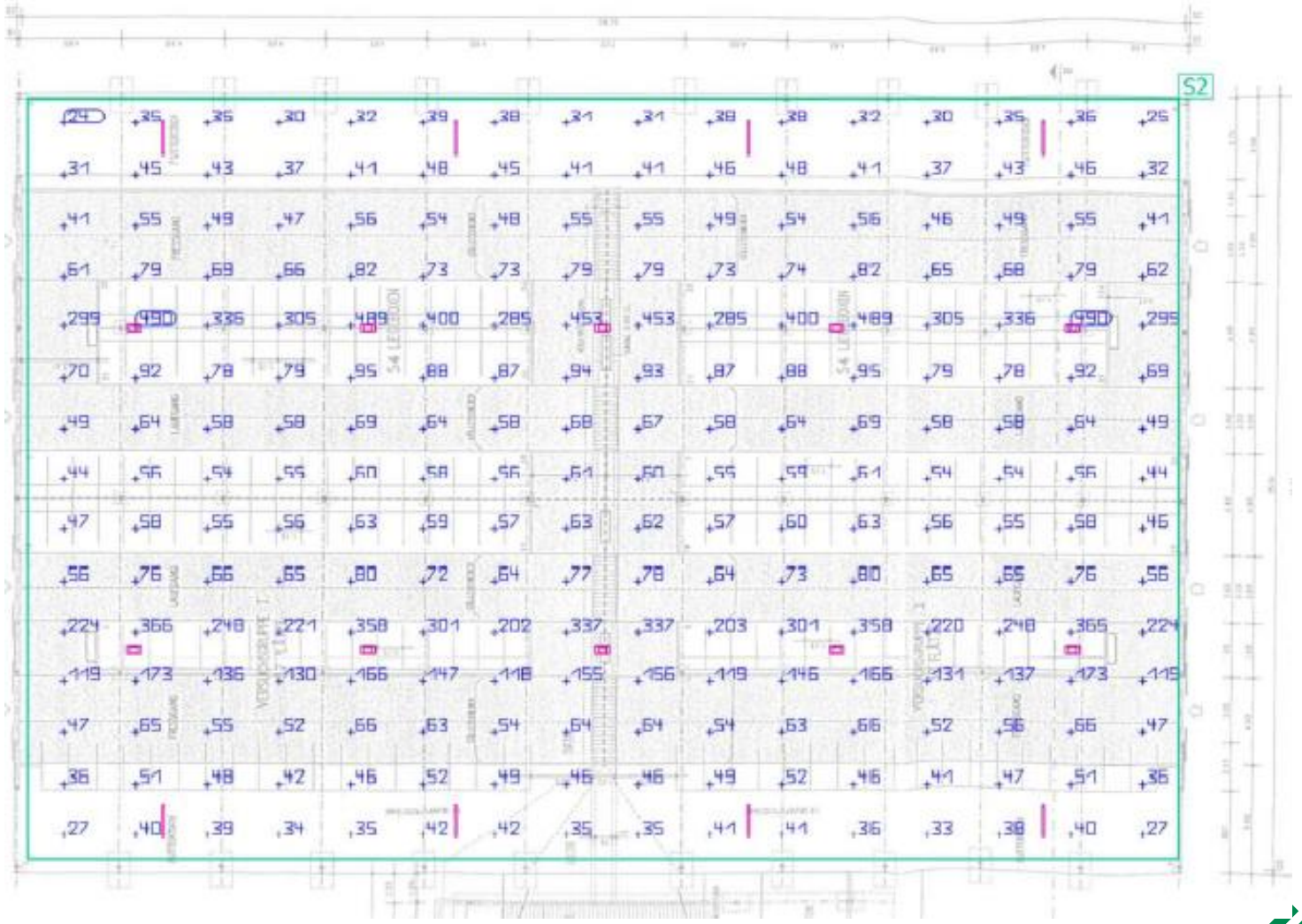
Video

- stroboskopischen Effekt
- Rinder verfügen über ein sehr gutes Bewegungssehen (60 Bilder/sec.)
- Lichtflimmern belastet das Nervensystem
- Es besteht ein falsche Wahrnehmung rotierender oder sich hin und her bewegender Maschinenteile – Unfallgefahr
- Anhängig von der Art und Qualität des Netzteils
- Maßeinheit für das Lichtflimmern ist der Kompaktflimmergrad CFD
- Eine einheitliche Norm ist für 2021 geplant
- Genaue Messmethode ist nicht selbst durchführbar
- Einfache Messung mit rotierenden Stab in Blick und Lichtrichtung oder Handykamera

