

# Lichtqualität und -quantität messtechnisch erfassen

---

**Aus Sicht des Geflügels bewerten**

**Dr. Daniel Werner**

08.02.2024, Geflügelsymposium Osnabrück

- Sehvermögen Geflügel und Mensch
- Lichttechnische Grundlagen
- Zielgruppenspezifische Bewertung
- Zusammenfassung und Fazit

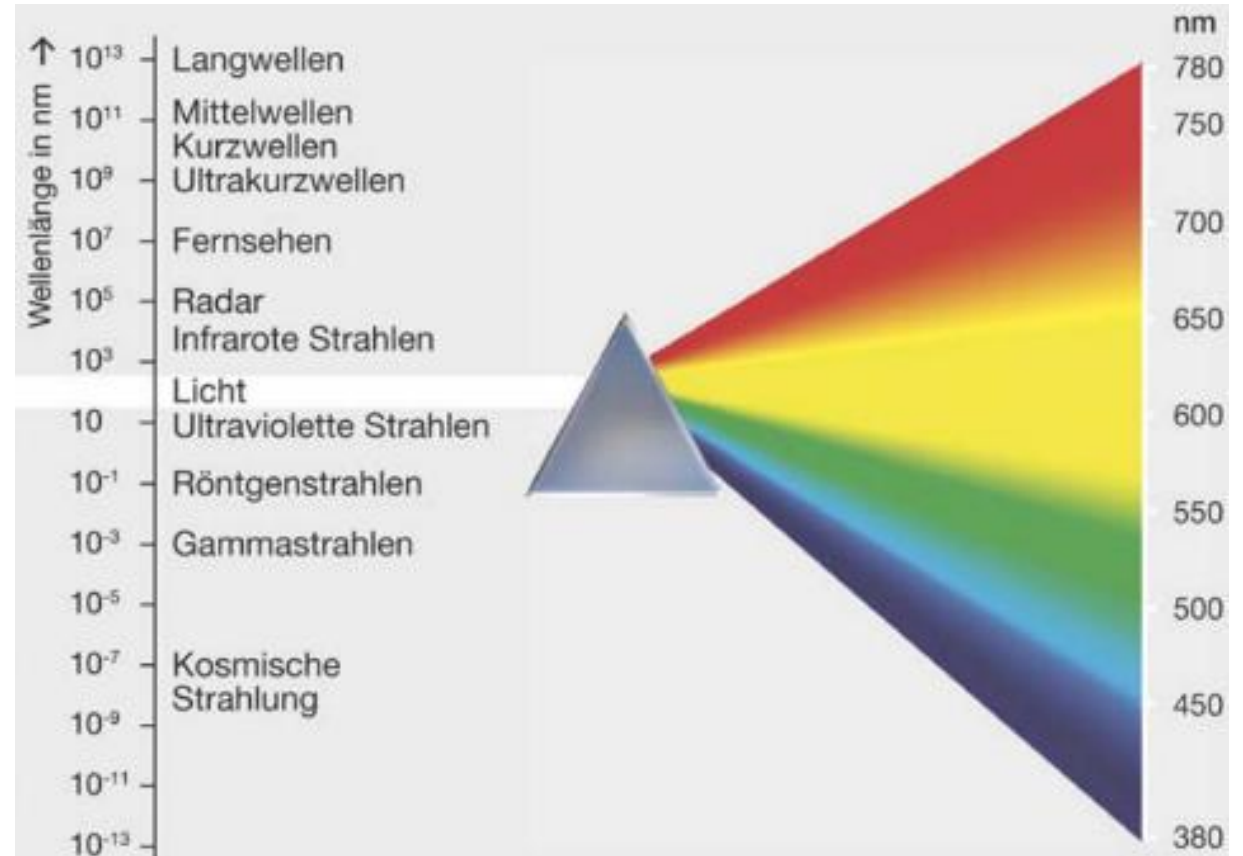
# Sehvermögen Geflügel und Mensch

Geflügel	Mensch
4 Zapfen für das Farbsehen (UV, blau, grün, rot) & 1 Doppelzapfen (Bewegungssehen)	3 Zapfen für das Farbsehen (blau, grün, rot)
bis zu 360° (Huhn 300°) Gesichtsfeld	220° Gesichtsfeld
ca. 26° dreidimensionales Sehen (je nach Art unterschiedlich)	120° dreidimensionales Sehen
Sehr hohe Sehschärfe	Hohe Sehschärfe
Sehr gute und schnelle Anpassung an unterschiedliche Entfernungen (Akkommodation)	Anpassung auf verschiedene Entfernungen
Sehr schnelle Hell-Dunkel-Anpassung	Schnelle Hell-Dunkel-Anpassung
Sehr gutes Bewegungssehen (> 100 Bilder/Sekunde)	Mittelmäßiges Bewegungssehen (ca. 50–60 Bilder/Sekunde)
Verarbeitung von zwei Sätzen visueller Information gleichzeitig	Verarbeitung eines Satzes visueller Information

[DLG18]

## Licht aus technischer Sicht

- Elektromagnetische Strahlung, dessen Bereich für das menschliche Auge sichtbar ist (380 nm - 780 nm)
- UV-Strahlung zählt aus technischer Definition nicht zum Licht

