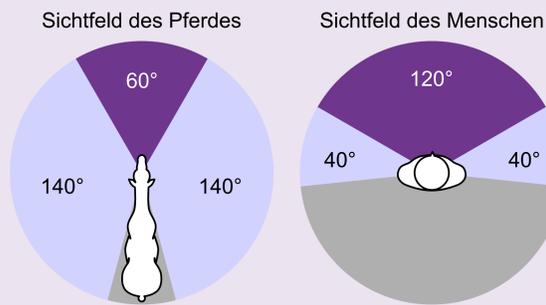


Wie in allen Lebensbereichen wird auch in der Pferdehaltung künstliche Beleuchtung eingesetzt. Die verwendeten weißen Leuchtdioden (LEDs) sind aus Effizienzgründen an die Hellempfindlichkeitskurve $V_H(\lambda)$ und das Sehvermögen des Menschen angepasst. Das abgestrahlte Spektrum dieser Lichtquellen stimmt mit dem Sehempfinden der Pferde nicht überein. In wie weit sind die weißen LEDs und die übliche Art der Allgemeinbeleuchtung für den Einsatz in der Pferdehaltung geeignet?

LICHTWAHRNEHMUNG DER PFERDE

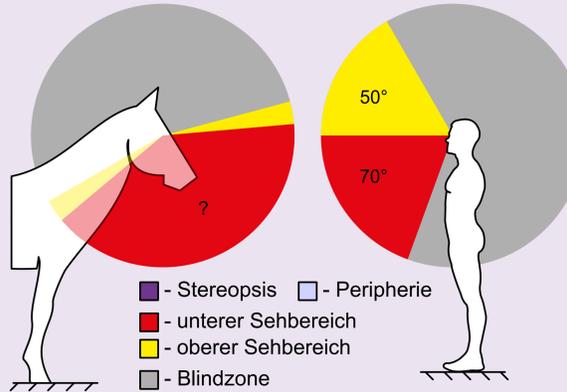
HORIZONTALES SICHTFELD

- Sehfeld Pferd ca. 340° ^{1,2}
- Eingeschränkter Austausch visueller Informationen zw. den beiden Gehirnhälften^{3-5,9}
- Sehfeld Mensch ca. 200° ⁶⁻⁸



VERTIKALES SICHTFELD

- Sehwinkel nach unten größer als nach oben^{2,9}
- Genauer Winkel unbekannt
- Sehwinkel beim Mensch nach oben ca. 50° und nach unten ca. 70° ¹⁰



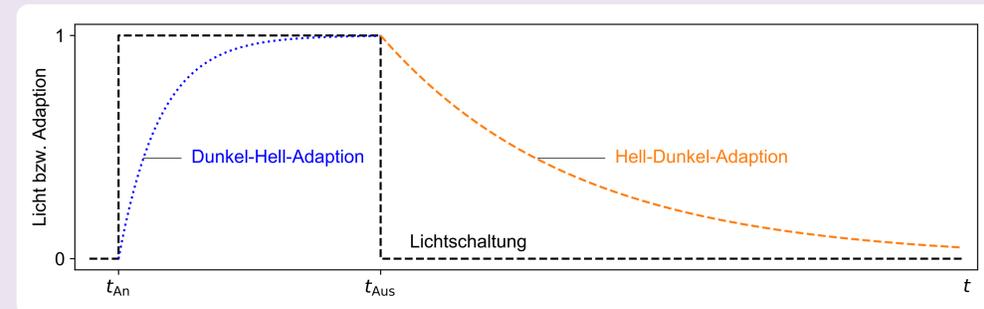
FARBWAHRNEHMUNG



- Pferde sind Dichromaten¹¹⁻¹⁴
- Pferde haben für die Farbwahrnehmung nur M-Zapfen (grün) und S-Zapfen (blau)^{9,11}
- Licht mit $\lambda > 600$ nm (orange-rot) wird von Pferden nicht wahrgenommen^{2,11,12}