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Licht im Rinderstall – Ist-Situation

Milchviehstall, Baujahr 2003, 10 HS-Lampen, 8 Leuchtstofflampen



Natriumdampf-Hochdrucklampen – Zeit- und Dämmerungs-gesteuert:

- Gute Lichtausbeute?
- Beleuchtungsstärke 100 lx (statt 150 lx)
- Gleichmäßigkeit 0,2 Licht erreicht nicht das Auge
- Monochromat gelbes Licht, 2500 K?
- schlechte Farb-widergabe Ra:< 40
- Lange Anlauf- und Abkühlungsphase
- Nicht für hohe Schaltzyklen

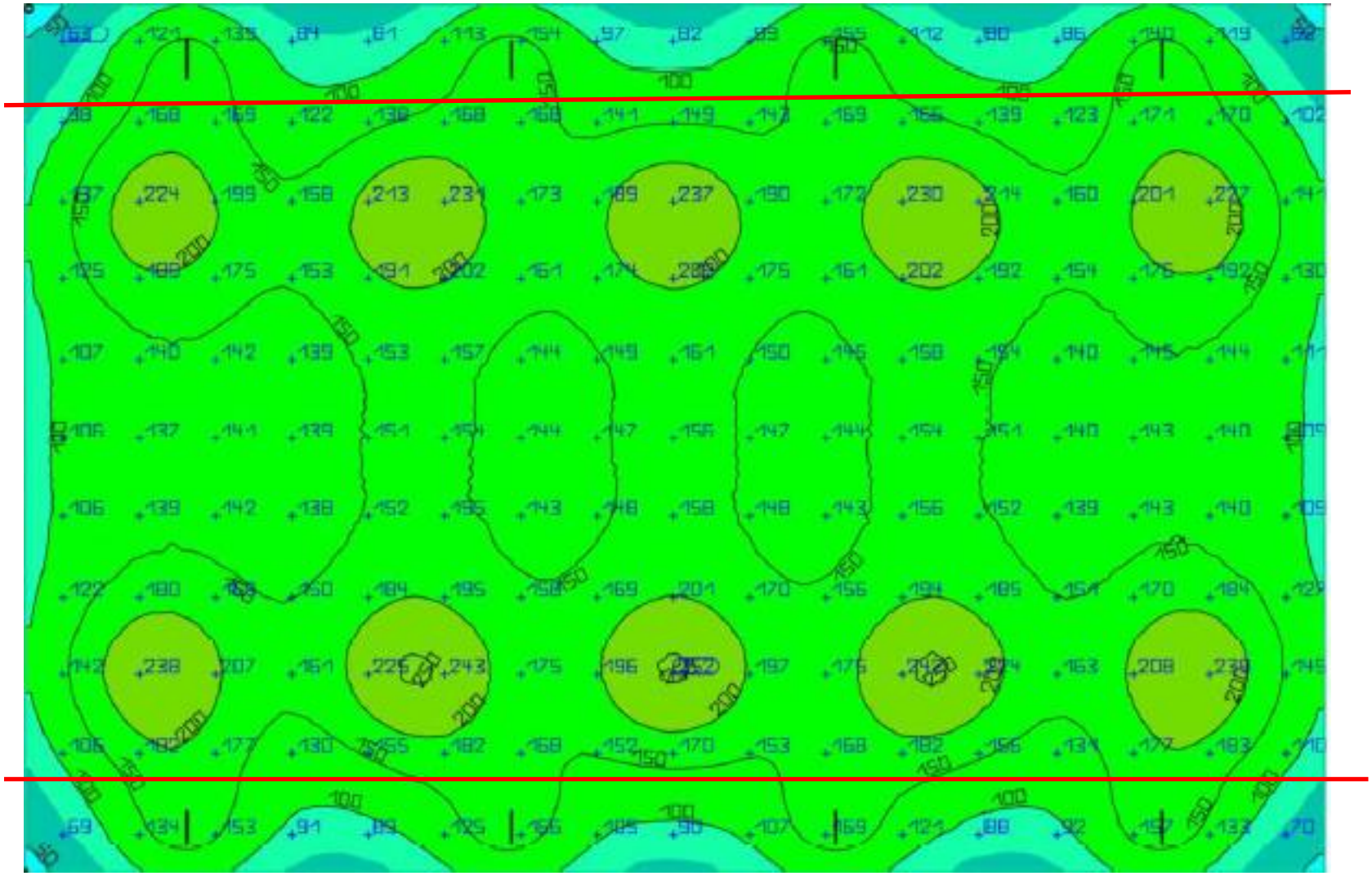
Fazit:

- Gute Straßenbeleuchtung

97 Lux (geringe Gleichmäßigkeit, g= 0,2)

Landwirtschafts-kammer Schleswig-Holstein

Licht im Rinderstall - Planungsansätze

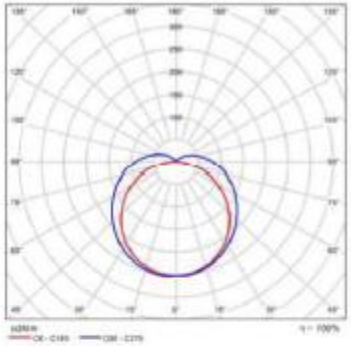


164 Lux (hohe Gleichmäßigkeit g_1=0.43)

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Licht im Rinderstall – Beleuchtungssystem 1

Infinitus AgrarLux2-1500/60W DALI



Polare LVK

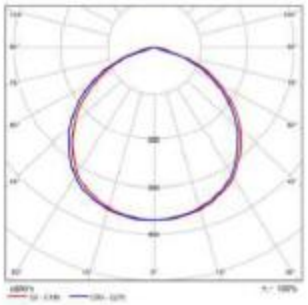
- homogenes, blendfreies Licht
- Ammoniakbeständig
- leicht zu reinigen - Dampfstrahler geeignet (IP69K)
- Schlagfest und bruchsicher (IK10)
- beständig gegen die gängigsten Reinigungs- und Desinfektionsmittel
- Material Edelstahl und PMMA
- DALI LED-Treiber, digital, stufenlos dimmbar
- einfache Montage (Decke oder abgehängt am Stahlseil)
- einfach zu verkabeln (Klemm-Anschluß)
- zur Linie durchverkabelbar
- 5 Jahre Garantie

P	56.7 W
Φ_{Lampe}	8377 lm
$\Phi_{Leuchte}$	8379 lm
η	100.02 %
Lichtausbeute	147.8 lm/W
CCT	6000 K
CRI	80

LED Röhrenleuchte, perfekt für nahezu alle Stallanwendungen und Höhen bis max. 4 Meter

Licht im Rinderstall – Beleuchtungssystem 1

Infinitus AgrarSkybay 150W/6000 DALI



Polare LVK

- Ammoniakbeständig
- strahlwassergeschützt und staubdicht (IP65)
- mit D-Kennzeichen gem. DIN EN60598-2-24, dadurch geeignet für Bereiche, die durch brennbare Stäube oder Fasern feuergefährdet sind (Heulager, Futtermittel etc.)
- energieeffiziente LED-Chips von Philips mit hoher Lichtausbeute
- vergilbungsfreie Glaslinse und Gehäuse mit Anti-Korrosionsbeschichtung
- DALI LED-Treiber, digital, stufenlos dimmbar
- mit Ringöse und Befestigungsbügel für Wand- oder Deckenmontage
- 5 Jahre Garantie

P	153.8 W
Φ_{Lampe}	20905 lm
$\Phi_{Leuchte}$	20953 lm
η	100.23 %
Lichtausbeute	136.2 lm/W
CCT	6000 K
CRI	80

UFO LED Hallenstrahler ideal für die Ausleuchtung von Ställen und Reithallen und Montagehöhen von 4-12 Meter

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Licht im Rinderstall – Beleuchtungssystem 1

ITG-LED Beleuchtungssteuerung ITG AFDD 8/64 wDALI

Lichtsensor (IP65)

Für die Steuerung der Leuchten und der Versorgung von Sensoren und Schaltern ist eine 2-adrige Steuerleitung notwendig. Bei der digitalen Steuerung durch DALI darf diese Leitung zusammen mit dem Stromkabel (L,N,PE) verlegt werden, (z.B. im Kabel NYM-J 5x2.5mm²)

Licht im Rinderstall - Planungsansätze

Vorteile neuer Lichttechnik im Stall:

- Automatisch geregelte Beleuchtungsdauer (4:00 bis 20:00 Uhr)
- Vorhandenes Tageslicht berücksichtigen
- Dimmen der Leuchten von 0 – 100 % Leistung erfolgt nach vorhandenem Tageslicht auf konstante Beleuchtungsstärke (>150 lx)
- Gleichmäßige Ausleuchtung (g = 0,43)
- Kein Lichtflimmern
- simulierter Sonnenaufgang und Sonnenuntergang
- Leuchten einzeln ansteuern und gruppieren
- Steuerung nach den unterschiedlichen Lichtbedürfnissen der Gruppen im Stall
- Lichtfarbe 6000 K, hoher Blauanteil für gutes Sehen und hormonelle Wirkung
- Farbwiedergabe > 80 Ra für gutes Sehen des Menschen
- Stromkosteneinsparung durch: effiziente Beleuchtung (140 lm/W)
  angepasste Beleuchtung (dimmen)

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Licht im Rinderstall – Beleuchtungssy[illegible]em 2

DeLaval LED Stalllampen – speziell für den Rinderstal[illegible]

- Weißes Licht für den Tag – für die optimale Sicht d[illegible]andwirtes
- Blaues Licht für den Tag – für die optimale Sich[illegible] Kuh
- Weißes Nachtlicht – für die Arbeitssicherheit [illegible]andwirtes
- Rinder nehmen Licht mit der Wellenlänge [illegible]nm) am hellsten wahr (blaues Licht)
- Melatoninunterdrückung ist bei dies[illegible]ellenlänge am höchsten
- Dafür reichen 100-120 Lux im Ri[illegible]bereich
- Leuchtstärke wird automatisch [illegible]sprechend des Tageslichts angepasst
- Stromeinsparung
- Gleichmäßige Lichtvertei[illegible] auf dem Boden erreicht
- Schutzart IP64

Leider nicht mehr im Handel!

Leider nicht mehr im Handel!

Daten	CL60[illegible]	CL9000
Max. Installationshöhe	6[illegible]	9 m
Leistung bei 100%	[illegible]W	150 W
Lichtstrom (Lumen)	[illegible]0789 lm	14105 lm
Lichtausbeute	87 lm/W	94 lm/W
Farbtemperatu[illegible]	10063 K	8750 K
Farbwieder[illegible]ex	Ra > 60	Ra > 80
LED T[illegible] (Kuhlicht)	3 weiß + 10 blau	3 weiß + 10 blau
LED Treiber 2	39 weiß (dimmbar)	52 weiß (dimmbar)
Abstrahlwinkel	130°	123°

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Licht im Rinderstall – Beleuchtungssystem 3

Agrilight Stalllampen – speziell für den Rinderstall

- Milchkühe machen keinen Unterschied zwischen Natriumdampf-Hochdrucklampen und Halogen-Metalldampflampen?
- Rotes Licht für die Nachtkontrollrunden im Stall
- Lichtstärke von minimal 150 Lux
- vollautomatisches Steuerungssystem digitaler Lichtsensor
- Lampen strahlen bis zu 24 Meter breit
- Schutzart IP65

	AGRILED® 3 pro red	AGRILED® 3 pro
Lumen output (wall plug)	35.600 Lm	35.600 Lm
Wattage Bruto (wall plug)	240 W	240 W
Total W (LEDs)	228 W	228 W
Lm/W (LEDs)	156 Lm/W	156 Lm/W
Integriertes rotlicht	✓	
Gewicht	Ca. 8,3kg	Ca. 8,3kg
Lebensdauer	100.000 Stunden	100.000 Stunden
Garantie	5 Jahre	5 Jahre

	AGRILED® pro 32
Lumen output *	36.000 Lumen
Leistung *	250 Watt
Lumen/Watt *	144 Lm/W
Lichtfarbe	Neutral Weiß
Integrierte rote LED's	Ja
Dimmbar	Ja
Lebensdauer lichtquelle	60.000 Stunden
NH3 (Ammonia) beständig	> 20 ppm