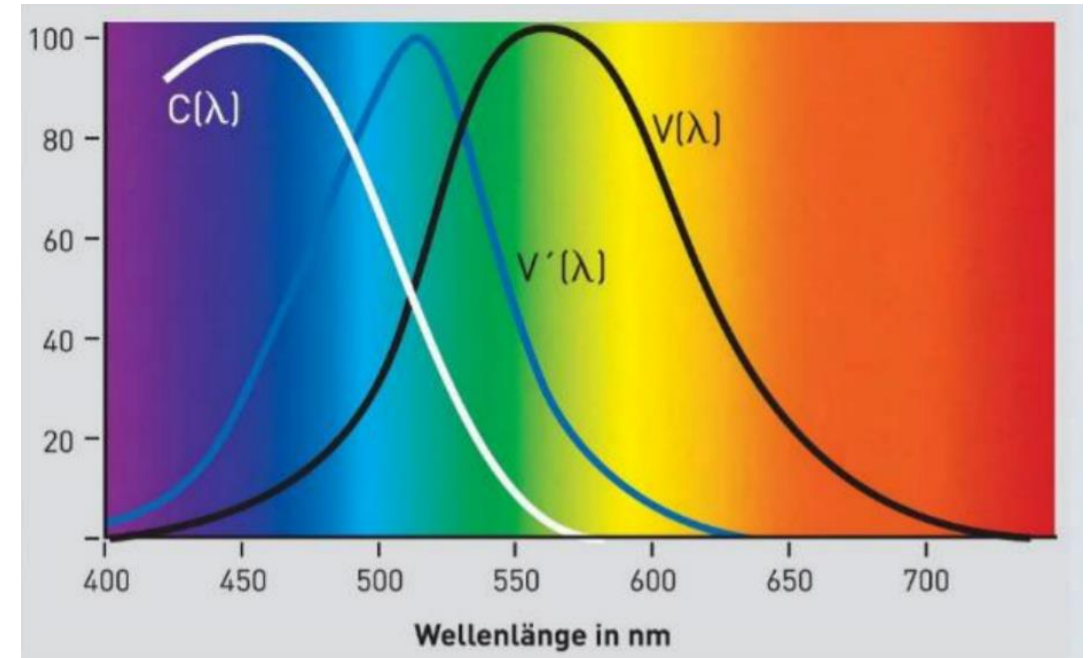


[Lic06]

## Lichtstrom

$$\phi = K_m \cdot \phi_e \cdot V(\lambda)$$

- $K_m$  = Skalierungsfaktor (683 lm/W bei photopischen Sehen / Tagesehen)
- $\phi_e$  = physikalische Strahlungsleistung [W]
- $V(\lambda)$  = spektraler Hellempfindlichkeitsgrad\*



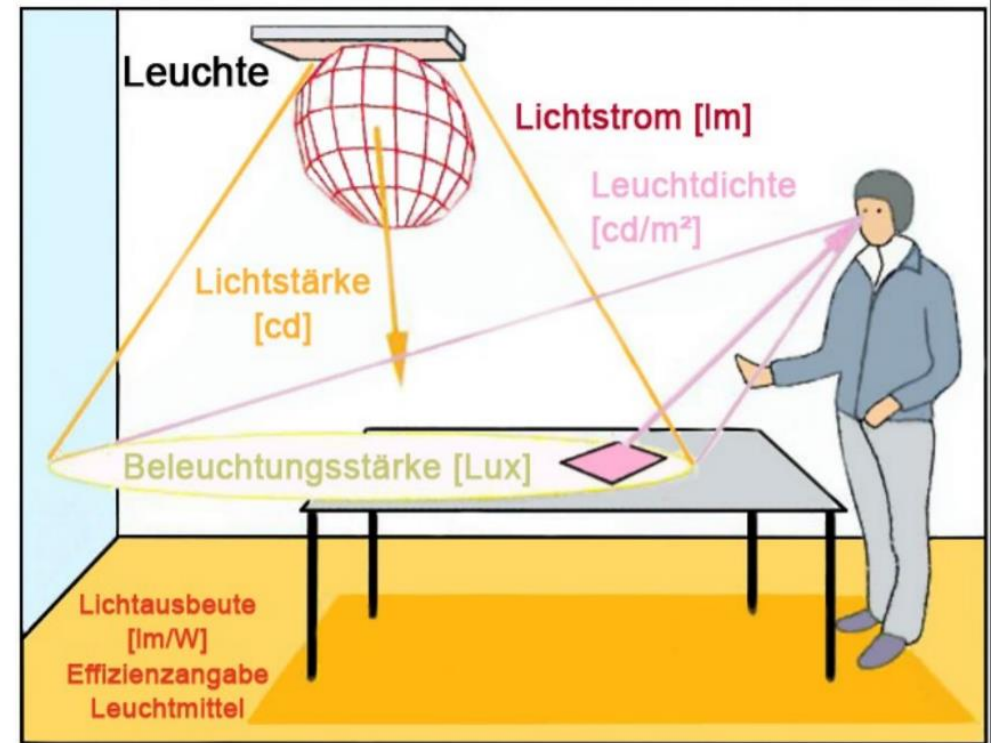
\* $V(\lambda)$  ist definiert von 360 nm - 830 nm und gilt für einen 2° Standardbeobachter! Gilt also nur für ein 2° großes Gesichtsfeld, das des zentralen Bereich des scharfen Sehens beim Menschen für Tagesehen entspricht

## Lichttechnische Grundgrößen

- Lichtstrom  $\phi$  [lm]
- Lichtstärke  $I$  [cd]
- Beleuchtungsstärke  $E$  [lx oder lm/m<sup>2</sup>]
- Leuchtdichte  $L$  [cd/m<sup>2</sup>]

## Strahlungsphysikalische (radiometrische) Grundgrößen

- Strahlungsfluss  $\phi_e$  [W]
- Strahlstärke  $I_e$  [W/sr]
- Bestrahlungsstärke  $E_e$  [W/m<sup>2</sup>]
- Strahldichte  $L_e$  [W/m<sup>2</sup>sr]



[Lic06]

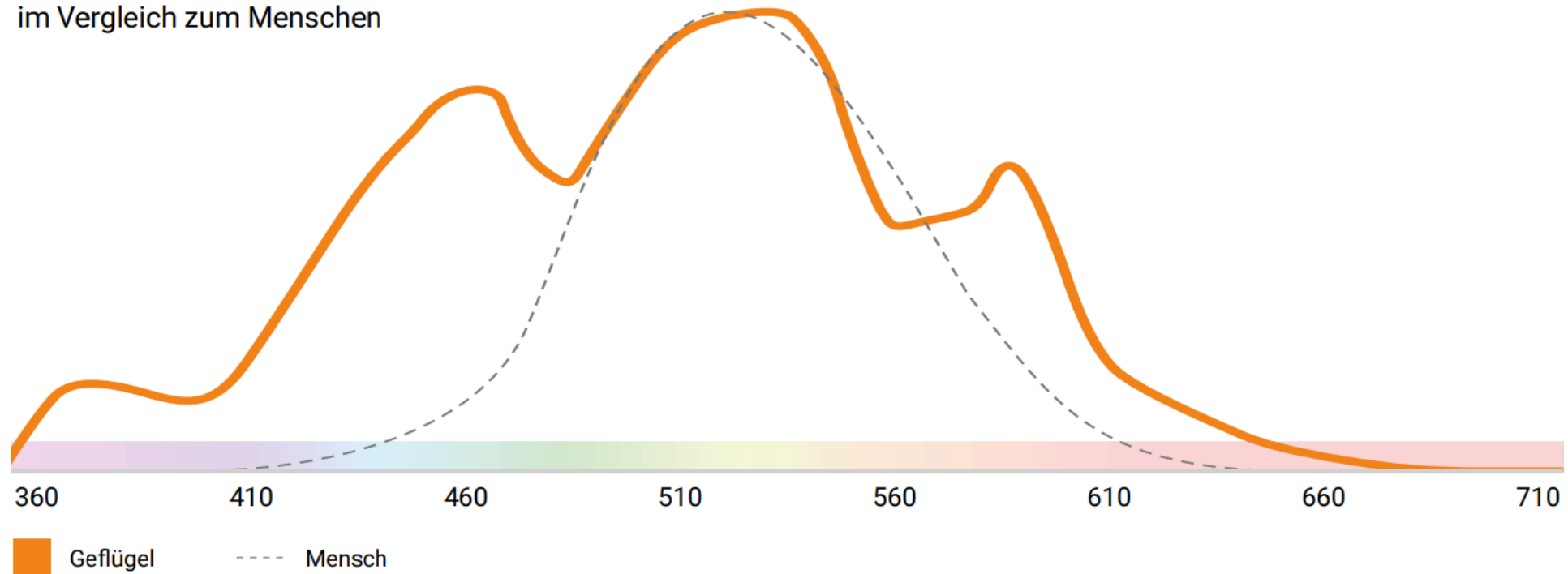
## Bewertung nach der „Hellempfindlichkeit des Geflügels – Gallilux“?

- Gallilux beinhaltet zwar UV-Anteile, weist aber zudem einige Schwächen auf:
  - Aus einzelnen Empfindlichkeiten der Photorezeptoren lässt sich nicht auf eine gesamte Hellempfindlichkeit aufsummieren
  - Anzahl und Lage der Rezeptoren sind zwar bekannt, aber die neuronale Verschaltung und weitere Verarbeitung ist unbekannt
  - $K_m$  als Skalierungsfaktor ist für das Geflügel nicht genau nachzuweisen

**Wahrnehmung ist die Fähigkeit Reize aufzunehmen, zu verarbeiten und diesen einen Sinn zu geben**

# Sehvermögen Geflügel und Mensch

Spektrale Augenempfindlichkeit von Geflügel  
im Vergleich zum Menschen



[DLG18]



## Zielgruppe Landwirt und Veterinär

- Messung der Beleuchtungsstärke - als mittlere, horizontale Beleuchtungsstärke
- Messprotokoll zu den Umfeldbedingungen
  - Zeit (Datum und Uhrzeit)
  - Temperatur
  - Beschreibung der Lichtquellen (u. a. Leistung, Farbort, -wiedergabe und UV-Anteile)
  - Geometrie und Anordnung der Beleuchtungsanlage
  - Einstellung/ Parameter der Lichtsteuerung

## Zielgruppe Wissenschaft und Entwicklung

- Zusätzlich Leuchtdichte an ausgewählten Messpunkten
- Bestrahlungsstärke (radiometrische Betrachtung in 1 nm bis max. 5 nm Auflösung)
- Frequenz (Flickeranteile)

## Beleuchtungsstärke

- Ist der wichtigste beleuchtungstechnische Planungswert
- Beschreibt den flächenbezogenen Lichtstrom, der auf ein beleuchtetes Objekt trifft
- Bewertung als horizontale, vertikale oder (halb-) zylindrische Beleuchtungsstärke

## Leuchtdichte

- Beschreibt die (vom menschlichen Auge) wahrgenommene Helligkeit einer Fläche, die als Lichtquelle oder durch Transmission bzw. über Reflexion Licht abgibt
- Verwendung bei der Bewertung von Straßen, die mit Geschwindigkeiten über 30 km/h befahren werden

In der Lichtmesstechnik gibt es keine Mehrflächen- oder Würfelmessung zur Bestimmung der mittleren Beleuchtungsstärke!

## Messraster zur messtechnischen Bewertung der Beleuchtungsstärke (allgemein)

- Zur Messung der Beleuchtungsstärken die Grundfläche des Raumes möglichst in quadratische Teilflächen aufteilen
- Messraster darf nicht mit dem Rastermaß der Leuchtenanordnung übereinstimmen
- Nicht direkt unter Leuchten messen (nur Maximalwerte)
- Vorgaben zum Messraster können DIN EN 12464 und DIN EN 12193 entnommen werden

Empfehlung licht.de

Raumlänge	Messpunktabstand
5 m	0,5 m
10 m	1 m
50 m	3 m

[Lic06]

## Messraster zur messtechnischen Bewertung der Beleuchtungsstärke (DIN EN 12464)

$$p = 0,2 \times 5^{\log_{10}(d)} \quad (1)$$

Dabei ist

$$p \leq 10 \text{ m};$$

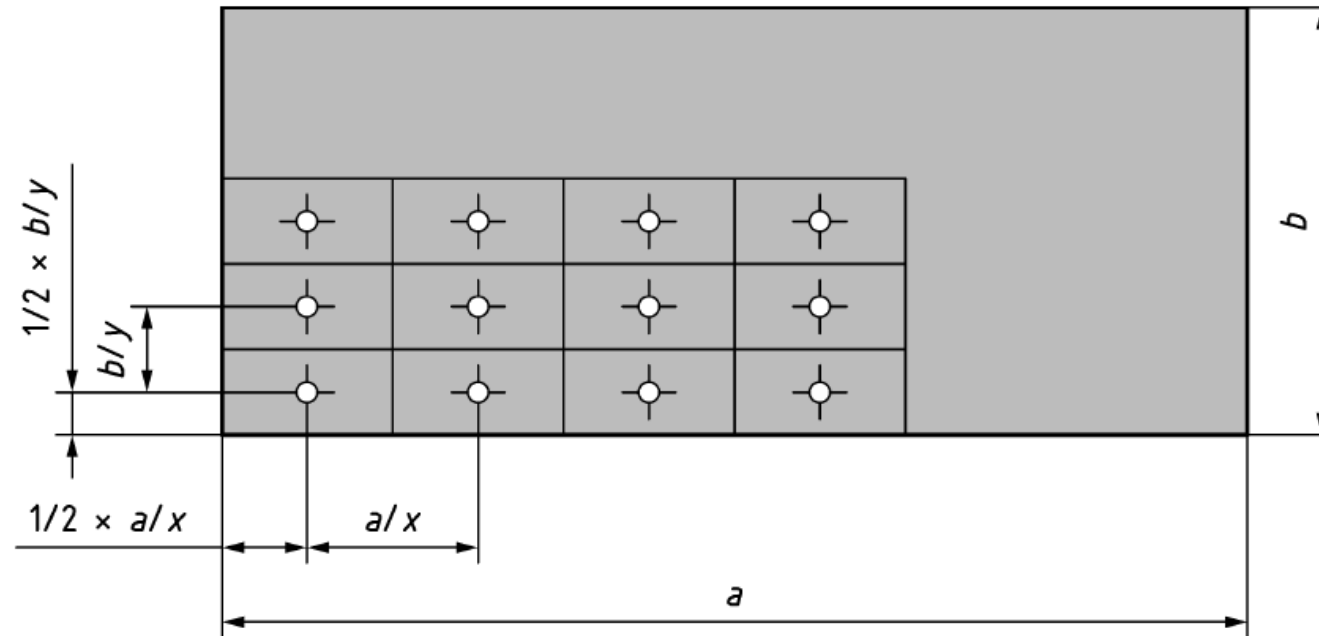
$d$  die längere Ausdehnung der Berechnungsfläche (m), wobei für den Fall, dass das Seitenverhältnis der längeren zur kürzeren Seite 2 oder mehr beträgt, wird  $d$  die kürzere Ausdehnung der Fläche; und

$p$  die maximale Rasterfeldgröße (m).

Die Anzahl der Punkte der relevanten Ausdehnung ist durch den gerundeten ganzzahligen Wert des Verhältnisses  $d/p$  gegeben.

[DIN12464-1]

## Messraster zur messtechnischen Bewertung der Beleuchtungsstärke (DIN EN 12464)



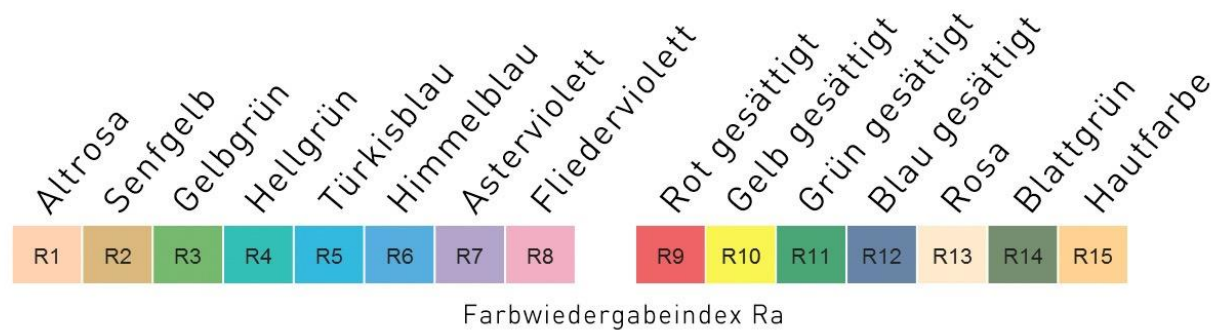
### Legende

- $a$  Maß der längeren Seite des Berechnungsbereichs/Verifizierungsbereichs
- $b$  Maß der kürzeren Seite des Berechnungsbereichs/Verifizierungsbereichs
- $x$  Anzahl der Punkte auf der längeren Seite
- $y$  Anzahl der Punkte auf der kürzeren Seite

[DIN12464-1]

## Farbwiedergabe

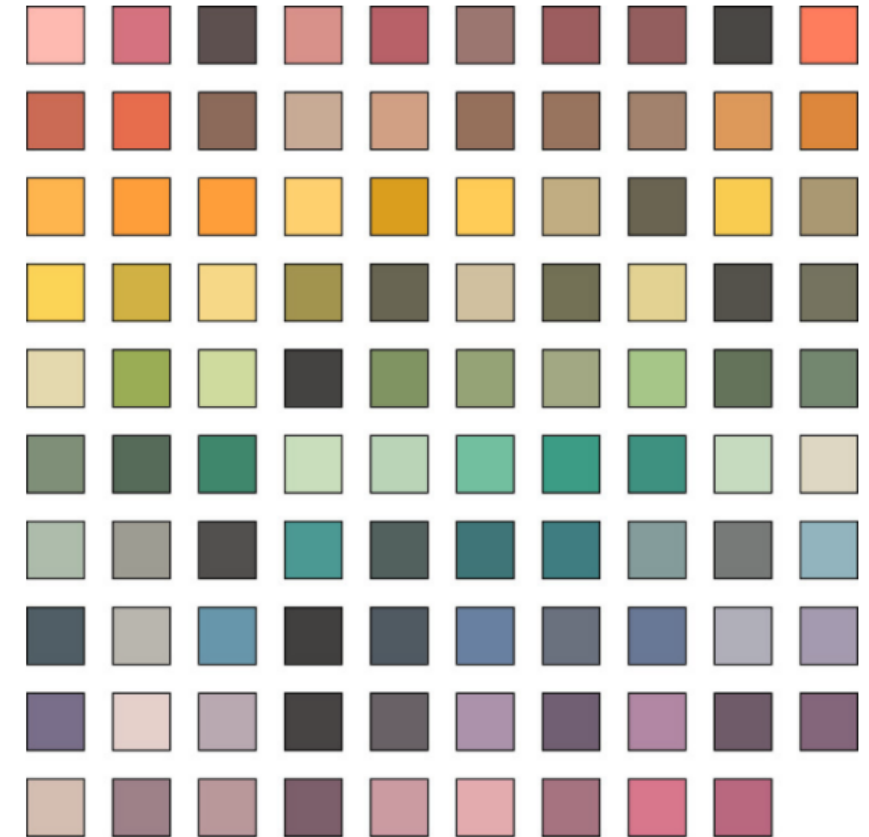
- Farbwiedergabeindex  $R_a$  (CRI) als einfachste Angabe
  - Beinhaltet jedoch nur nach  $R_1$  bis  $R_8$
  - Bewertet kein UV-Anteil
  - $R_9$  von großer Bedeutung, jedoch nicht enthalten



[Lic24]

## Farbwiedergabe

- CRI ist weltweit gültig, für LEDs jedoch nicht immer ausreichend (nur 8 Testfarben, keine Farbsättigung)
- IES (Illuminating Engineering Society) mit Sitz in New York entwickelte neue Bewertungsmatrix
- IES TM 30-15 und 30 - 18 gilt nun als Ergänzung und ist durch die CIE (Commission International de l'Eclairage) nicht anerkannt
- Nutzung der TM 30 Farbtreue-Bewertung  $R_f$  ist zu wissenschaftlichen Zwecken in Europa möglich

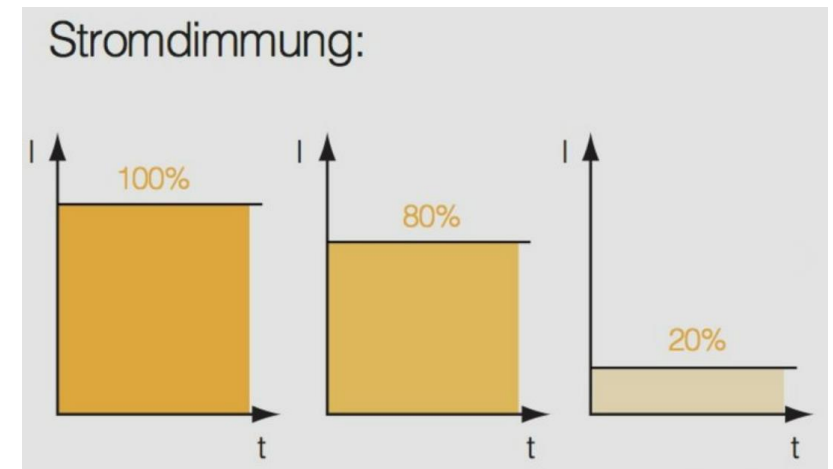
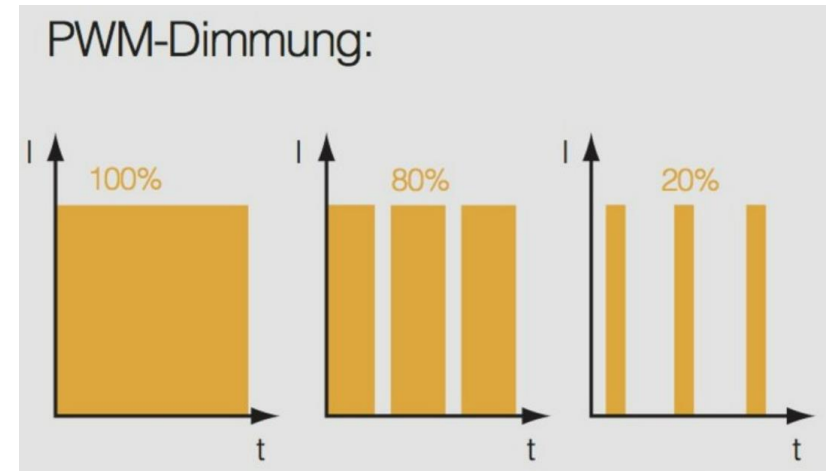


99 Testfarben für TM-30-15 und ein etwas anderer Algorithmus für die Farbabweichung (Bild: Herbert Bernstädt)

[Pro24]

## Flimmerfreiheit

- Flimmern von Lichtquellen sowie Pulsation und Stroboskop-Effekte verursachen Sehstörungen und können zu Ermüdung und Kopfschmerzen führen (Stress und Verhaltensstörungen beim Geflügel)
- Glühlampen sind sehr träge, Halbleiter (LED) reagieren jedoch innerhalb von 300 ms
- Einfache Treiber (für LEDs) arbeiten mit doppelter Netzfrequenz (100 Hz) und sind für Geflügel nicht geeignet
- Netzschwankungen, defekte Treiber oder Wechselwirkungen können ungewollte Lichtblitze verursachen



[Lic24b]

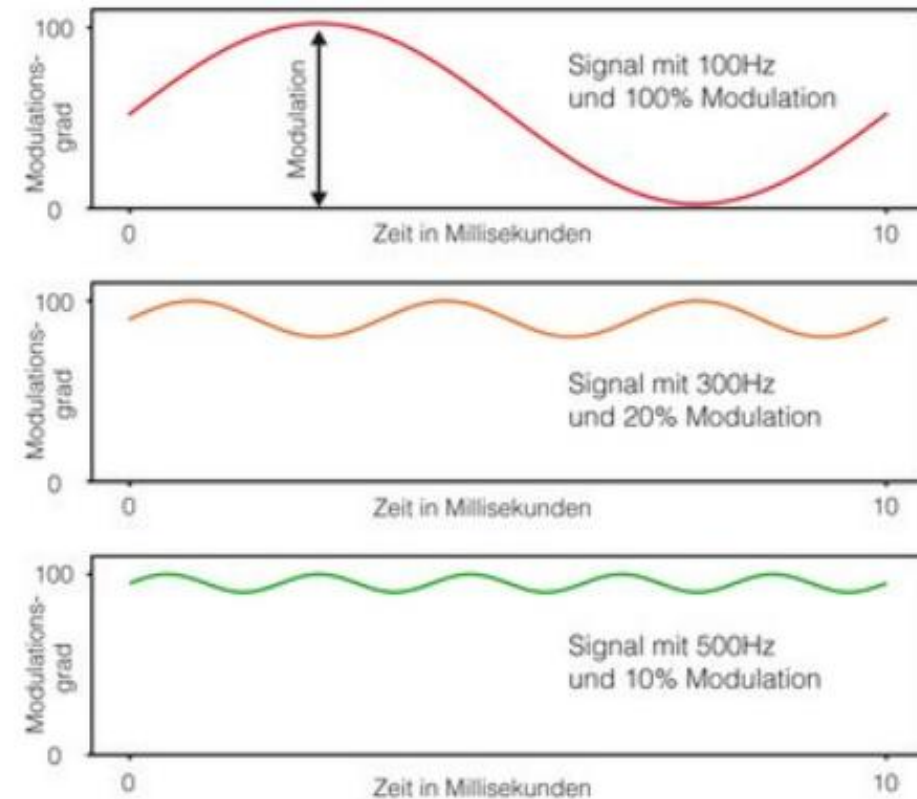
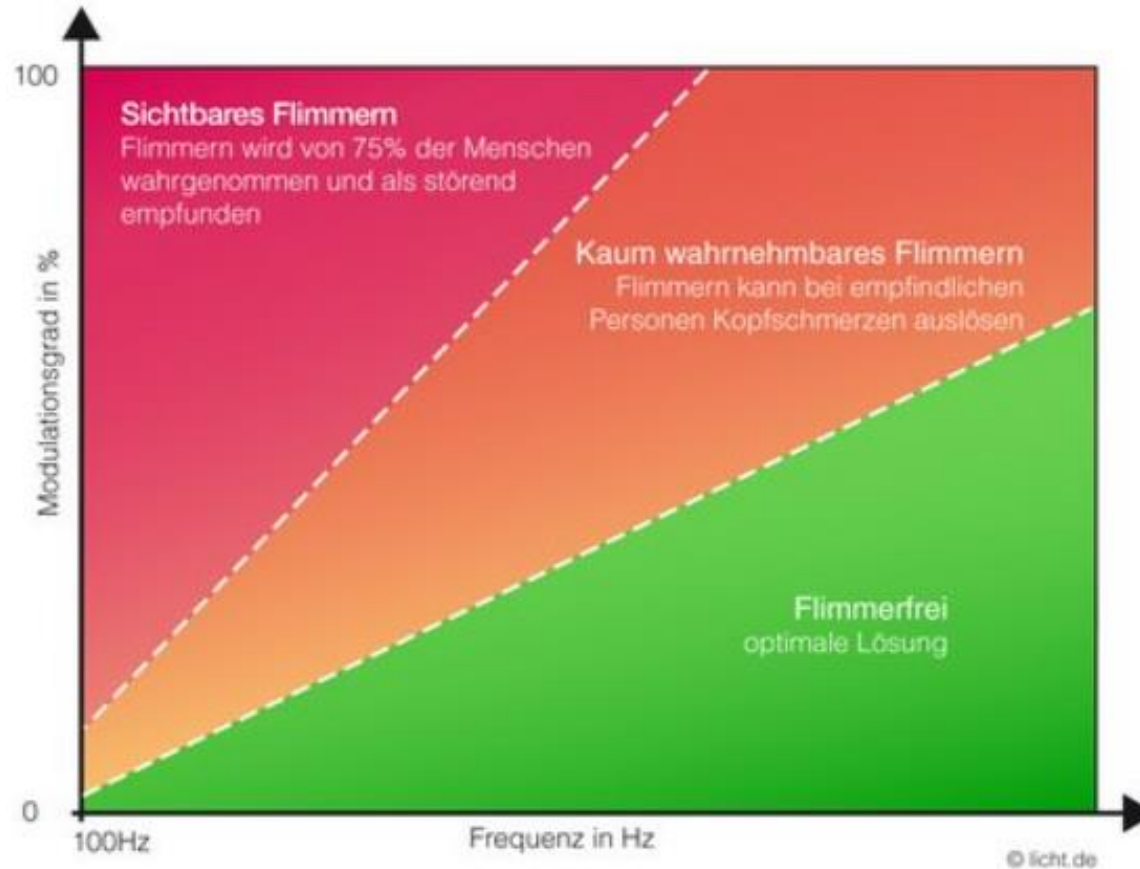


# Zielgruppenspezifische Bewertung der Qualität

## Flimmern von Lichtquellen mit dem Handy erkennen



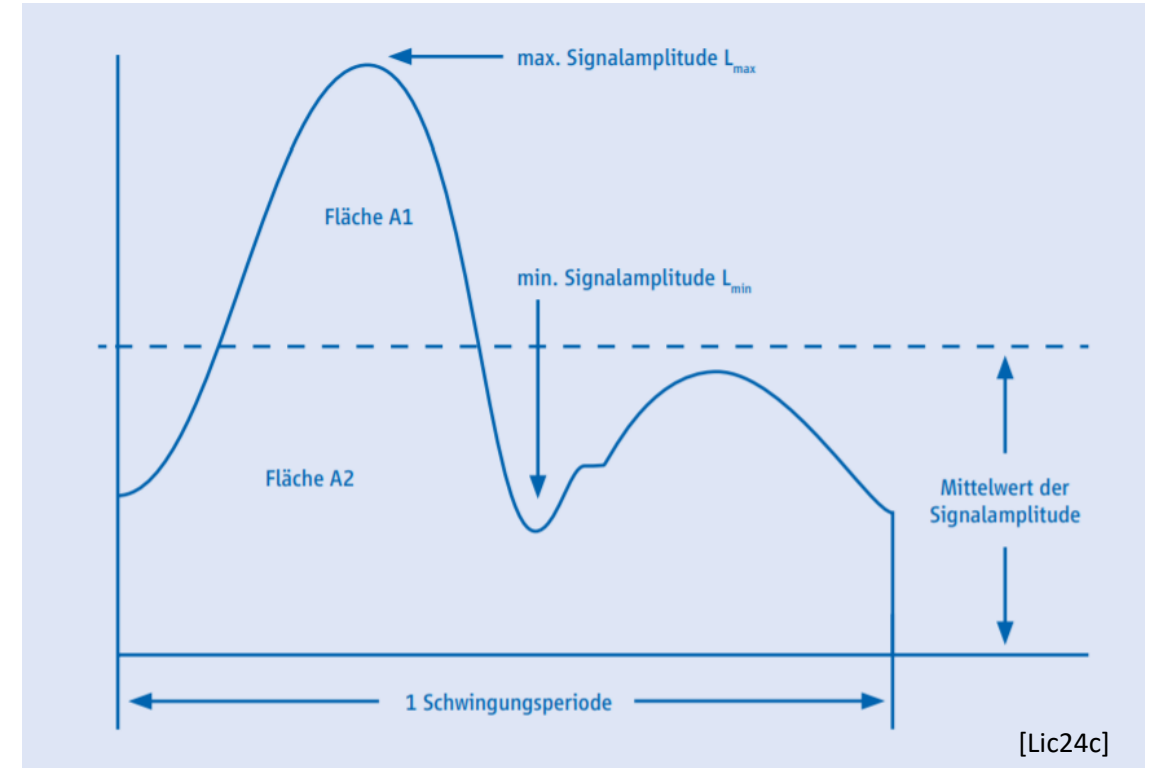
## Flimmern von Lichtquellen



[Lic24d]

## Temporal Light Artefacts (TLA) durch Lichtmodulation

- Visuell wahrnehmbare Effekte, die durch Lichtquellen hervorgerufen werden und sich in Intensität oder Spektralverteilung ändern
- Flimmern tritt bei statistischen Objekten und Stroboskop-Effekt bei bewegten oder rotierenden Objekten auf
- Unstetigkeit visueller Empfindungen, hervorgerufen durch Lichtreize mit zeitlicher Schwankung der Leuchtdichten oder der spektralen Verteilung



Die Formel zur Berechnung des Flicker-Index (FI) lautet:  $FI = \frac{A1}{A1 + A2}$

Die Modulationstiefe (MD) ist wie folgt definiert:  $MD = \frac{(L_{max} - L_{min})}{(L_{max} + L_{min})} \cdot 100\%$

- Aktuelle und standardisierte Bewertung mittel Lux und Lumen nur für Menschen gültig
- Gallilux besser als Lux, aber mit Vorsicht zu nutzen und nicht überbewerten
- Sehvermögen Geflügel benötigt radiometrische Betrachtung (Bestrahlungsstärke)
  
- Messraster den Gegebenheiten vor Ort individuell anpassen
- Ausführliches und nachvollziehbares Messprotokoll erstellen
- Beleuchtungsstärke nur Planungsgröße, kein Helligkeitseindruck
- Horizontale, vertikale oder (halb-) zylindrische Beleuchtungsstärke
- Physikalisch-lichttechnisch betrachtet gibt es keine Mehrflächen- oder Würfelmessung
  
- Lichtqualität nach Farbeindruck und Flimmerfreiheit bewerten
- Erste Konzepte vorhanden, jedoch weiterhin sehr großer Forschungsbedarf

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Kontakt:**

Dr. Daniel Werner, LWK NRW – FB 71  
Referent für Tierhaltungstechnik

E-Mail: [daniel.werner@lwk.nrw.de](mailto:daniel.werner@lwk.nrw.de)

- [Bae16] Baer, R.; Barfuss, M.; Seifert, D. Beleuchtungstechnik- Grundlagen, huss, 2016
- [DLG18] DLG-Merkblatt 438: Beleuchtung und Beleuchtungstechnik im Geflügelstall, 10.2018
- [DIN12464] Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen; Deutsche Fassung EN 12464-1:2021, Version 11.2021
- [Lic06] licht.de, Fördergemeinschaft Gutes Licht - eine Brancheninitiative des ZVEI e.V.: licht.wissen 01 - Die Beleuchtung mit künstlichem Licht, e&b engelhardt und bauer Kraft Druck GmbH, Ettlingen, 2006
- [Lic24] <https://www.licht.de/de/grundlagen/beleuchtungsqualitaet/farbwiedergabe>, letzter Zugriff 02.2024
- [Lic24b] <https://www.licht.de/de/grundlagen/lichtlexikon/details-lichtlexikon/dimmen>, letzter Zugriff 02.2024
- [Lic24c] [https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen\\_Downloads/ZVEI-Schriften/2111\\_ZVEI\\_Lichtmodulation\\_TLA.pdf](https://www.licht.de/fileadmin/Publikationen_Downloads/ZVEI-Schriften/2111_ZVEI_Lichtmodulation_TLA.pdf), letzter Zugriff 02.2024
- [Lic24d] <https://www.licht.de/de/grundlagen/beleuchtungsqualitaet/flimmerfreiheit>, letzter Zugriff 02.2024
- [Pro24] <https://www.production-partner.de/basics/farbwiedergabe-tm-30-15-cri-und-co/#TM-30>, letzter Zugriff 02.2024