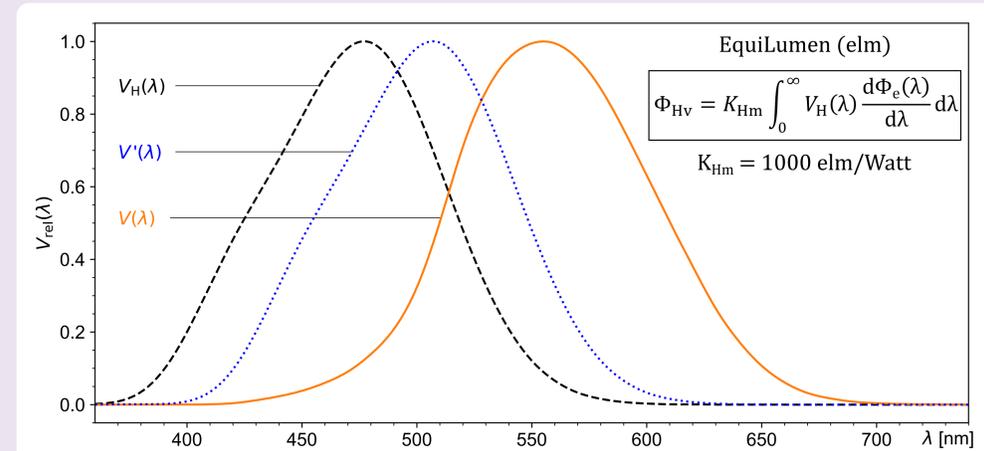
HELL-DUNKEL-ADAPTION

- Pferdeaugen sind wegen Nacht- und Dämmerungsaktivität der Tiere an die Dunkelheit sehr gut angepasst^{1,2,16}
- Dunkel-Hell-Adaption ist kürzer als Hell-Dunkel-Adaption^{18,19}



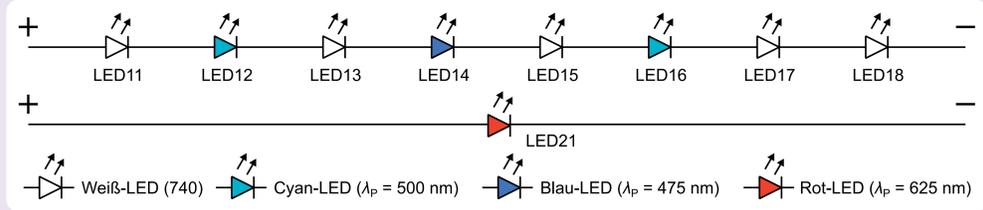
HELLEMPFINDLICHKEIT

- Hellempfindlichkeit $V_H(\lambda)$ der Pferde ist nicht definiert¹⁵
- Annahme: Ausgehend vom anatomischen Augenaufbau⁹, Nacht- und Dämmerungsaktivität¹⁶ und dem visuellen Neutralpunkt bei 480 nm¹⁷ bei Pferden wird angenommen, dass $V_H(\lambda)$ der Pferde der $V'(\lambda)$ des Menschen bei Nacht ähnelt und ihren Maximum bei $\lambda_{Peak} = 480$ nm hat.

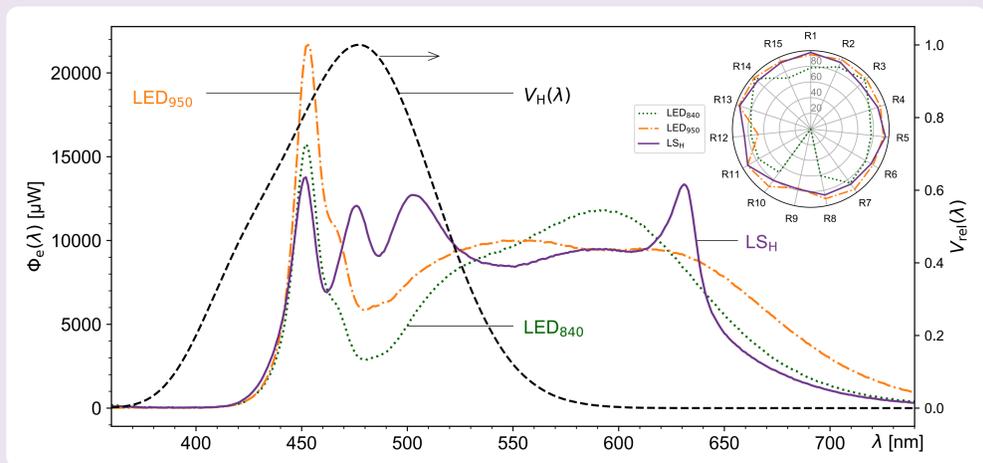


PFERDEGERECHTE BELEUCHTUNG

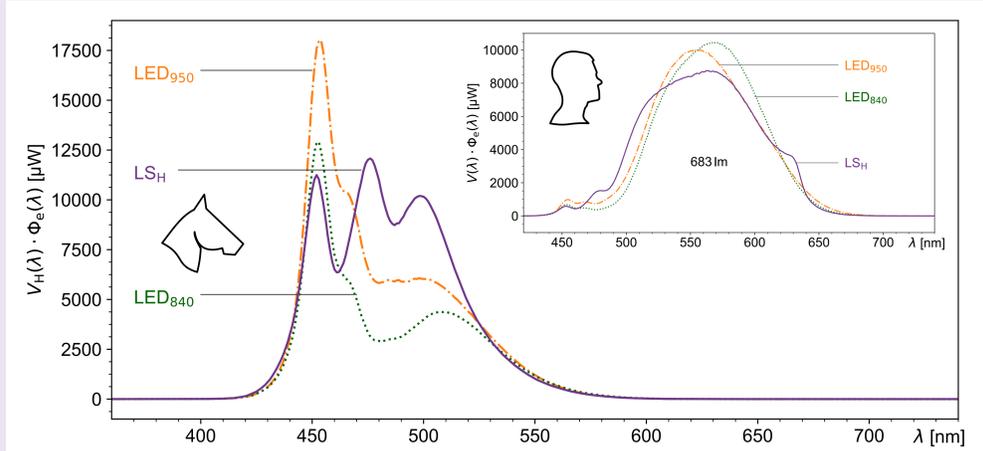
ANSATZ FÜR LICHTQUELLE



- Schliessung der spektralen Lücke zw. 450 nm und 550 nm
- Kontrasterhöhung für Pferde \Rightarrow Erhöhung der R5- und R12-Werte
- Eigenschaft: CCT=5150 K; CRI=90,5; CRI-R9=78; $\eta_e=135$ lm/W

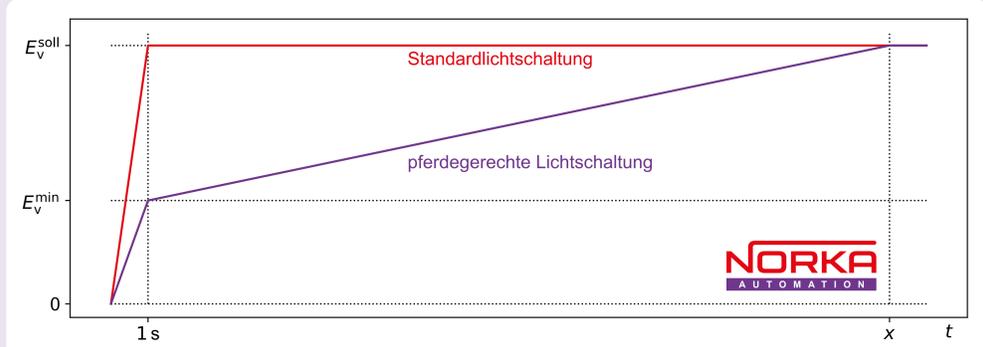


- Für die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Lichtquellen wurde die Einheit EquiLumen eingeführt
- Bei gleichem Lumen-Output mehr EquiLumen für Pferde bei LS_H +53% elm im Vergleich zu LED mit 4000 K, CRI ≥ 80 (LED_{840}) +7% elm im Vergleich zu LED mit 5000 K, CRI ≥ 90 (LED_{950})



LICHTSTEUERUNGSKONZEPT

- Beleuchtungshomogenität $> 0,7$ mit geringerer Leuchtdichte
- Flimmerfreie Beleuchtung, Amplitudendimmung (CCM)
- Separate Stallboxenbeleuchtung
- Stetige Lichtübergänge zw. unterschiedlich beleuchteten Bereichen
- Lichtschaltung mit Zwischenstufe, langsames Auf- und Abdimmen



QUELLEN

¹ L. Sellnow, „Happy trails – Your complete guide to fun and safe trail riding“, pp. 46-47, Blood-Horse Publications, 2004; ² S. Ullmann, „Wie Pferde sehen“, Barefoot-Saddle, 2013; ³ E. B. Hanggi, „Interocular transfer of learning in horses (Equus caballus)“, Journal of Equine Veterinary Science, pp. 518-524, 1999; ⁴ K.-D. Budras, S. Rock, „Atlas der Anatomie des Pferdes - Lehrbuch für Tierärzte und Studierende, 5. vollständige überarbeitete Auflage“, Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH, p. 52, 2004; ⁵ E. B. Hanggi, „The thinking horse: cognition and perception. Reviewed“, Proceedings of the 51th American Association of Equine Practitioners Annual Convention 51, pp. 246-255, 2005; ⁶ H. Rönne, „Zur Theorie und Technik der Bjerrumschen Gesichtsfelduntersuchung“, Archiv für Augenheilkunde, Bd. 78, Heft 4, 1915; ⁷ H.M. Traquair, „An introduction to clinical perimetry“, Henry Kimpton, London, 1938; ⁸ A. Mathur, J. Gehrman, D. A. Atchison, „Pupil shape as viewed along the horizontal visual field“, Journal of Vision 13 (6):3, pp. 1-8, 2013; ⁹ P. McGreevy, „Equine Behavior: A Guide for Veterinarians and Equine Scientists“, Elsevier Science, pp. 37-53, 2004; ¹⁰ P. Retto, M. Ogier, H. H. Büthoff, J.-P. Bresciani, „Influence of the size of the field of view on motion perception“, Computer & Graphics 33, pp. 139-146, 2009; ¹¹ J. Carroll, C. J. Murphy, M. Neltz, J. N. Ver Hoeve, J. Neltz, „Photopigment basis for dichromatic color vision in the horse“, Journal of Vision 1, pp. 80-87, 2001; ¹² E. B. Hanggi, J. F. Ingersoll, „Color vision in horses (Equus caballus). Deficiencies identified using a pseudochromatic plate test“, Journal of Comparative Psychology 121, No. 1, pp. 65-72, 2007; ¹³ L. S. V. Roth, A. Balkenius, A. Kelber, „Colour perception in a dichromat“, The Journal of Experimental Biology 210, pp. 2795-2800, 2007; ¹⁴ J. Spaas, W. F. Helsen, M. Adriaenssens, S. Broeckx, L. Duchateau, J. H. Spaas, „Correlation between dichromatic colour vision and jumping performance in horses“, The Veterinary Journal 202, pp. 166-171, 2014; ¹⁵ M.-A. Leblanc, „The Mind of the Horse: An Introduction to Equine Cognition“, Harvard University Press, p. 231, 2013; ¹⁶ C. A. Saslow, „Understanding the perceptual world of horses“, Applied Animal Behaviour Science 78, pp. 209-224, 2002; ¹⁷ G. Geisbauer, U. Griebel, A. Schmid, B. Timney, „Brightness discrimination and neutral point testing in the horse“, Canadian Journal of Zoology 82, pp. 660-670, 2004; ¹⁸ A. M. Komaromy, S. E. Andrew, H. L. Sapp Jr., D. E. Brooks, W. W. Dawson, „Flash electroretinography in standing horses using the DTL™ microfiber electrode“, American College of Veterinary Ophthalmologists 6-1, pp. 27-33, 2003; ¹⁹ S. Zulauf, V. Gerber, W. Brehm, „Die Elektroretinographie mit dem RETIport®-System beim Pferd: Normalbefunde bei Hell- Dunkeladaption“, Pferdeheilkunde 24-3, pp. 367-380, 2008