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Stallleuchten, Werkstatt

Leuchtstofflampen
5200 lm

LED Leuchtstoffersatz
3500/4200 lm

Für Tierbewertung und -kontrolle ist eine gute Beleuchtung notwendig

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

LED als Leuchtstofflampenersatz

Leuchtmittel	58 W "einfach" 640 VVG		58 W, 840 EVG,		Qualitäts - LED komplett		Qualitätäs - LED - Lampe	
Lichtfarbe K / Farbwiedergabe Ra	4000	60 - 69	4000	80 -89	4000	>83	4000	>83
Lumen je Leuchte / Wirkungsgrad	4500		5200		3850		3850	
Anzahl Leuchten für gleiche Lichtleistung	10,0		10,0		10,0		10,0	
Lumen / lampe	4500		5200		3850		3850	
Anzahl / Lampen	10,0		10,0		10,0		10,0	
Stromverbrauch Lampe einzeln/gesamt	70	700	58	580	24	240	24	240
Lumen je Watt	**64**		**90**		**160**		**160**	
Jahresverbrauch bei 500 h kW / €	350	101,50	290	84,10	120	34,80	120	34,80
Jahresverbrauch bei 1000 h kW / €	700	203,00	580	168,20	240	69,60	240	69,60
Jahresverbrauch bei 2000 h kW / €	1400	406,00	1160	336,40	480	139,20	480	139,20
Jahresverbrauch bei 3000 h kW / €	2100	609,00	1740	504,60	720	208,80	720	208,80
Jahresverbrauch bei 4000 h kW / €	2800	812,00	2320	672,80	960	278,40	960	278,40
Investitionsk. Leuchte einzeln/gesamt €	0,00	0,00	0,00	0,00	18,00	180,00	0,00	0,00
Jahreskosten Leuchte % €	12,0	0,00	12,0	0,00	12,0	21,60	12,0	0,00
Investitionskosten Lampen €	4,00	40,00	5,00	50,00	32,00	320,00	32,00	320,00
Betriebsstunden Lampen	12000		20000		50000		20000	
AfA + Zins bei 500 h kW/p.a. % / €	12,0	4,80	12	6,00	12	38,40	12	38,40
AfA + Zins bei 1000 h kW/p.a. % / €	12,0	4,80	12,0	6,00	12,0	38,40	12,0	38,40
AfA + Zins bei 2000 h kW/p.a. % / €	18,7	7,47	12,0	6,00	12,0	38,40	12,0	38,40
AfA + Zins bei 3000 h kW/p.a. % / €	27,0	10,80	17,0	8,50	12,0	38,40	17,0	54,40
AfA + Zins bei 4000 h kW/p.a. % / €	35,3	14,13	22,0	11,00	12,0	38,40	22,0	70,40
Steuerung	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Installation 12 % Festkosten	0	0,00	0	0,00	300	36,00	0	0,00
Gesamtkosten 500 h	Euro	**106,30**	**Euro**	**90,10**	**Euro**	**130,80**	**Euro**	**73,20**
Gesamtkosten 1000 h	Euro	**207,80**	Euro	**174,20**	Euro	**165,60**	Euro	**108,00**
Gesamtkosten 2000 h	Euro	**413,47**	Euro	**342,40**	Euro	**235,20**	Euro	**177,60**
Gesamtkosten 3000 h	Euro	**619,80**	Euro	**513,10**	Euro	**304,80**	Euro	**263,20**
Gesamtkosten 4000 h	Euro	**826,13**	Euro	**683,80**	Euro	**374,40**	Euro	**348,80**

10 "einfache" Feuchtraumwannenleuchten (FWL) plus Leuchtmittel,
Bruttopreisrechnung, 29 Cent/kWh, auf 10 Jahre, 2 % Zins

kammer
Schleswig-Holstein

Fazit: Stallbeleuchtung soll auf das unterschiedliches Sehvermögen von Mensch und Tier abgestimmt sein

Licht für Wohlbefinden, Gesundheit und Leistung

- Tageslicht nutzen
- Optimale Beleuchtungsstärke
- Gleichmäßige Flächenbeleuchtung (Lichtplanung)
- Schattenwirkung einberechnen
- Richtige Lichtfarbe
- gute Farbwiedergabe
- Blendung vermeiden
- flimmerfrei

LED-Lampen sind heute das Maß der Dinge

- Energieeinsparung durch hohe Lichtausbeute
- Verschiedene Qualitäten: Billigprodukte – Qualitätsprodukte
- LED´s sind kaltstartfähig – je kälter desto besser
- LED´s haben sofort volle Lichtleistung
- Lange Lebensdauer
- Höchste Schaltzyklen möglich – für Bewegungsmelder
- Die Lichtlenkung erfolgt meist ohne Reflektor
- Bruchsicher, Splitterschutz, keine UV-Strahlung (Lebensmittel)
- VDE-Zulassung, geprüfte Qualität: RoHS, CE, TÜV
- Kein Sondermüll, enthält kein gefährliches Quecksilber

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!

Hans-Jochim Rohweder
Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
Lehr- und Versuchszentrum Futterkamp
Tel. 04381-9009-64, hjrohweder@lksh.de

Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein