LfL

Bayerische Landesanstalt für
Landwirtschaft

Eclairage LED dans les étables

Prof. Klaus Reiter &Maike Müller
Institut de technologie agricole et de production animale

Source: www.riva-lighting.de

Cours de formation continue en construction rurale
Tänikon, 3 novembre 2015

Sommaire

La lumière & ses paramètres

Importance de la lumière

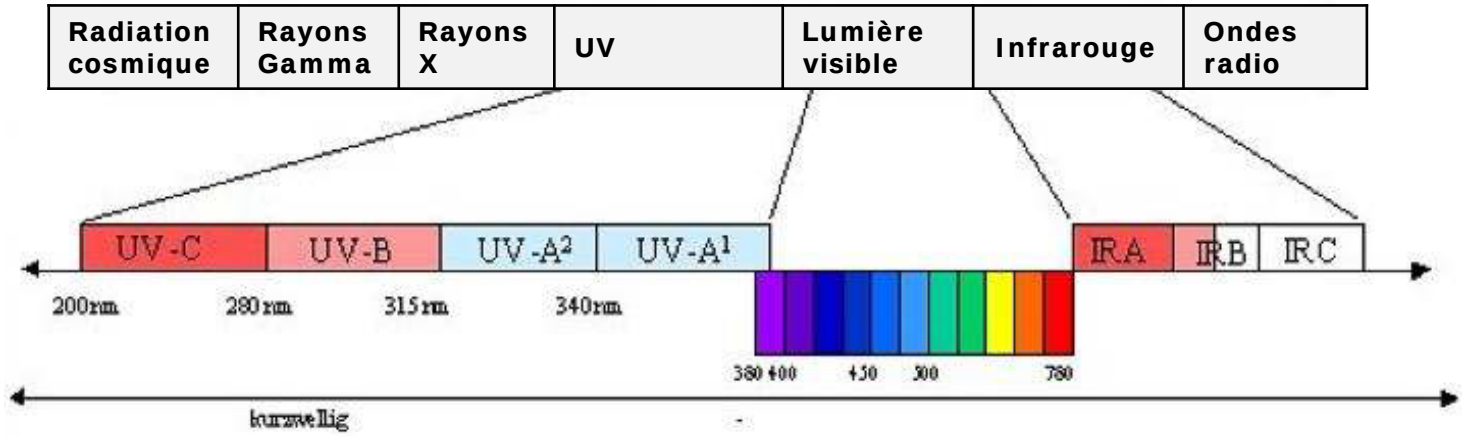
Les LED comme source d‘éclairage

Avantages de la lumière LED

Planification de l‘éclairage dans l‘étable

Qu‘est-ce que la lumière?

- La lumière est le rayonnement électromagnétique du soleil
- Plage visible pour l‘homme de 380 à780 nm.



(Source: Licht in der Rinderhaltung, Holsteg)

Jour ensoleillé: 100.000 Lux; jour d‘été à l‘ombre : 10.000 Lux
Eclairage de bureau: 500 Lux, clair de lune 0,25 Lux

Importance de la lumière

Traitement d‘informations visuelles dans le centre visuel (perception visuelle)
et d‘informations non-visuelles dans l‘hypothalamus (horloge interne, «vision» circadienne)

Dans ce contexte

- **la longueur des ondes lumineuses de la lumière**
- **l‘intensité d‘éclairage, la densité de la lumière et le rendu des couleurs**
- **la durée de l‘exposition à la lumière**

sont importants

Paramètres de la lumière

- Flux lumineux en [Lumen]

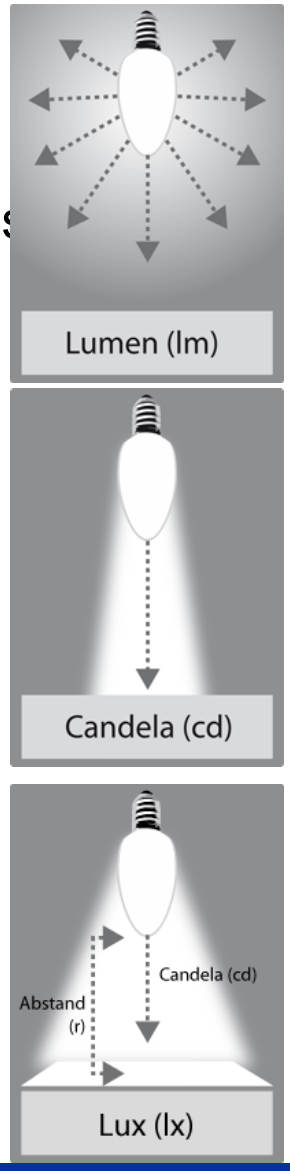
  Toute la lumière que la lampe donne de tous les côté

- Intensité lumineuse en [Candela]

  Lumière émise dans une direction déterminée

- Intensité d'éclairage en [Lux]

  Lumière qui parvient sur une surface déterminée



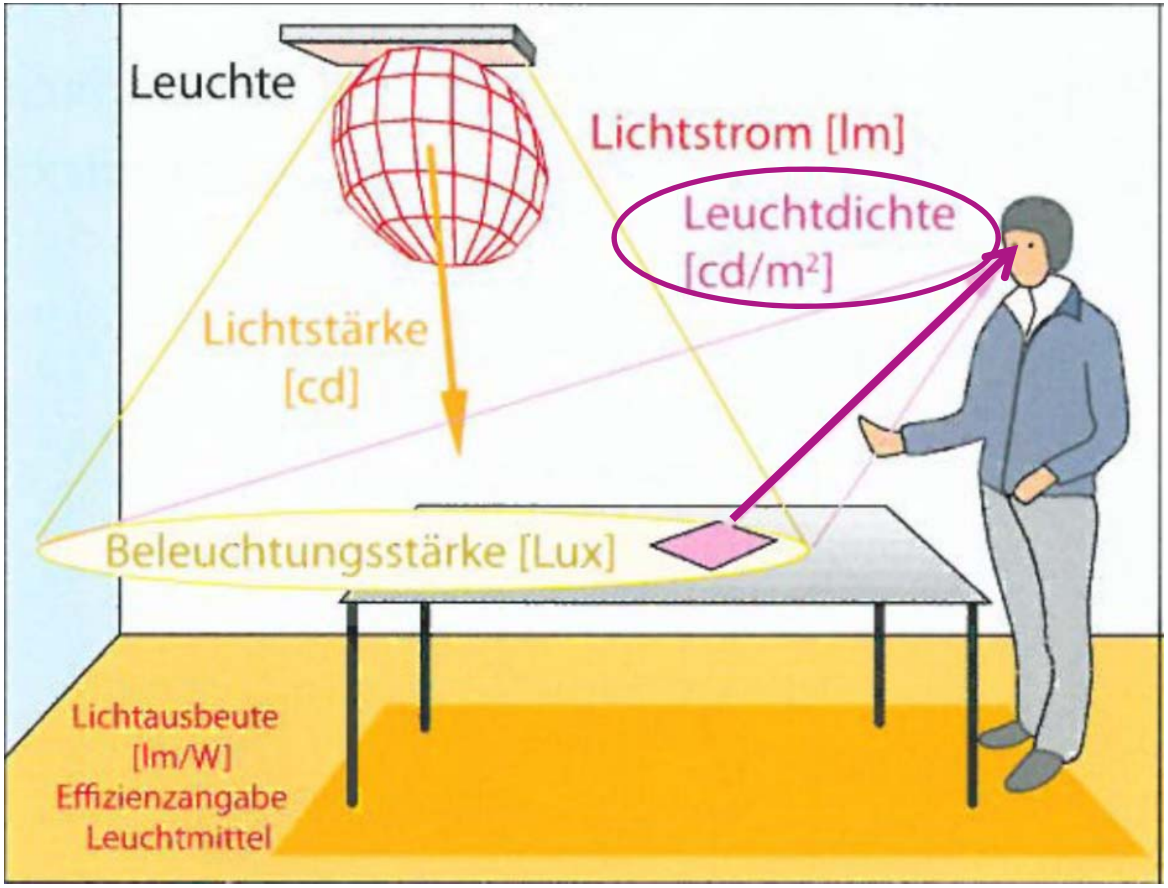
Distance

http://www.wirsindheller.de/Begriffe-in-der-Lichtmessung.28.0.html

Paramètres de la lumière

- Intensité lumineuse [Candela parm²]

  Luminosité d‘une surface perçue par l‘oeil



Instruments de mesure

www.gossen-photo.de

Luxmètre

- Hauteur de mesure proche du sol (20 cm)
- Mesure horizontale
- Utiliser un support de mesure
- Adapter la grille de mesures à l‘étable

→ facile à mesurer

www.konicaminolta.eu

Appareil de mesure de l‘intensité lumineuse

- Tenir l‘appareil à hauteur des yeux et dans l‘angle de vision de l‘animal
- Définir des scénarios

→ difficile à mesurer

Paramètres de la lumière: indice de rendu des couleurs R_a

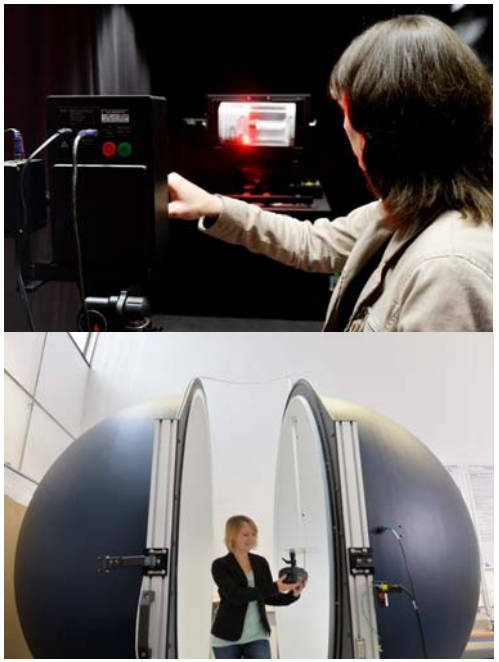
- Distinction des 14 couleurs-tests, R_a = 100 à la lumière du soleil

→ difficilement mesurable dans le contexte de l'étable, imprécision de mesure

→ facile à mesurer en laboratoire à l'aide d'un goniomètre à champ proche & d'une sphère d'Ulbricht

Les 14 couleurs tests selon DIN 6169 sont

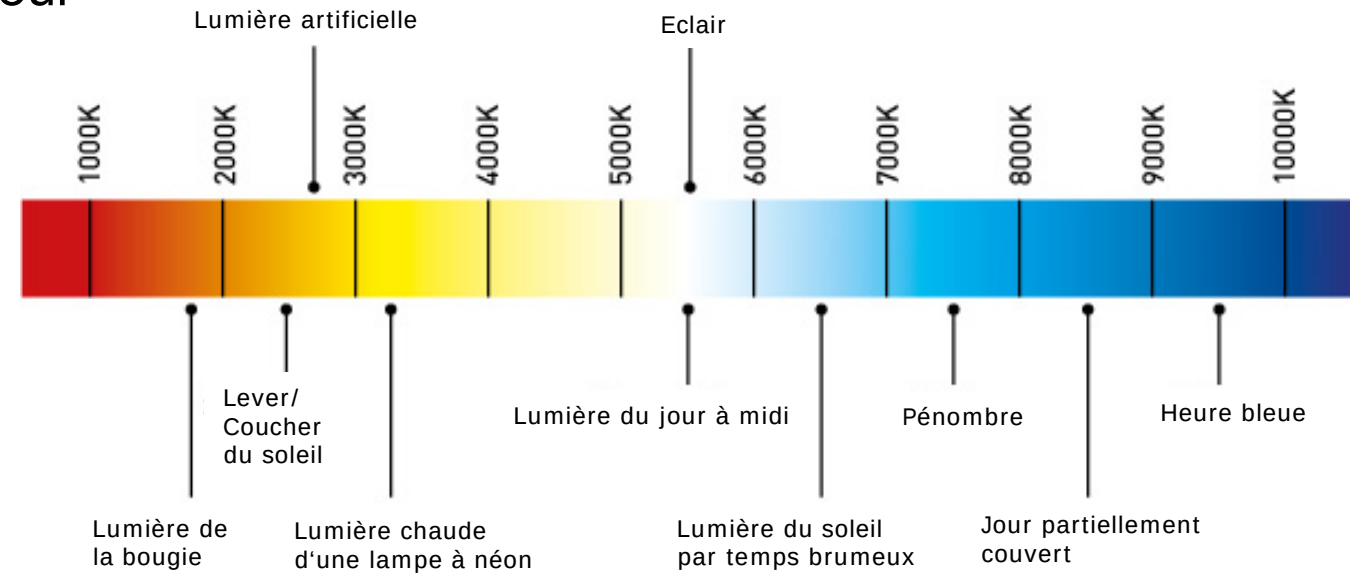
1 Vieux rose
2 Jaune moutarde
3 Jaune vert
4 Vert clair
5 Bleu turquoise
6 Bleu ciel
7 Violet
8 Lilas
9 Rouge saturé
10 Jaune saturé
11 Vert saturé
12 Bleu saturé
13 Rose (couleur chair)
14 Vert foncé



Paramètres de la lumière

- Température de la lumière en [Kelvin]

< 3.300 K	Lumière d‘un blanc chaleureux
de 3.300 à 5.300 K	Lumière d‘un blanc neutre
> 5.300 K	Lumière d‘un blanc froid / lumière du jour



Stratégies de mesure

Mesure indicative	Mesure scientifique
Pour les agriculteurs	Pour les conseillers et les techniciens d‘éclairage
Intensité d‘éclairage horizontale	Intensité d‘éclairage horizontale Intensité d‘éclairage verticale Intensité lumineuse Indice de rendu des couleurs …
Grille de mesures grossière	Grille de mesures fine

Importance de la lumière pour l‘orientation des bêtes

Dans de nombreuses étables, il fait beaucoup trop sombre pour les animaux

Lumière dans les véhicules de transport

Importance de la lumière pour l‘agriculteur

Contrôle et observation des animaux

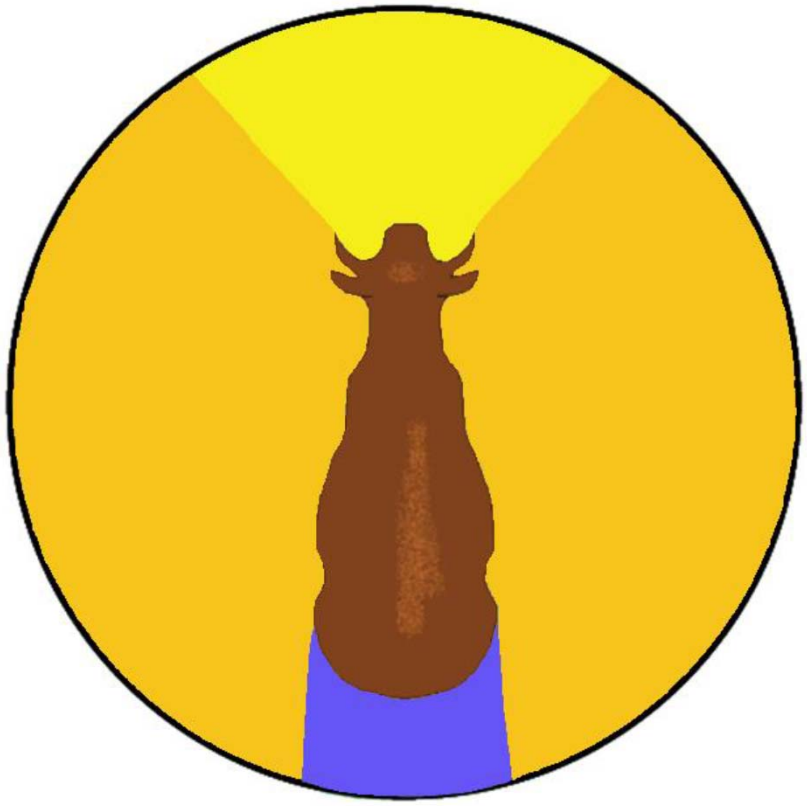
Identification des blessures et des dommages (rendu des couleurs)

→ Sécurité et atmosphère de travail

Que voient les bovins?

http://sravana.twoday.net/stories/1451326/

Champ de vision du bovin



- Vision binoculaire
- Vision monoculaire
- Angle mort

Bovin

330°

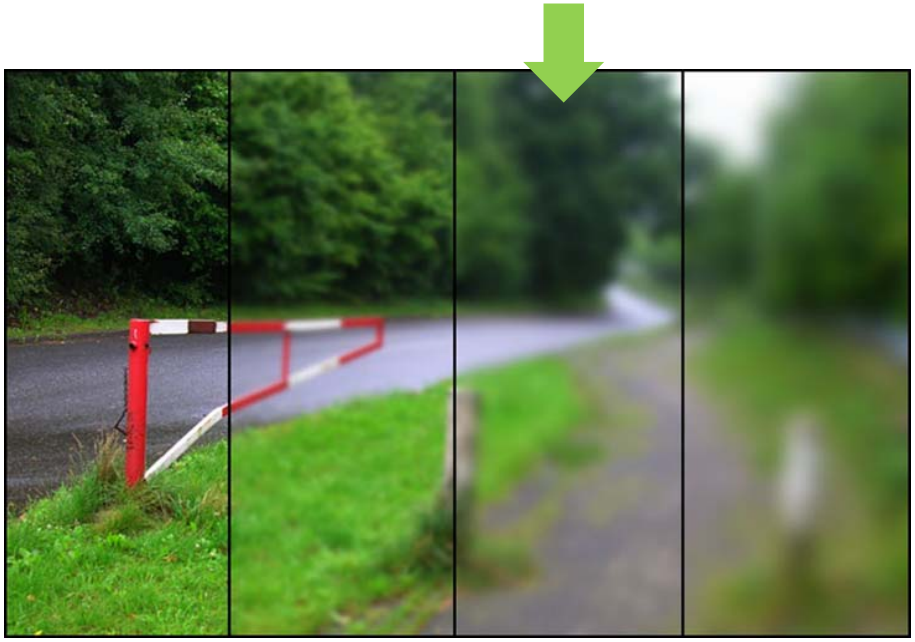
Homme

200°

https://media.allyou.net/10502/images/1760564/SehfeldTiere-01.jpg.5000x430_q90.jpg

Acuité visuelle du bovin

- Environ 30 % de l‘acuité visuelle de l‘homme
- L‘acuité baisse avec l‘intensité de l‘éclairage
- Pratiquement aucune accommodation (vison nette seulement dans la zone rapprochée)



Verhalten der Rinder, Mounaix, 2003

http://img0.mxstatic.com/

Vision des mouvements

- Jusqu‘à 60 images par seconde (homme 15-30 Hz)

  → pas de mouvements fébriles & pas de lampes tremblotantes

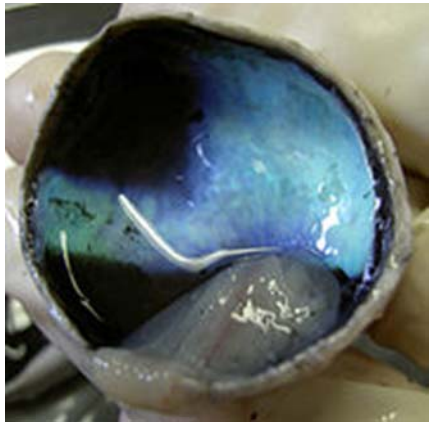
Vision humaine

Vision bovine

Vision crépusculaire

- Améliorée par l‘intensification de la lumière résiduelle grâce à *Tapetum lucidum*
(couche réflectrice dans l‘oeil)

  → aucun éclairage nocturne n‘est nécessaire pour les bovins



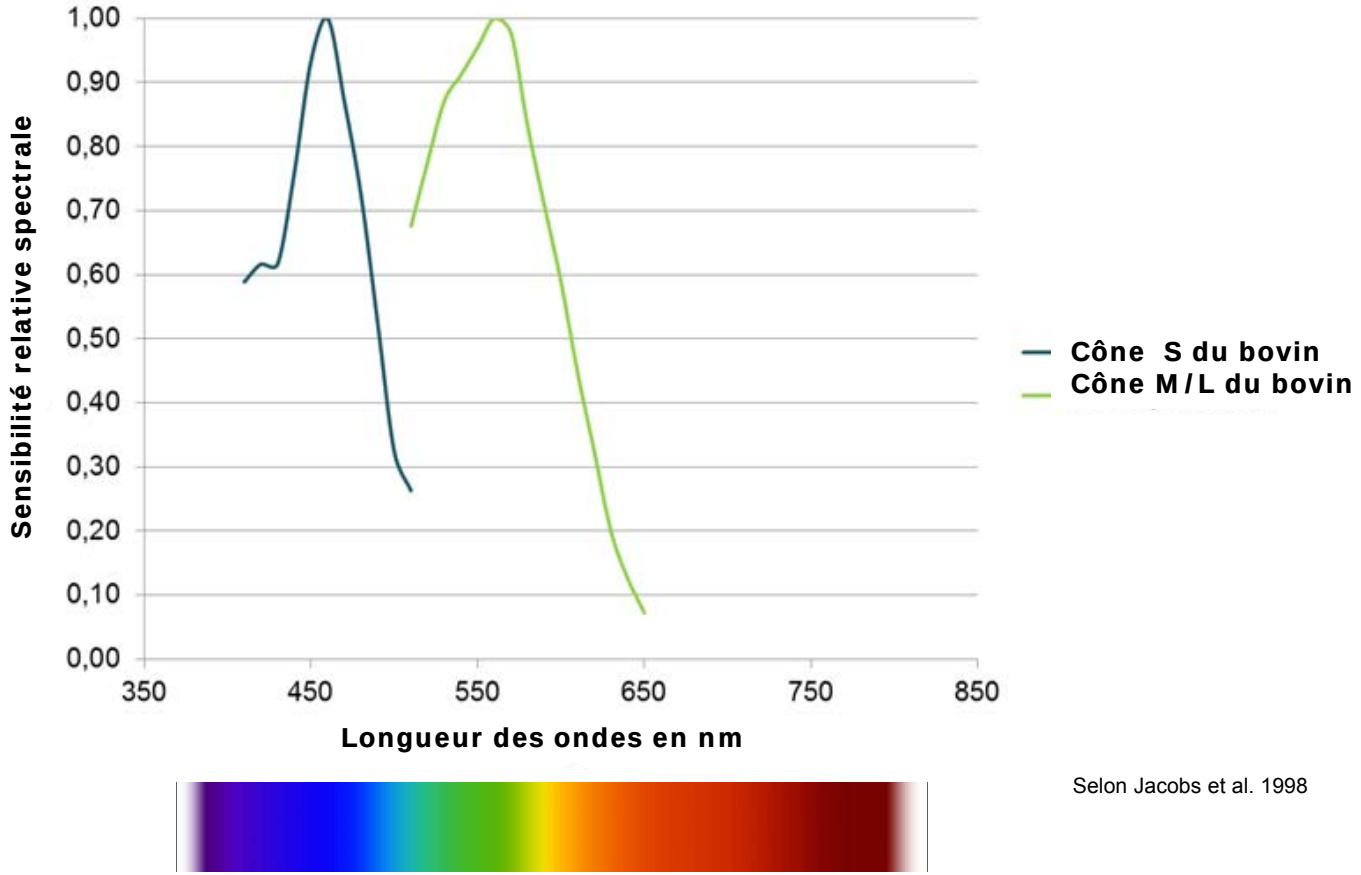
- Lente adaptation à la luminosité & à l‘obscurité

  → Eclairage homogène dans l‘étable

  → Eviter les ombres

Vision des couleurs

- Les bovins sont des dichromates
  - 2 cônes (récepteurs)
  - Ils voient bien le vert, le jaune et le bleu, mais mal le rouge



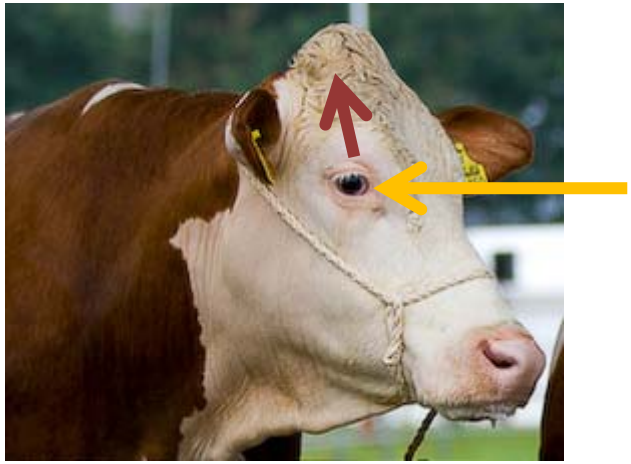
Selon Jacobs et al. 1998

La lumière n‘a pas que la vision pour effet

- La lumière agit sur les gangliocytes photosensibles de la rétine
- L‘implusion est transmise à l‘horloge interne dans l‘hypothalamus

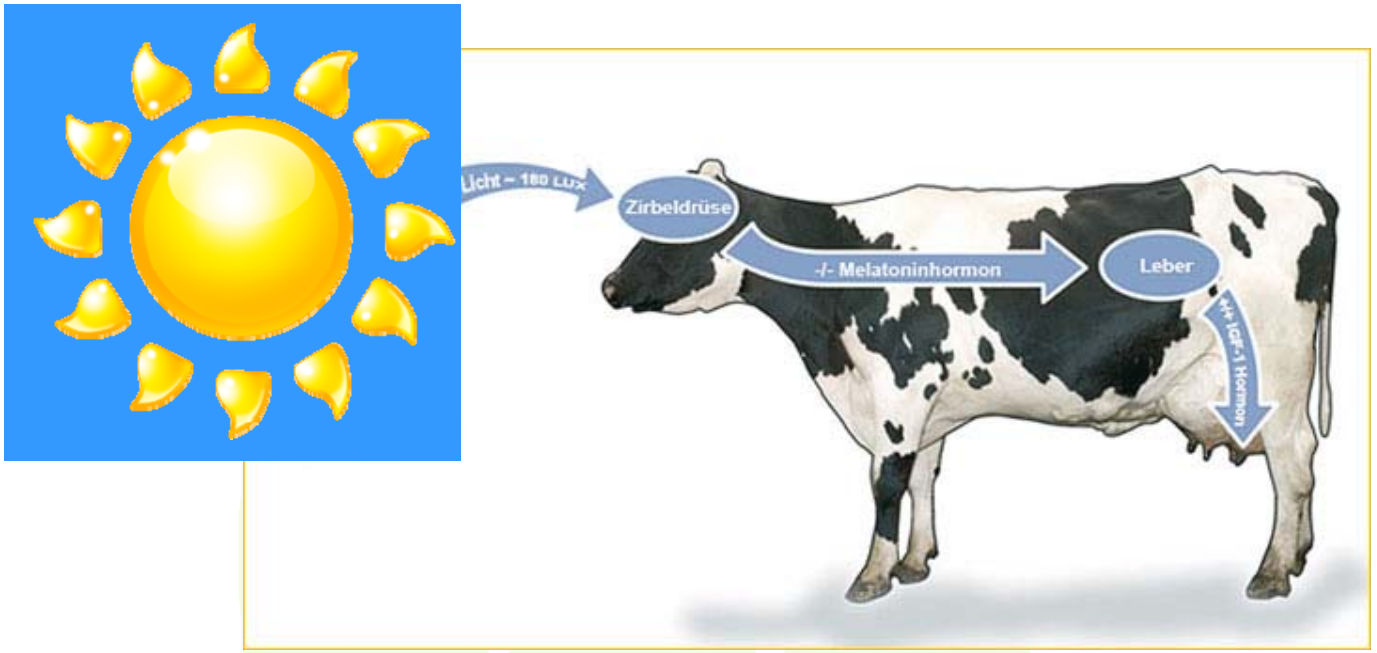
→ Influence sur :

le rythme jour/nuit & rythme annuel
le métabolisme
les hormones
la croissance
la fertilité
la production laitière
le bien-être



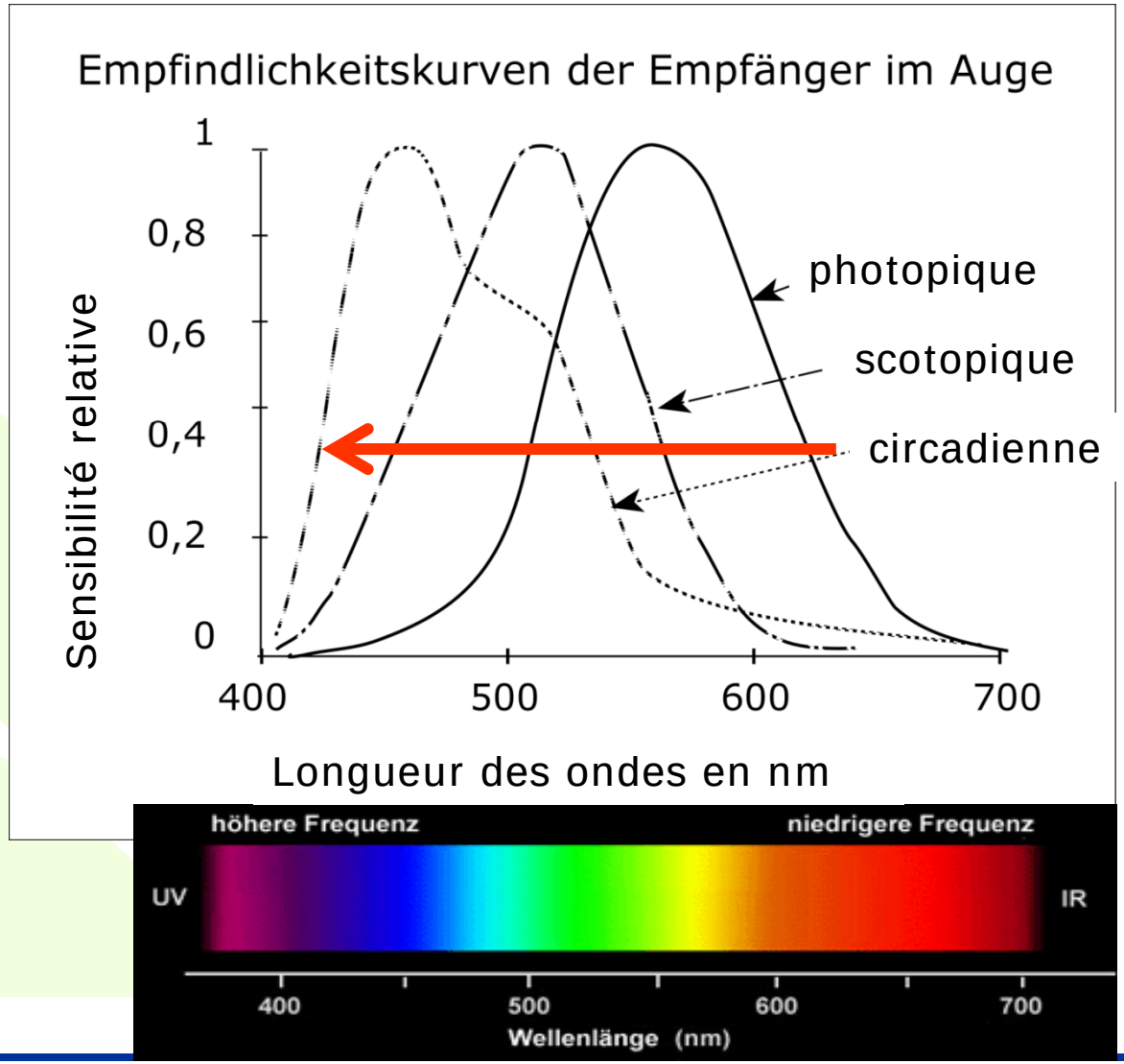
http://www.ulis-photowelt.de/wp-content/uploads/2009/11/Fleckvieh25.jpg

L‘intensité et la durée (spectre) de l‘éclairage influent sur la production laitière et la croissance



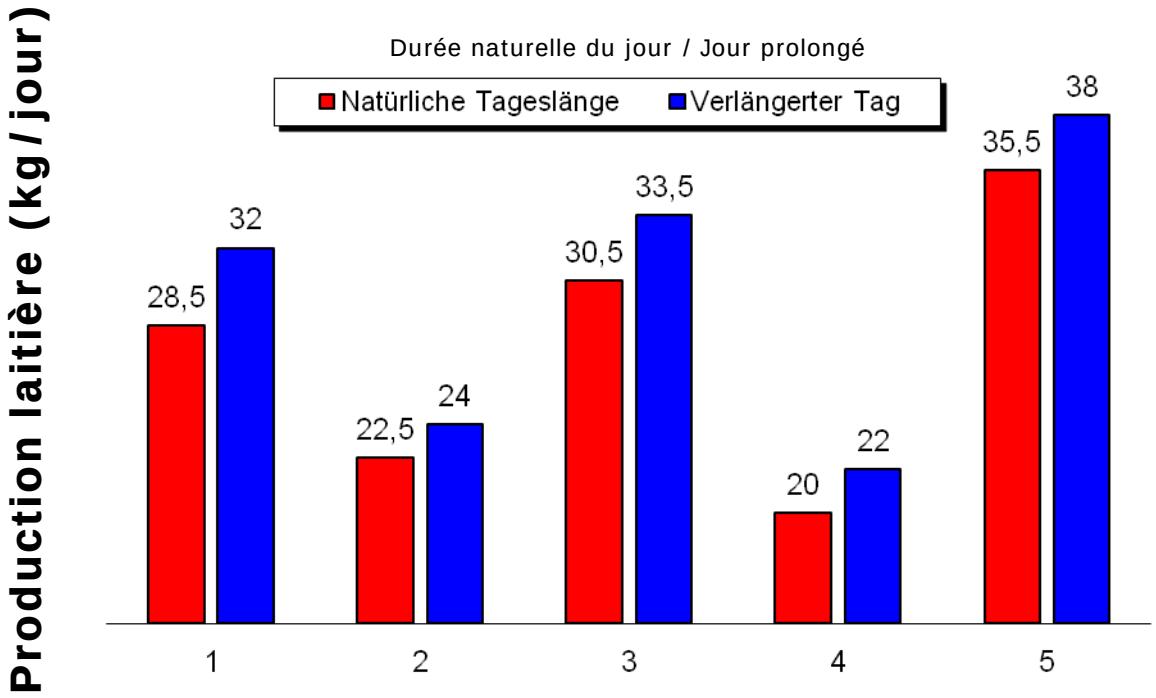
Lorsque les jours sont longs et lumineux > 12 heures avec une part élevée de lumière bleue (150 LUX), la production de prolactine et d‘IGF-1 (foie) est plus élevée.
Cela stimule la production laitière et la croissance.

Sensibilité à la «vision» circadienne



Influence de la durée de l'éclairage sur la production laitière

De septembre à avril 16 heures de lumière, 150 - 200 Lux



1 = Peters et al., 1978

2 = Peters et al., 1981

3 = Marcek & Swanson, 1984

4 = Stanislewski et al., 1985

5 = Evans & Hacker, 1989

- La production laitière était en moyenne supérieure de 2,0 kg par jour
- La composition du lait est restée inchangée

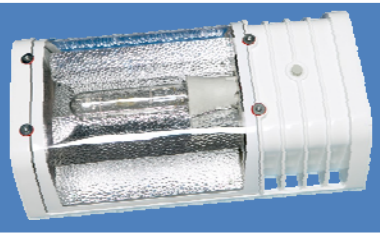
Eclairage dans l‘étable

- Intensité d‘éclairage (interrupteur crépusculaire)
  - 150 Lux durant la journée
  - max. 10 Lux durant la phase d‘obscurité (éclairage d‘orientation sur l‘AMS)
- Température de couleur
  - De 5.000 à 6.500 Kelvin (blanc lumière du jour)
- Durée d‘éclairage (minuterie)
  - Bétail laitier >12 h
  - Vaches taries 8 h
  - Veaux, jeune bétail 16 h

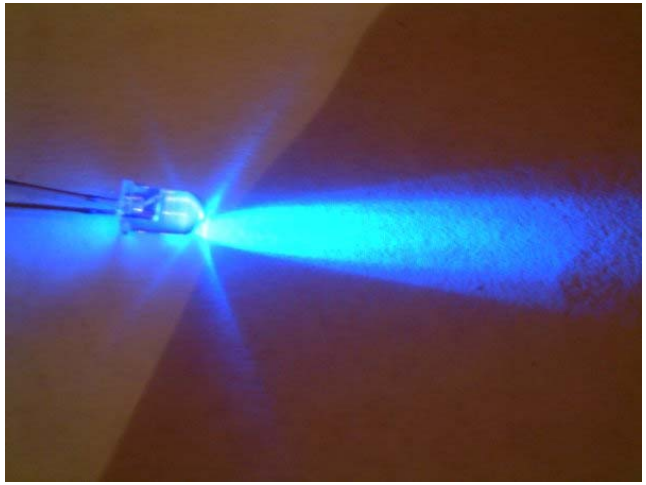
www.voltus.de

www.elv.de

Comparaison des lampes

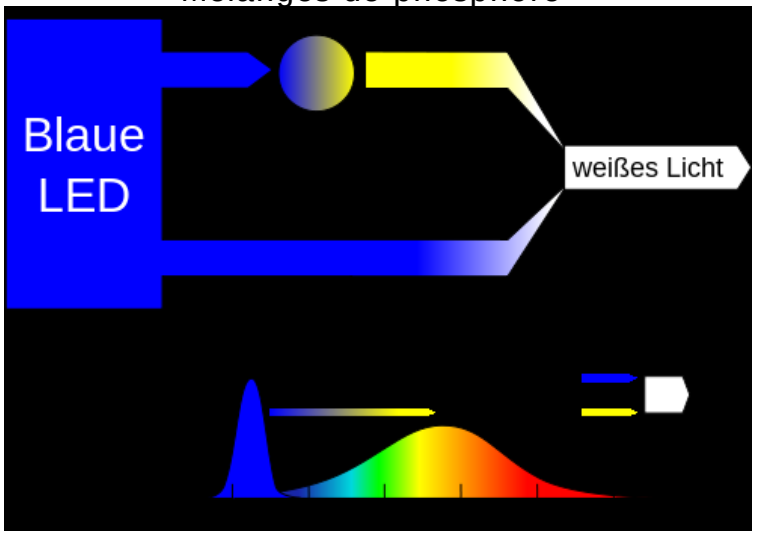
			
	Lampe à vapeur de sodium	**Lampe aux halogénures métalliques**	**Projecteur à LED**
Avantages	Rendement d‘éclairage élevé	Lumière blanche Bon rendu des couleurs	Spectre adapté à la vache Rendement d‘éclairage élevé Longue durée de vie Respectueux de l‘environnement Déclenchement rapide
Inconvénients	Lumière orange Mauvais rendu des couleurs Déclenchement long	Elimination des déchets Rendement d‘éclairage plus faible	Coûts d‘acquisition élevés

Lumière LED (Principe de la conversion du phosphore)



La lumière est produite par transformation d'énergie électrique dans des diodes électroluminescentes. La lumière est monochromatique.

Mélanges de phosphore



Motifolio Inc.

LED bleu
Lumière blanche

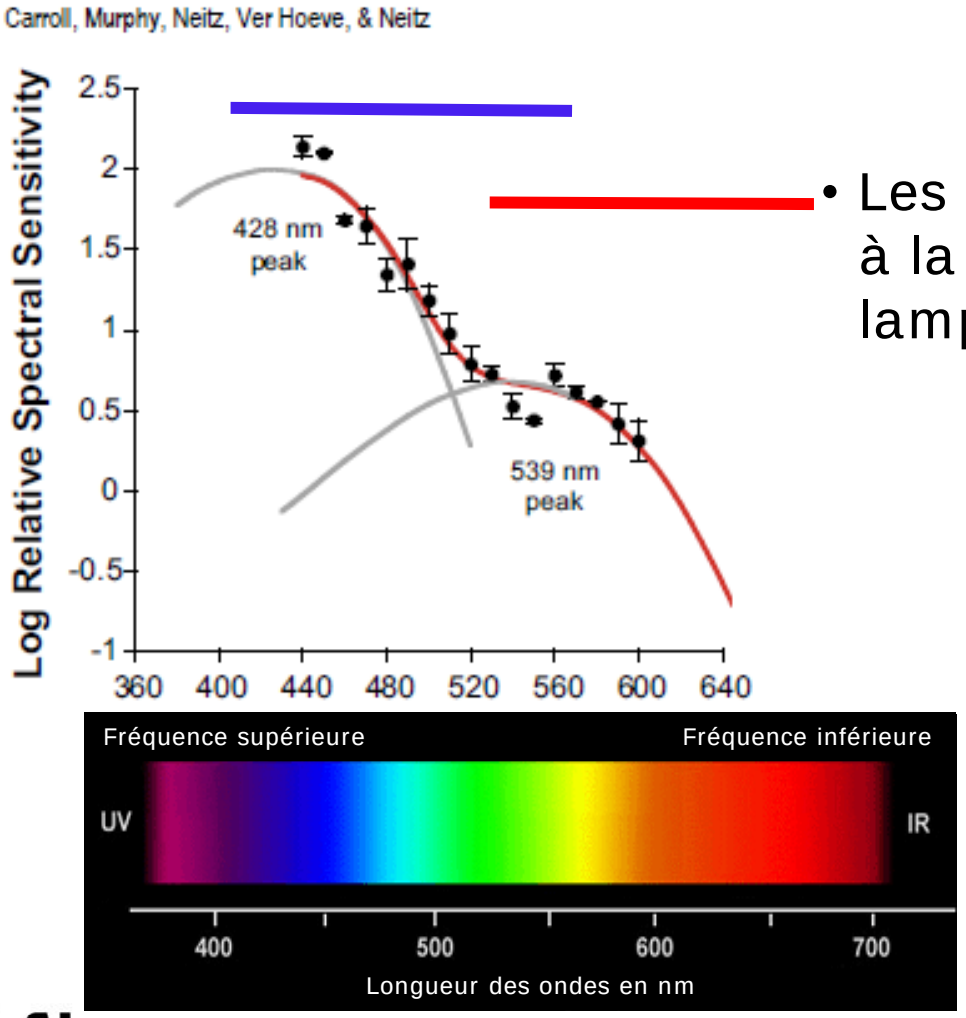
Températures de couleur de 2700 à 10.000 K possibles

Avantages et inconvénients de la lumière LED

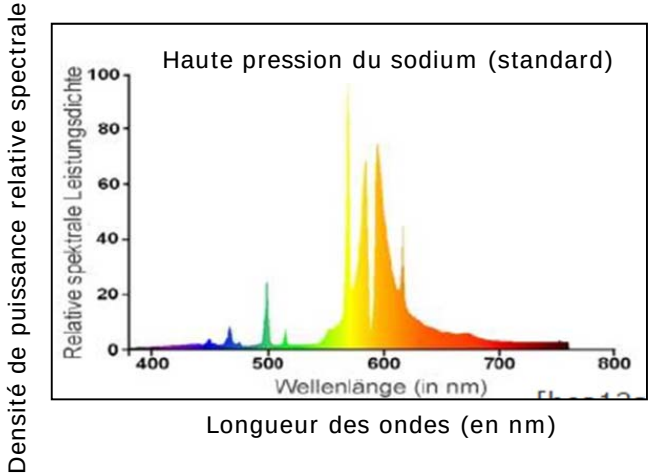
- Les LED‘s sont les éclairages les plus efficients (actuellement 150 lm/Watt)
- Leur emploi est très souple et réglable
- Longue durée de vie (> 50 0000 heures)
- Température de couleur, toutes les couleurs de lumière peuvent être réglées
- Le rendu des couleurs est très élevé
- Aucun matériel ou gaz néfaste pour l‘environnement n‘est utilisé
- Les commutateurs fonctionnent à basse fréquence
- Démarrage en nanosecondes, l‘enclenchement n‘a aucune influence

- Les températures élevées peuvent avoir une influence sur la durée de vie
- Pour la gestion thermique, un radiateur de refroidissement est nécessaire
- Pour l‘instant encore plus cher que les lampes traditionnelles

Spectre de couleurs adapté à la vache



- Les LED‘s sont mieux adaptées à la vision des bovins que les lampes à vapeur de sodium



Rendu des couleurs de différentes lampes

A la lumière du soleil, les couleurs sont naturelles. Avec des sources lumineuses qui entraînent une répartition irrégulière des couleurs du spectre, le rendu des couleurs est moins bon. (Indice de rendu des couleurs)

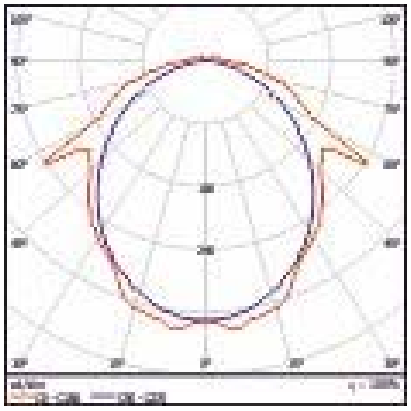
Source lumineuse	Indice de rendu des couleurs
Lumière du soleil	1,00
Lampes LED	95
Lampes aux halogénures métalliques	72
Lampes de sodium à haute pression	35

Projecteur à LED

Luminaires industriels

1200 LED‘s dans le projecteur
100 W; 100 lm/W
Angle de rayonnement 120°
Température de couleur 6500 Kelvin
Type de protection IP 66
60 000 heures de fonctionnement
Coûts 600 Euro

Luminaires linéaires à LED



Lampes pour locaux humides
Puissance lumineuse 50 W
Température de couleur 4000 K
100 lm/W
Gestion thermique optimisée
IP 66

De 250 à 300 Euro

LfL
Tier und Technik

Lampes Retrofit et dangers possibles

(Lampe LED de rechange pour les boîtiers conventionnels)

- Risque de décharge électrique
- Echauffement inacceptable
- La classe de protection II n‘est pas respectée
- Intensités d‘éclairage trop faibles
  (ASR – Règles techniques pour les lieux de travail)
- Risque d‘éblouissement
- Le type de protection (IP) n‘est pas atteint
- Poids trop élevé

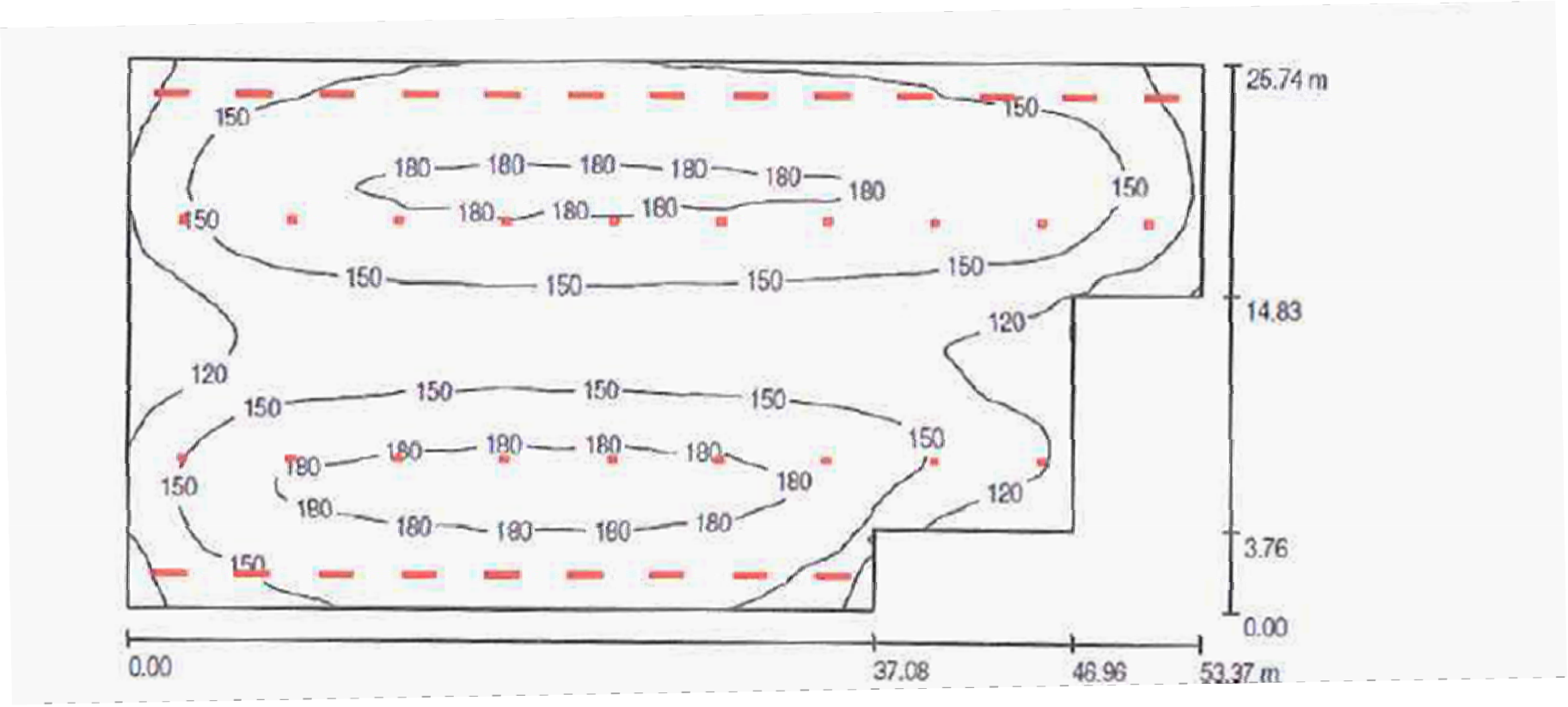
Planification recommandée (petite étable de vaches laitières)

Stabulation libre à logettes avec 72 places-vaches, 54 places jeune bétail, 30 veaux

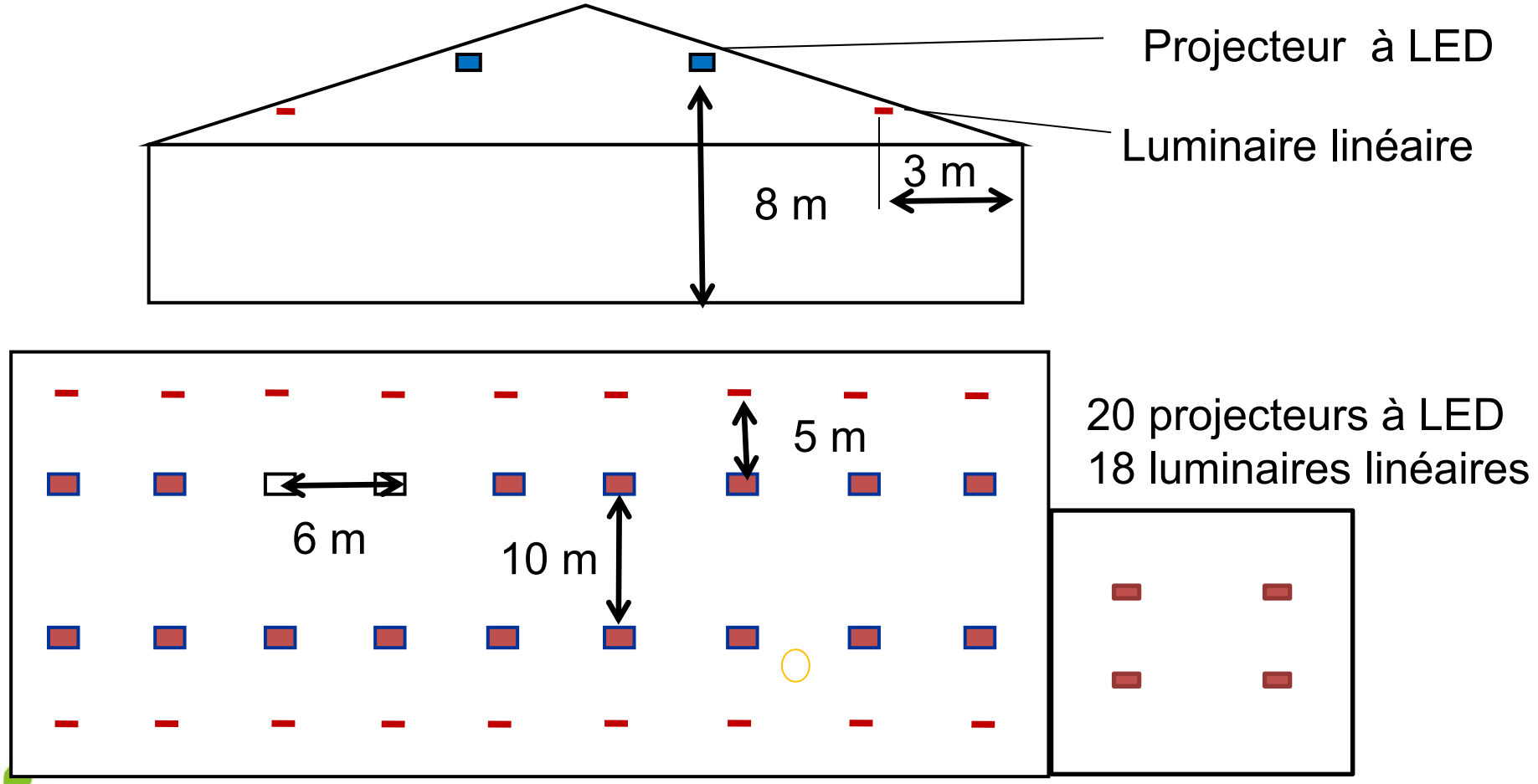
Etable non isolée
Système de traite automatique

Simulation d‘éclairage (Lux)

Etable: 53 m de long et 26 m de large



Répartition des projecteurs à LED dans l‘étable

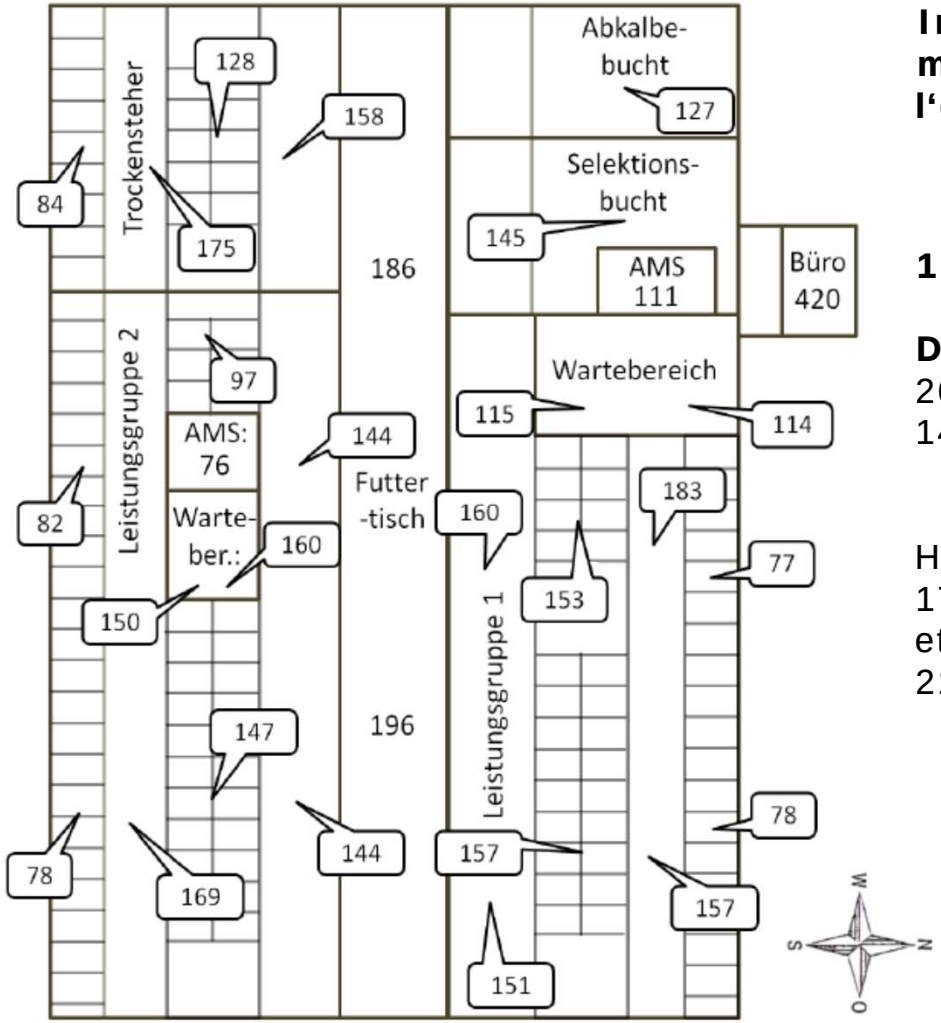


Etable avec lumière LED

Planification recommandée (grande étable de vaches laitières)

- 120 vaches en lactation
- Etable 50 x 36 mètres
- 40 projecteurs à LED
- Intervalle entre les lampes 5 m

Intensité d‘éclairage mesurée



Intensité d‘éclairage moyenne dans toute l‘étable

134 Lux

Date:
26.02.2013 et
14.06.2013

Heures:
17.00 – 19.00
et
21.00 – 23.00

Planification de l‘éclairage dans une ancienne étable

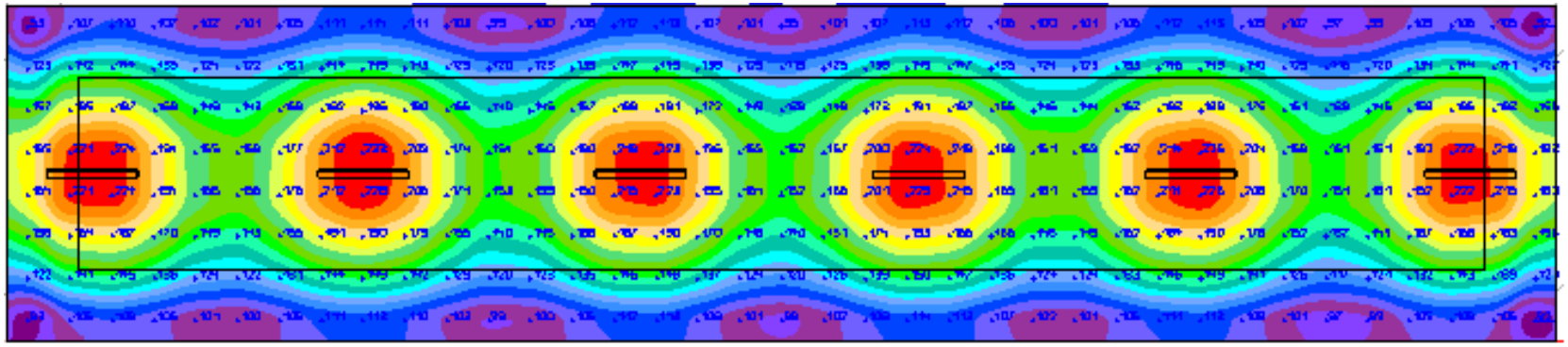
Néons

LED

- Etable pour jeune bétail
- Aire réservée aux animaux 21,80 m x 4,70 m pour 2,60 m de hauteur de plafond
- 95 points de mesure (largeur de la grille de mesure 1 m)
- 3 mesures

(avant & après le nettoyage des néons, après l‘installation des LED)

Simulation d‘éclairage



M. Pulfer

- Simulation avec le logiciel DIALux
- Les dimensions de l‘étables et l‘EulumDat des lampes sont nécessaires
- Utilisation pour la planification de l‘éclairage

→ Sélection et répartition optimales des lampes

Résultats des mesures de luminosité

	Luminaire linéaire avant nettoyage	Luminaire linéaire après nettoyage	LED
Intensité d'éclairage moyenne	30,4 lx	42,0 lx	142,4 lx
Intensité d'éclairage minimale	3 lx	5 lx	34 lx
Intensité d'éclairage maximale	106 lx	126 lx	267 lx
Homogénéité	0,10	0,12	0,24

Comparaison des coûts (Neser, 2012)

Comparaison des coûts d'éclairage (160 vaches laitières)							
	Intensité d'éclairage *Beleuchtungsstärke 80 Lux*				*Beleuchtungsstärke 150 - 180 Lux*		
	Lampes néons	Lampes à vapeur de sodium	Lampes aux halogénures métalliques	Projecteurs à LED	Lampes à vapeur de sodium	Lampes aux halogénures métalliques	Projecteurs à LED
Puissance électrique connectée	60	250	250	100	400	400	100
Rendement d'éclairage (lm/W)	85	140	110	110	140	110	100
Puissance installée (W/m2)	3,2	1,9	2,2	1,2	4,0	4,4	1,6
Heures de fonctionnement (h)	20.000	30.000	30.000	60.000	30.000	30.000	60.000
Nombre	96	14	16	22	18	20	28
Durée de fonctionnement (h/an)	900	900	900	900	1800	1800	1800
Consommation annuelle de courant (kWh)	5.184	3.150	3.600	1.980	12.960	14.400	5.040
Coûts d'électricité € à raison de 0,2 €/kWh	1.037	630	720	396	2.592	2.880	1.008
Coûts d'investissement/lampe €	200	320	360	720	400	420	720
Coûts annuels de maintenance €	864	148	173	238	472	504	605
Coûts totaux €	**1.901**	**764**	**893**	**634**	**3.064**	**3.384**	**1.613**

Résumé

- Importance de la lumière
  - Vision, orientation, mouvement
  - Rythme biologique, rendement
  - Confort de travail, sécurité de l‘agriculteur
- Avantages de la lumière LED
  - Composition spectrale optimale
  - Intensité d‘éclairage élevée et bon rendu des couleurs
  - Faible consommation de courant
  - Longévité
- Les LED sont la technique d‘éclairage de l‘avenir

Merci de votre attention!