



HOCHSCHULE OSNABRÜCK  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



## Licht im Geflügelstall:

Was

- muss,
- soll,
- kann

man aktuell umsetzen

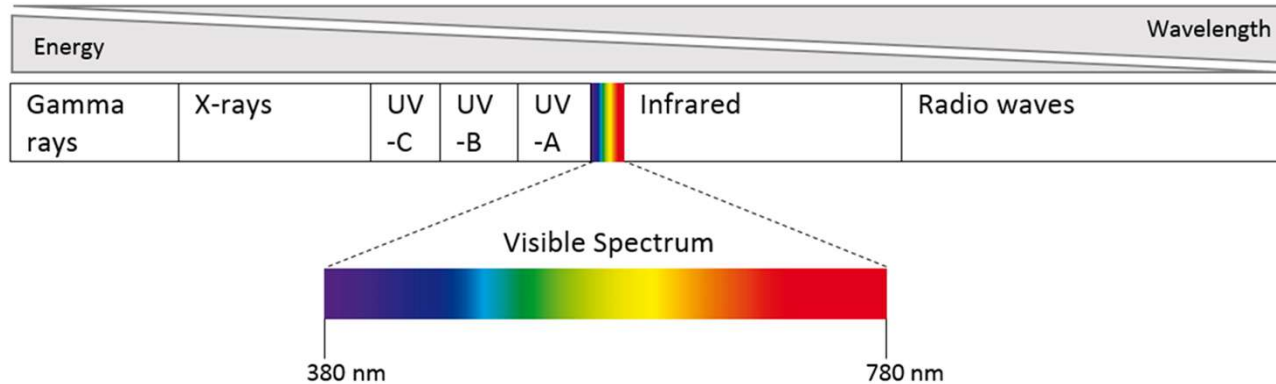
*Robby Andersson*

Geflügelgesundheitsdienst Bayern  
24.10.18, Grub  
30.10.18, Triesdorf

# Gliederung

- **Rahmenbedingungen**, u.a. rechtliche
  - Gesetze, Verordnungen, Empfehlungen
  - ➔ Definition „natürliches Licht“
- **Sehen**
  - Farbwahrnehmung
  - Flimmerfusionsfrequenz
  - Spektrale Hellempfindlichkeit
- **Technische Möglichkeiten**
  - Spektrum
  - Flackern
  - Stallausleuchtung

# Was ist Licht ?



elektromagnetisches Spektrum

→ Licht ist eine Form von Energie

Merkmale von Licht bei künstl. Leuchten:

- Lichtspektrum (Wellenlängen in  $W/m^2$  pro nm)
- Frequenz (Hz)
- Lichtintensität (Lumen, Candela, Lux)
- Lichtprogramm

# Rahmenbedingungen

Gesetze, Verordnungen, Empfehlungen

# „Rahmenbedingungen“

	Legehennen	Masthühner	Puten	Peking- und Moschusenten
<b>Lichtöffnungen (Tageslichteinfall)</b>	Mind. 3 % der Stallgrundfläche, <b>gleichmäßig verteilt</b> <sup>1) 2)</sup>			Möglichst Tageslicht ( <b>gleichmäßiger Einfall</b> ) <sup>5) 6) 7)</sup> ; mind. 3 % der Stallgrundfläche <sup>7)</sup>
<b>... für Neubauten ab:</b>	13.3.2002 <sup>1)</sup>	9.10.2009 <sup>1)</sup>	1.10.2013 <sup>2)</sup>	bei Stall Neu- und Umbauten <sup>7)</sup>
<b>Dunkelperiode</b>	<b>Mind. 8 Stunden<sup>1)</sup></b>	<b>Mind. 6 Stunden<sup>1)</sup></b> ; Dämmerungsperiode ist nicht berücksichtigt <sup>1)</sup>	<b>Möglichst mind. 8 Stunden<sup>2)</sup></b>	<b>Richtwert: 8 Stunden</b> <sup>5) 6) 7)</sup>
	ununterbrochen <sup>1)</sup>		–	Ununterbrochen <sup>5) 6) 7)</sup>
<b>Beleuchtungsintensität Dunkelperiode; Dämmerungsperiode</b>	< 0,5 Lux, ausreichende Dämmerungsphasen <sup>1)</sup>	–	Max. 0,5 Lux <sup>2)</sup> , Dämmerungsphasen empfohlen <sup>2)</sup>	Angemessene Dämmerungsphasen <sup>5) 6) 7)</sup> ; max. 2 Lux <sup>7)</sup>
<b>Beleuchtungsintensität Lichtperiode</b>	(keine Angaben in <sup>1)</sup> ); <b>Mind. 20 Lux</b> in Augenhöhe der Tiere, gemessen in 3 Ebenen <sup>3)</sup>	<b>20 Lux</b> in Tierkopfhöhe <sup>1) 3)</sup> , gemessen in 3 Ebenen <sup>3)</sup> , Ausleuchtung mind. 80 % der Nutzfläche <sup>1)</sup>	<b>20 Lux<sup>2)</sup> / 10 Lux <sup>4)</sup></b> in Tieraughöhe gemessen in 3 Ebenen <sup>2) 5)</sup>	Ausreichendes Licht für natürliches Verhalten; Erkennen der Umgebung und Artgenossen <sup>5) 6)</sup> ; <b>20 Lux</b> in Augenhöhe der Tiere <sup>7)</sup>

<sup>1)</sup> TierSchNutzV (2017); <sup>2)</sup> Eckwerte Putenhaltung (2013); <sup>3)</sup> Europaratsempfehlung Gallus gallus (1995); <sup>4)</sup> Europaratsempfehlung Meleagris gallopavo ssp. (2002); <sup>5)</sup> Europaratsempfehlung Anas platyrhynchos (1999); <sup>6)</sup> Europaratsempfehlung Cairina moschata und Hybriden von Cairina moschata x Anas platyrhynchos (1999); <sup>7)</sup> Vereinbarung über die Weiterentwicklung der Mindestanforderungen an die Haltung von Pekingenten

# „Rahmenbedingungen“

	Legehennen	Masthühner	Puten	Peking- und Moschusenten
Lichtprogramm	<b>24-Stunden Rhythmus</b> <sup>3)</sup>	<b>24-Stunden Rhythmus</b> <sup>1),3)</sup> , ab Tag 7 bis 3 Tage vor dem Schlachttermin <sup>1)</sup>	<b>Natürlicher Tag-Nacht-Rhythmus</b> <sup>2)</sup>	<b>24-Stunden Rhythmus</b> <sup>7)</sup> nach den ersten Tagen <sup>5) 6)</sup> ; Abweichungen in der Eingewöhnungszeit (max. 3 Tage) sind zulässig <sup>7)</sup>
Frequenz	künstl. Beleuchtung <b>flackerfrei</b> , entsprechend den tierartspezifischen Anforderungen <sup>1), 2), 3) 7)</sup>			
Spektrum	künstl. Beleuchtung soweit wie möglich dem <b>natürlichen Licht</b> entsprechend <sup>1) 2)</sup>			Ausgewogenes Farbspektrum mit <b>UV-A-Anteil</b> <sup>7)</sup>
Ausnahmeregelung	–	Zeitliche Einschränkung der Lichtintensität und des natürlichen Lichteinfalls durch tierärztliche Indikation zulässig <sup>1) 2)</sup>		–

1) TierSchNutzV (2017); 2) Eckwerte Putenhaltung (2013); 3) Europaratsempfehlung Gallus gallus (1995); 4) Europaratsempfehlung Meleagris gallopavo ssp. (2002); 5) Europaratsempfehlung Anas platyrhynchos (1999); 6) Europaratsempfehlung Cairina moschata und Hybriden von Cairina moschata x Anas platyrhynchos (1999); 7) Vereinbarung über die Weiterentwicklung der Mindestanforderungen an die Haltung von Pekingenten

# Natürliches Licht?

## Vier Standorte

- unter freiem Himmel (A)
- am Waldrand (B)
- im Gebüsch (C)
- im Wald (D)

Monate: 12 Monate

Tage: 2 Tage/ Monat

Uhrzeiten: 6-8-10-12-14-16-18-20-22 Uhr

## Lichtmessung

kalibriertes Spektrometer 300-1000 nm

Messung: 90 ° Lotrecht

Streuscheibe: +- 85 Grad

S-X4 Light analyser, Fa. Gigahertz-Optik

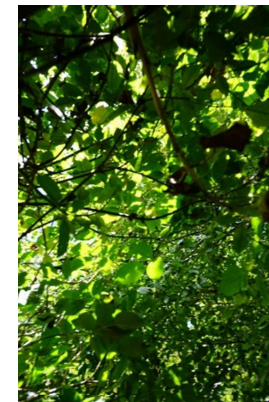
Messpunkt A



Messpunkt B



Messpunkt C



Messpunkt D



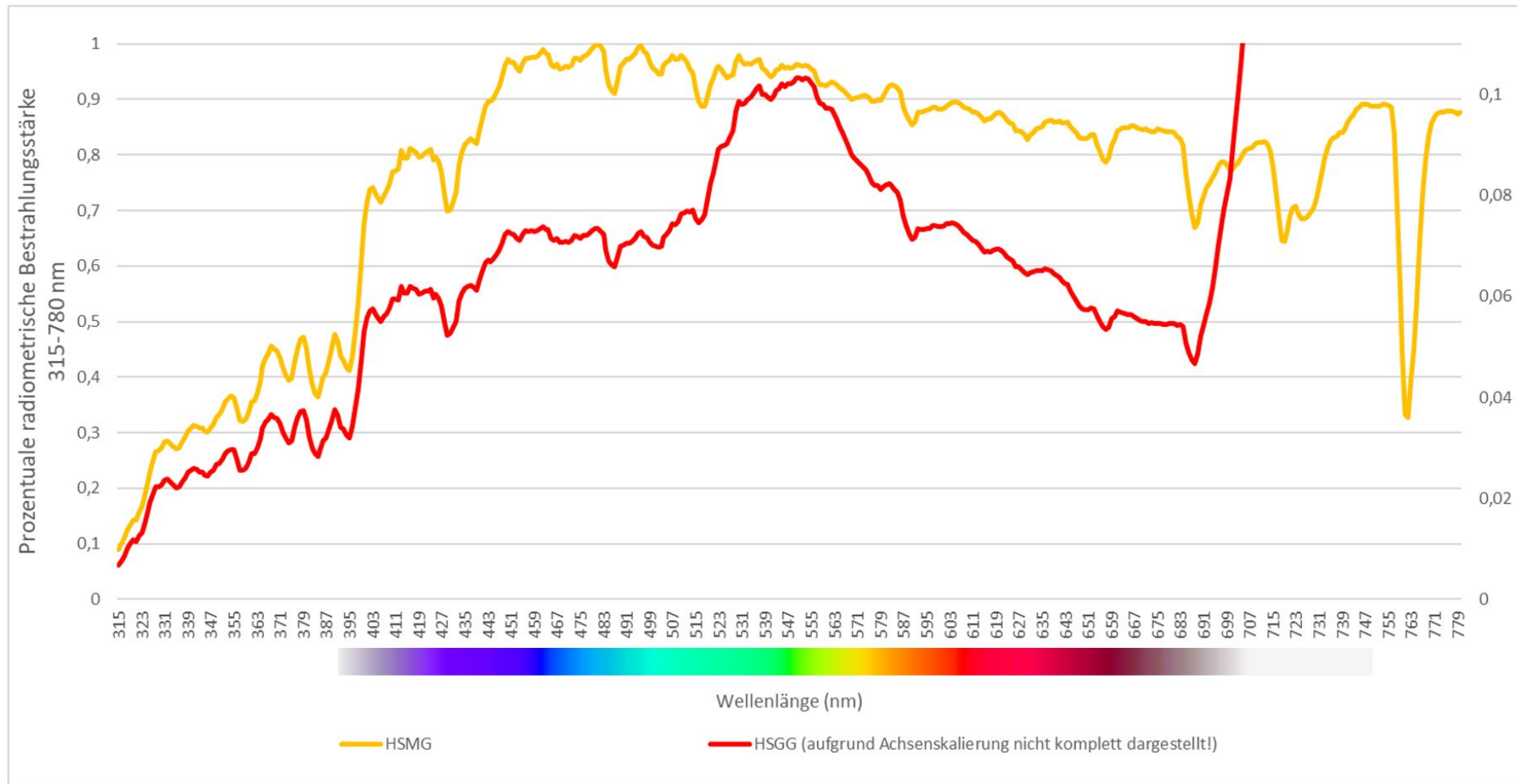
# Definition von Tageslicht bzw. „natürliches Licht bei Geflügel“

- Keine allg. Definition von „nat. Licht“ möglich
- Deutliche Unterschiede zwischen den Standorten  
→ Berücksichtigung des natürlichen Habitats

Tierart	Nat. Habitat	UV-A Anteil
Huhn	<ul style="list-style-type: none"><li>• Habitat: Dschungel subtropische Wälder Südostasiens → Messorte: Wald / Gebüsch</li><li>• Jahreszeit → Sommer</li></ul>	Ca. 2,5 % [0,0 – 5,2 %]
Pute	<ul style="list-style-type: none"><li>• Habitat: Mischwald + Steppen südmexikanische Steppen, Waldränder und lichte Wälder → Messorte: Wald, Waldrand, Freier Himmel</li><li>• Jahreszeit → Ganzes Jahr</li></ul>	Ca. 5,8 % [0,0 – 14,0 %]



# Habitat-Spektrum Huhn (HSGG) und Pute (HSMG)



# „Sehen“

Farbwahrnehmung,  
Flimmerfusionsfrequenz,  
spektrale Hellempfindlichkeit

# Wahrnehmung unterscheidet sich zw. Mensch und Vogel → Farbe: Zapfen

## Mensch

- Zapfentypen: 3

→ **3 dimensionale Farbenfindung**

- Zapfen der Netzhaut nehmen Licht der Wellenlängen von **400 nm – 750 nm** wahr (AUGUSTIN 2007)



## Geflügel

- Zapfentypen: 5

→ **4 - 5 dimensionale Farbenfindung**

- Zapfen der Netzhaut nehmen Licht der Wellenlängen von **~ 320 nm – 780 nm** wahr

z.B. Angaben für Wellenlängen UV-A :

- ab 380 nm (SAUNDERS et. al. 2008)
- ~ 380 nm (PRESCOTT und WATHES 1999)
- ab 350 nm (LEWIS und MORRIS 2006)
- Enten: Ab 326 nm (BARBER et al. 2006)



Flimmerfusionsfrequenz:  
**zw. 50 und 60 Hz**

Flimmerfusionsfrequenz:  
**zw. 75 und 120 Hz**

A1

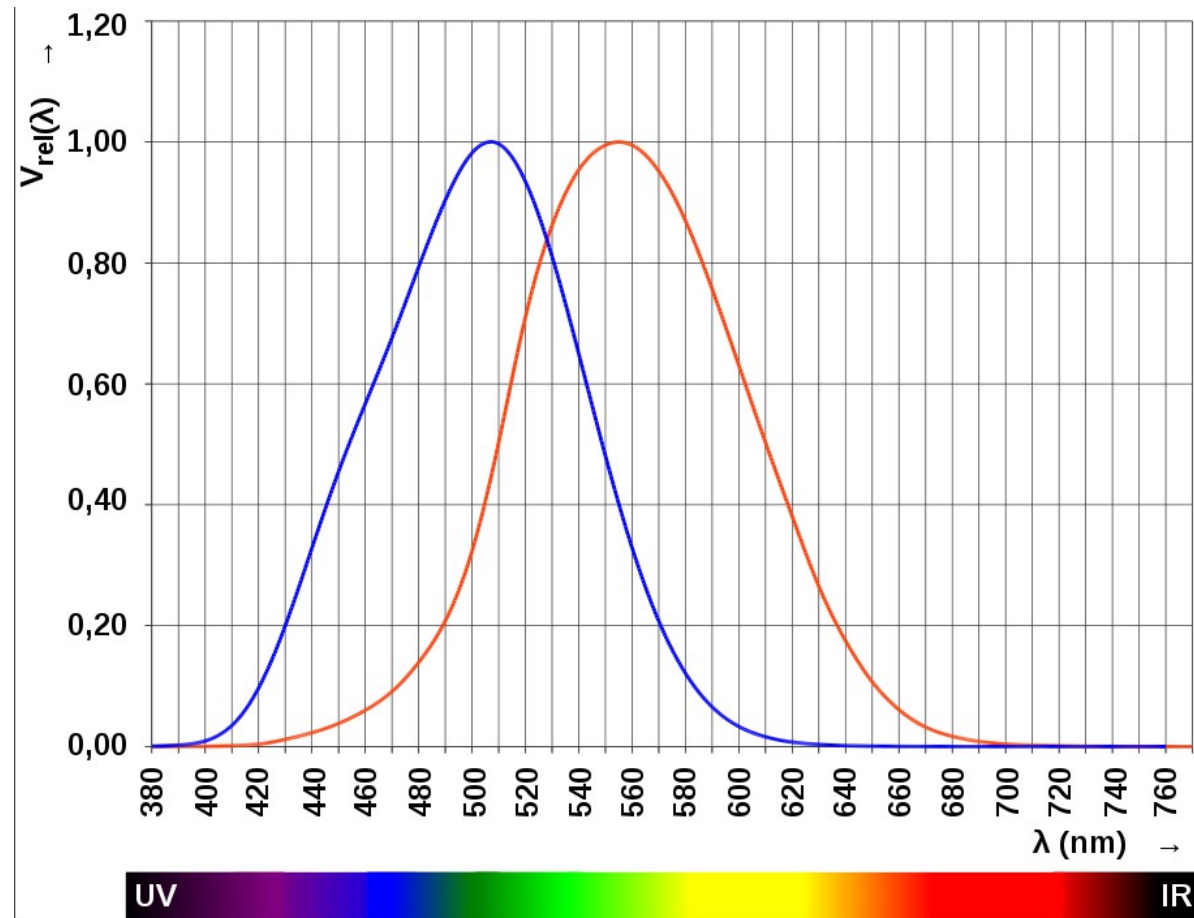
## Folie 11

---

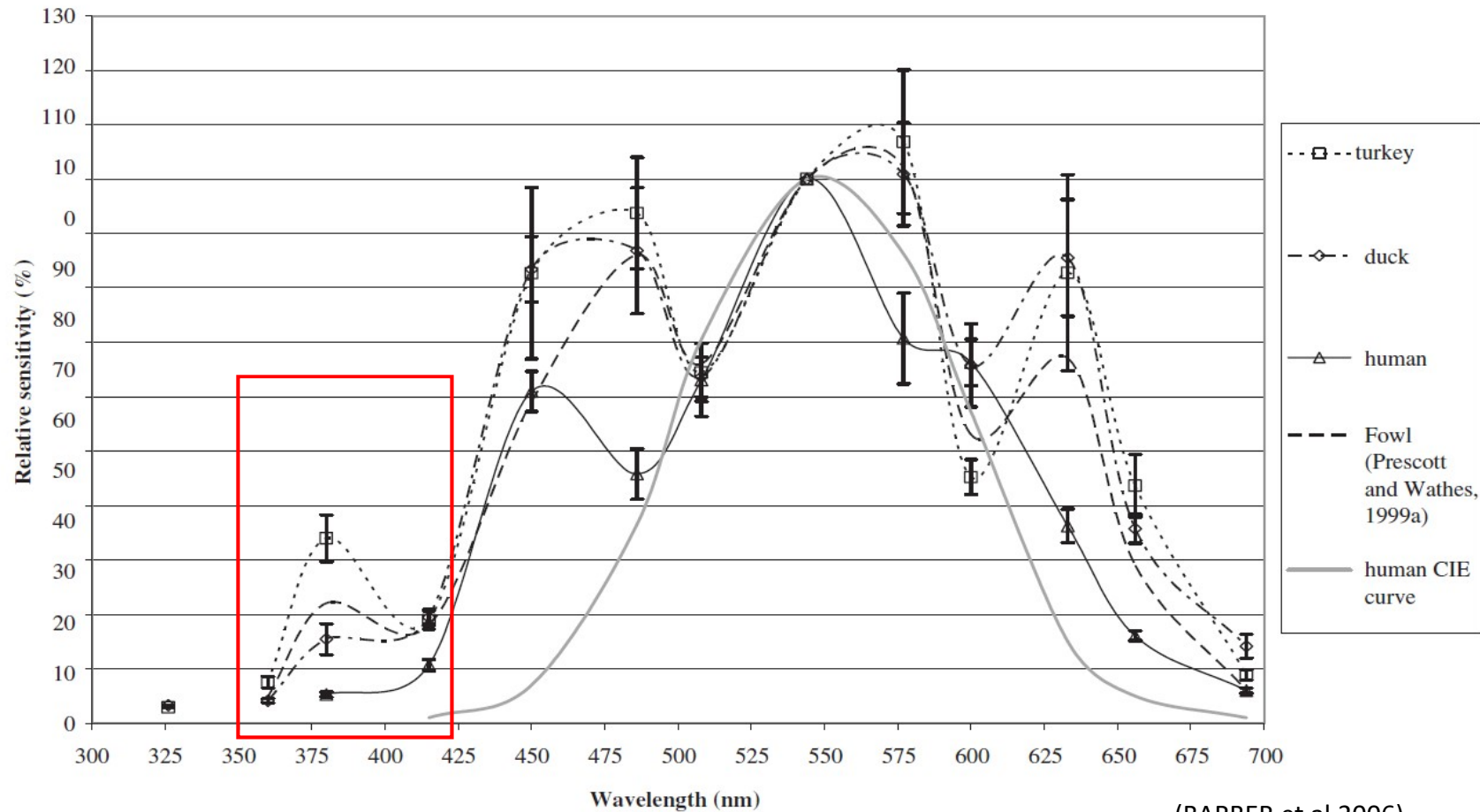
**A1**

FFF im photopischen Bereich:  
Vogel ab ca 8 Lux, Mensch am 20 Lux  
Alina; 11.10.2018

# Tag-, Nacht- sehen: Mensch (rot: Tag, blau: Nacht)



# Vergleich der Spektralen Hell-Empfindlichkeit



(BARBER et al.2006)

# Wirkung von Licht auf den Vogel

Licht hat drei Effekte auf den Vogel (LEWIS und MORRIS 2000)

<b>Auge</b>	<b>Retina &amp; Zirbeldrüse</b>	<b>Hypothalamus</b>
Wahrnehmung (Farben Sehen)	Helligkeit Tag/Nacht Rhythmus	Sexualhormone (Reife & Mauser)
→ Stäbchen = S/W → Zapfen = Farbe	→ Retinale Ganglienzellen & Melanopsin	



# Bedeutung der Farbwahrnehmung



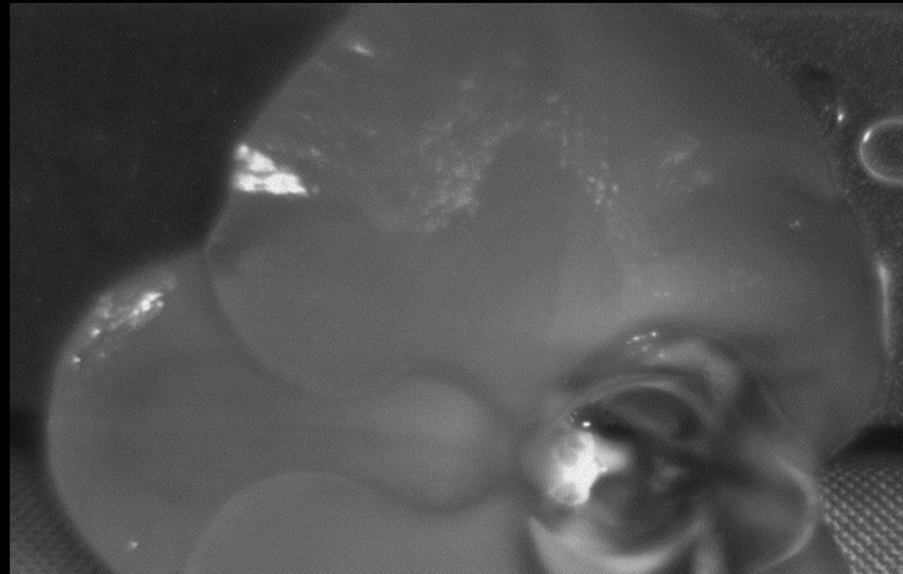
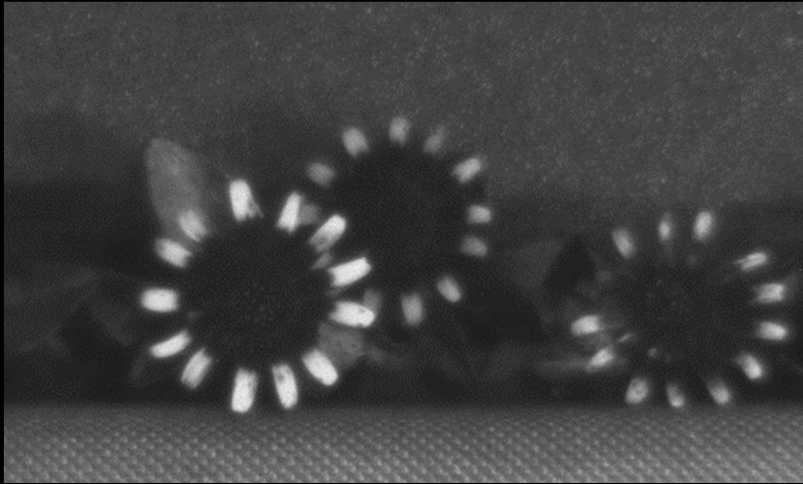
- + Licht
- + Anatomie
- + Physiologie
- + Verarbeitung

---

= Wahrnehmung



# UV-A Perzeption verändert die Wahrnehmung



A3  
A4

# Farbeffekte je Beleuchtungsart



## Folie 17

---

**A3** Alina; 11.10.2018

**A4** Falschfarbeneffekt:  
JH --> LH  
Voliere <-> Scharraum

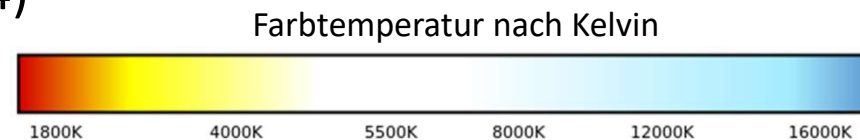
auch in Leuchtstoffröhren teilweise UVA, nicht ausgewiesen

Alina; 11.10.2018

## Lichtfarbe (Kelvin)

→ Wahrnehmung von Farben ist abhängig von der anatomischen Ausstattung

→ Bei Menschen: Einteilung der Lichtfarben (CIE 15:2004)



Lichtquelle

warmweiß

neutralweiß

tageslichtweiß (auch kaltweiß)

Farbtemperatur in Kelvin

unter 3300 K

3300 – 5000 K

über 5000 K

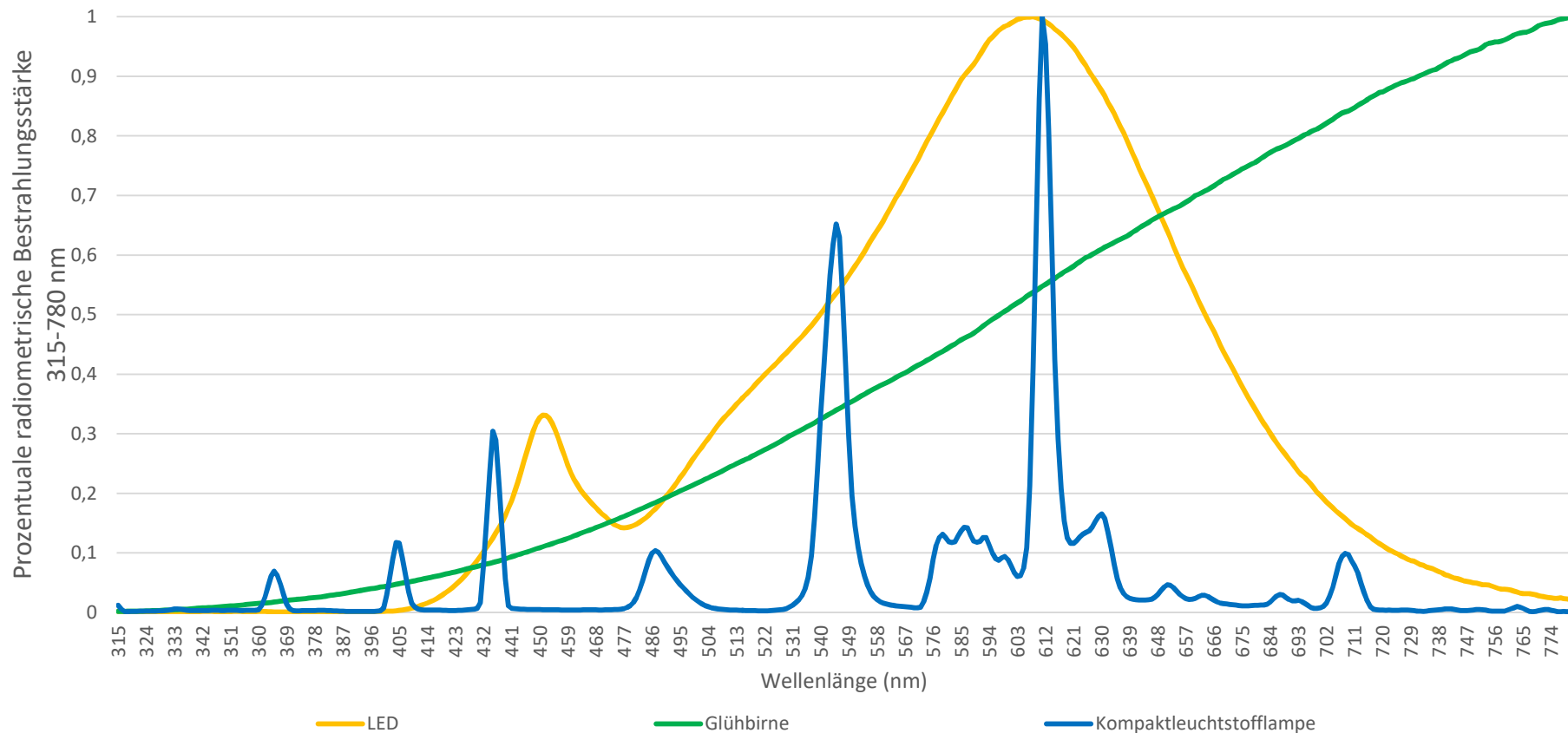
→ Für Geflügel nicht übertragbar

# Technische Möglichkeiten

Spektren,  
Frequenz,  
Stallausleuchtung

# Lichtspektrum

Wellenlänge bzw. Spektrum am Beispiel verschiedener Leuchtmittel

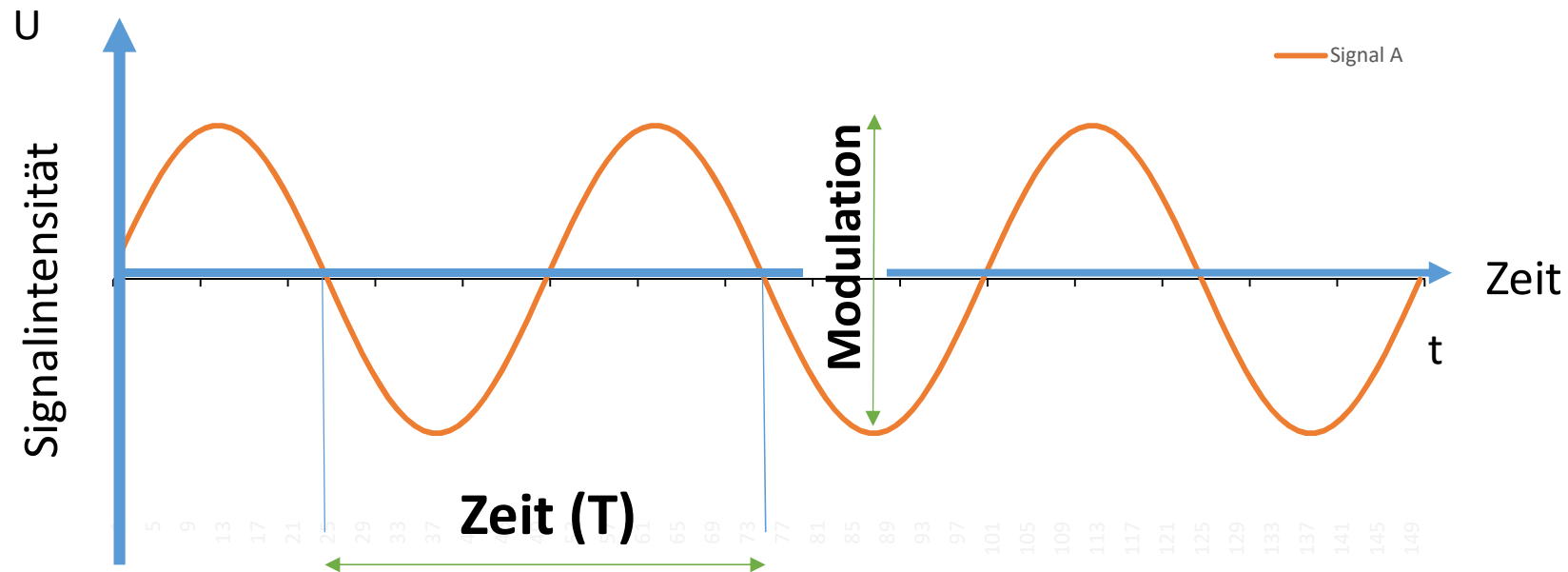


**Entspricht Kunst-Spektrum „natürlichem Licht“ ?**

**→ KEINE Lampe bekannt, die natürlichem Spektrum entspricht**

diese Leuchtstoffröhre weist einen UV-A-Anteil auf; alles warmweiße Spektren  
Alina; 11.10.2018

# Frequenzmessung → Flackern

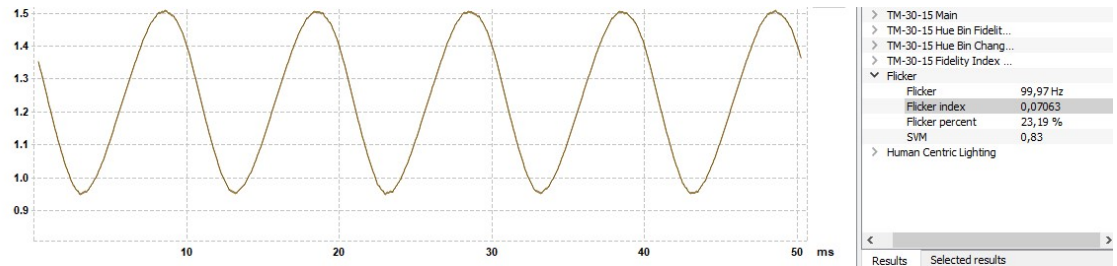


Frequenz ( $f$ ) = Anzahl Schwingungen/Sekunde (Hz)

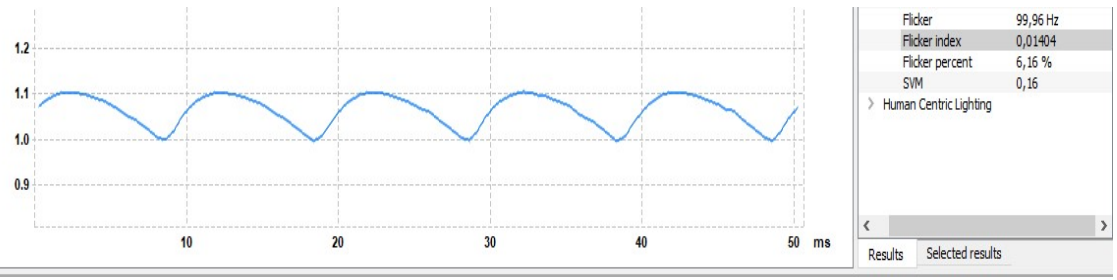
1 Hz = 1 Schwingungen pro Sekunde

Modulation = Größe der Amplitude (Angabe z.B. als  $F_i$ )

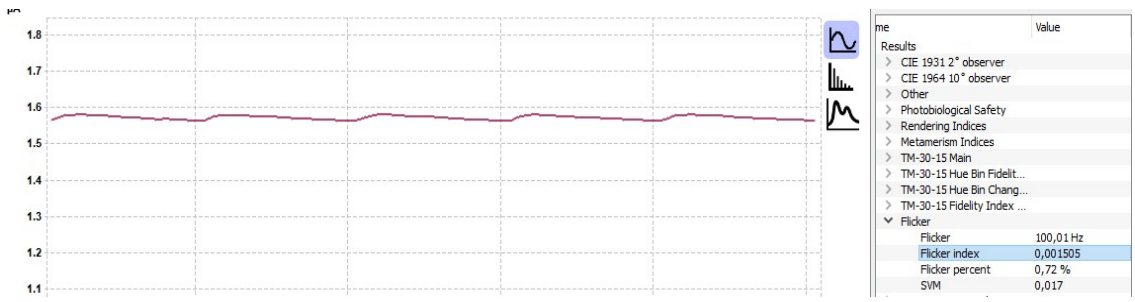




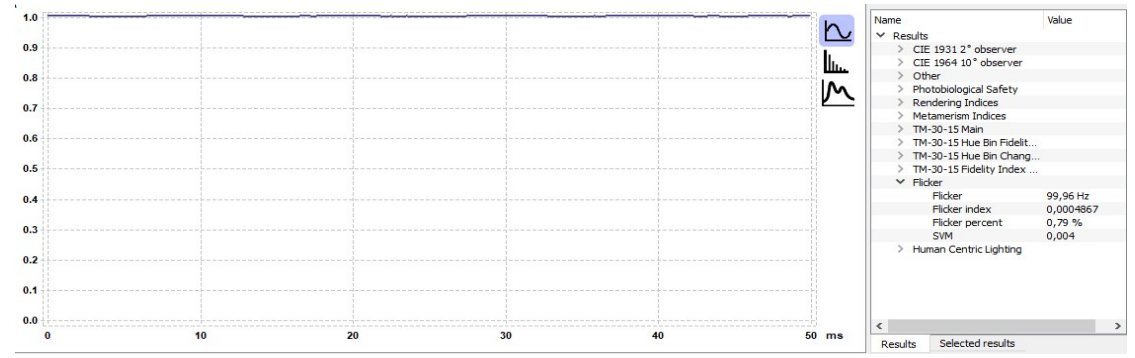
Hz 100  
Fi 0,07



Hz 100  
Fi 0,01



Hz 100  
Fi 0,001



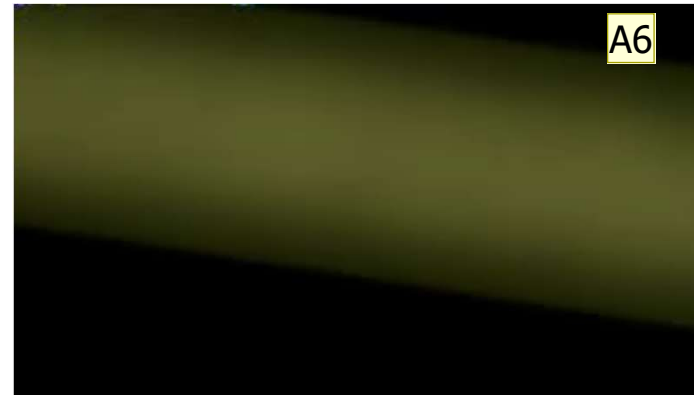
Hz 100  
Fi 0,00049

# Frequenz

## Glühbirne



## LED-Röhre



14.06.2017 10:58:55 0024,2[ms]  
000000147 EoSens mini1 [00-11-1c-  
f1-71-65] Mikrotron 304x172 5000fps 194µs  
V1.4.7

## Philips-Master-LED



14.06.2017 11:02:09 0032,6[ms]  
000000189 EoSens mini1 [00-11-1c-  
f1-71-65] Mikrotron 304x172 5000fps 194µs  
V1.4.7

## Color LED



14.06.2017 10:55:19 0050,6[ms]  
000000279 EoSens mini1 [00-11-1c-  
f1-71-65] Mikrotron 304x172 5000fps 194µs  
V1.4.7

## Folie 23

---

- A6** diese Lampe weist eine starke Modulation auf  
Alina; 11.10.2018
- A7** auch nichtflackern ist möglich 5000 Bilder/Sekunde  
Alina; 11.10.2018

# Frequenz (Hz)

A8

Frequenzen > 3000 kHz möglich, aber i.d.R. teurer

- Bei Leuchtstofflampen
  - elektronisches Vorschaltgerät
- Bei LED-Technik
  - elektronische Steuerung und Dimmung
  - Flackerfreies Lichtangebot möglich**

## Modulation

- Standard für Geflügel fehlt
- Für Menschen def. Grenzwerte → übertragbar?
  - Forschungsbedarf für Geflügel

## Folie 24

---

**A8**

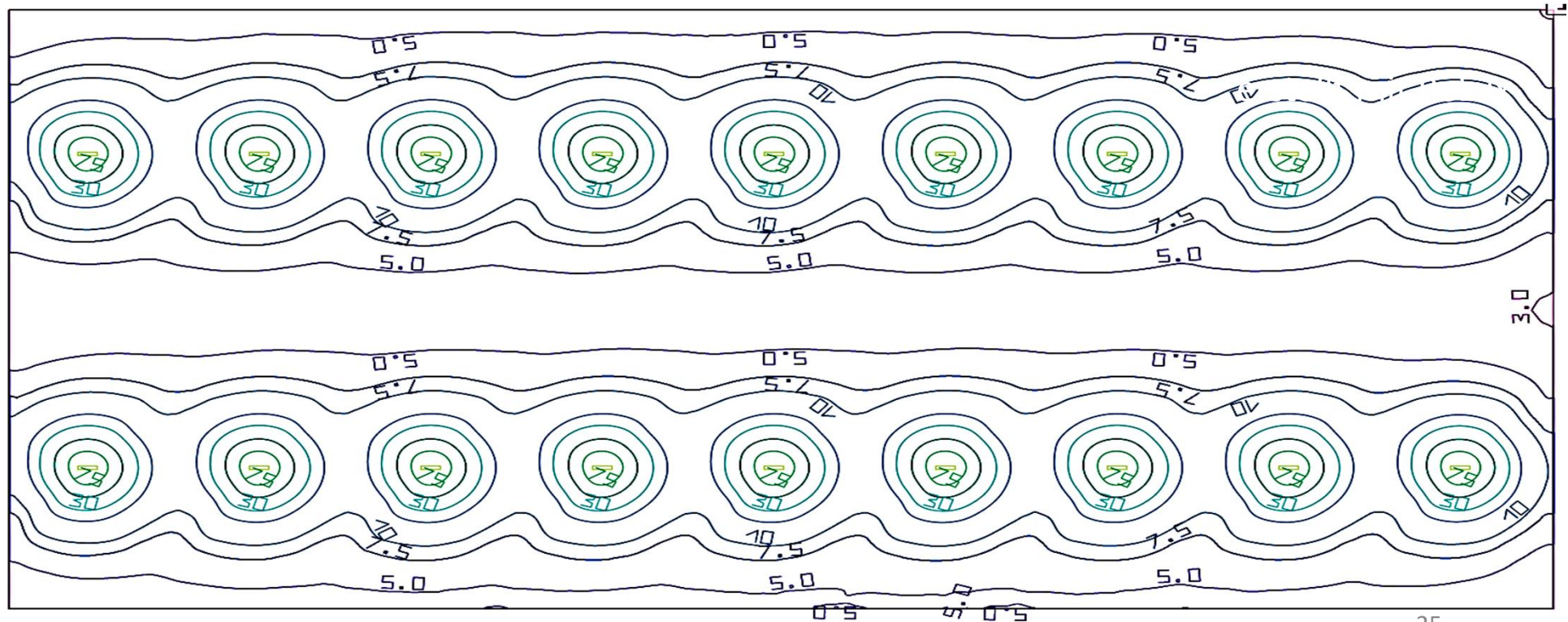
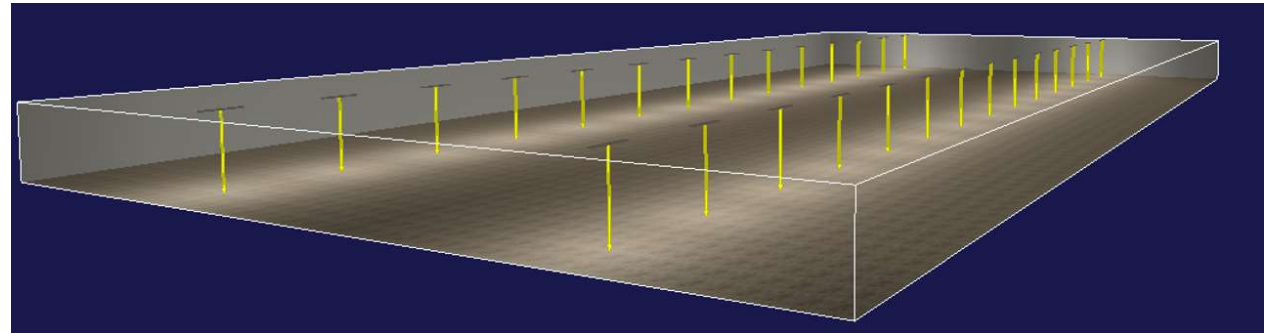
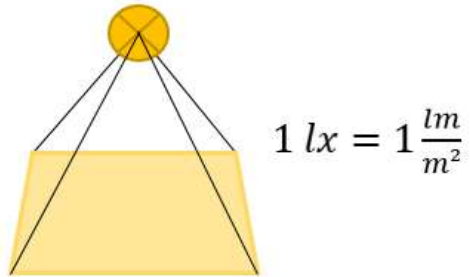
3000 Hz kommt von Daniel, keine Studie hierzu...

Mensch = visuelle Flackern 50 Hz; nichtvisuelle Flackern 700/1000 Hertz (Quelle ist MIR unbekannt, Daniel hatte eine) --> Faktor x auf den Vogel übertragen

Alina; 11.10.2018

# Helligkeitsverteilung im Stall

[ LUX = Lumen /m<sup>2</sup> ]





# Helligkeitsverteilung im Legehennenstall (Beispiel – Angaben in LUX)

Nest	3	1	0,5	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0	0,3	0,3	0,2
	2	0,8	1,2	1,1	1,1	1,2	3	2,5	2,9	2,9	2,9	1,9	2,6	1,8	1,8
	1	1,8	2	2,8	3,5	2	3,9	3,9	2,7	3,6	3,5	2,5	3,2	2,9	3

Lichtintensität im zweiten Stock der Volierenanlage

	To1	3	10	3	8	5	9	4	7	3	8	5	7	6	11
	To2	18	40	12	41	15	37	19	55	21	47	19	39	22	51

Nest	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
	1	0,7	0,4	0,6	1,1	0,5	1,5	2,2	1,2	0,9	1,1	0,8	1,1	1	1,1

Lichtintensität im ersten Stock der Volierenanlage

Tränkebereich Futter und	Tu2.1	3	4	3	4	2	3	2	4	3	3	3	2	4	2
	Tu2.2	5	20	11	22	8	25	11	19	14	21	10	24	9	18
	Tu1.1	2	3	1	2	3	2	1	2	2	3	1	2	1	2
	Tu1.2	2	3	3	3	3	3	2	3	1	3	3	3	3	1

Scharrraum	A	45	18	61	14	35	11	40	28	21	37	32	17	42	14
	B	40	18	57	13	34	11	35	27	19	32	29	15	38	13
	C	37	15	45	11	33	9	32	22	14	28	27	12	31	13
	D	30	12	38	9	28	7	27	19	12	23	26	11	28	11
	E	24	10	29	7	20	6	24	15	11	19	21	9	25	10
	F	15	8	20	6	17	5	14	11	9	16	18	8	19	7

mw	sd
1,7	1,3
mw	sd
18,8	16,3
mw	sd
0,3	0,5
mw	sd
5,8	6,6
mw	sd
21,5	12,0
mw	sd
11,5	13,1

→ KEINE gleichmäßige Ausleuchtung möglich

# Fazit

## - Anforderungen an die Leuchten

### Spektrum

- Vorhandensein aller Farben (~320-780 nm)
- fehlt ein Spektrumbereich → Falschfarben
- unterschiedliche Habitate = unterschiedliche Zielspektren  
→ ca. 2,5 bzw. 5,8 % UV-A Anteil (315-380 nm) im Licht

### Frequenz

- Deutlich > 120 Hz, 3000 Hz?

### Lichtintensität/Helligkeitsverteilung

- differenzierte Beleuchtung der Funktionsbereiche (z.B. Nest, Scharrbereich, Futter-/Wasserstrang)  
→ Bedarf der Tiere klären



Fragen???

# Beleuchtungsintensität in Ställen

.... muss für die Deckung der Bedürfnisse ausreichen...  
(§4, Abs. 9 TierSchNutzV 2014)

Bedarf/ Bedürfnisse variieren je nach Funktionskreis  
z.B. Ruhen/Schlafen vs. Nahrungsaufnahme  
Eiablage vs. Erkundung

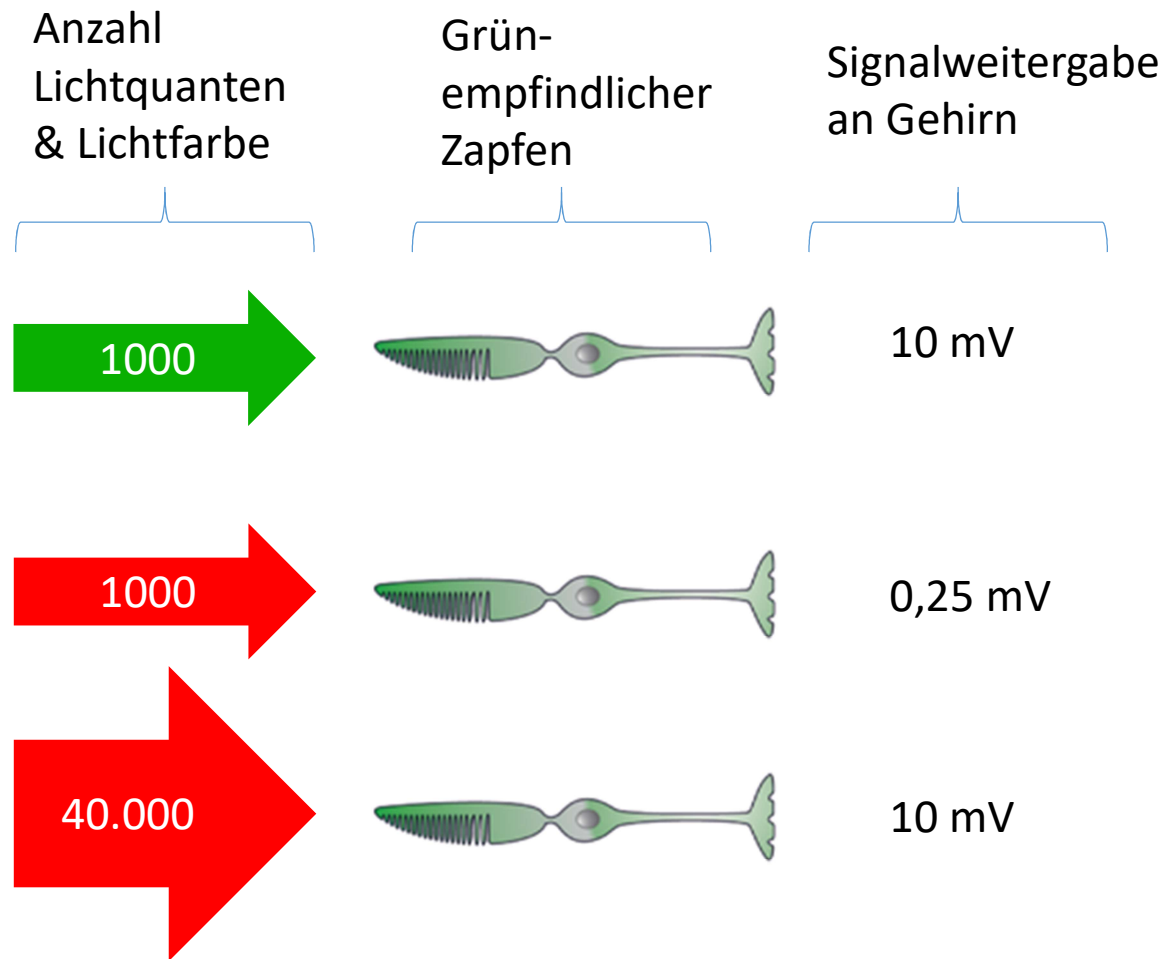
# Arbeitsschutz !

→ Expositionsgrenzwerte  
für Aufenthalt unter UV-A  
ist nachzuweisen

*„Richtlinie zum Schutz der Arbeitnehmer gegen  
tatsächliche oder mögliche Gefährdungen ihrer  
Gesundheit und Sicherheit durch Exposition gegenüber  
künstlicher optischer Strahlung während der Arbeit“  
(2006/25/EG)*

→ DIN EN 62471:2009-03; VDE 0837-471:2009-03

# Einzelne Zapfen sind Farbenblind



verändert nach FRINGS und MÜLLER 2014

# Verteilung der Zapfen sehr unterschiedlich zwischen Arten

Zapfenart	Anteil Zapfen (%)		
	Mensch <sup>1)</sup>	Huhn <sup>2)</sup>	Sperling <sup>3)</sup>
UVS/VS	<b>0</b>	8,5	5-10
Blau	4	12,6	5-10
Grün	32	21,1	15-20
Rot	64	17,1	15-20
Doppelzapfen	<b>0</b>	40,7	40-50

<sup>1)</sup> Hußmann (2007)  
<sup>2)</sup> Kram et al. (2010)  
<sup>3)</sup> Bowmaker et al. (2008)

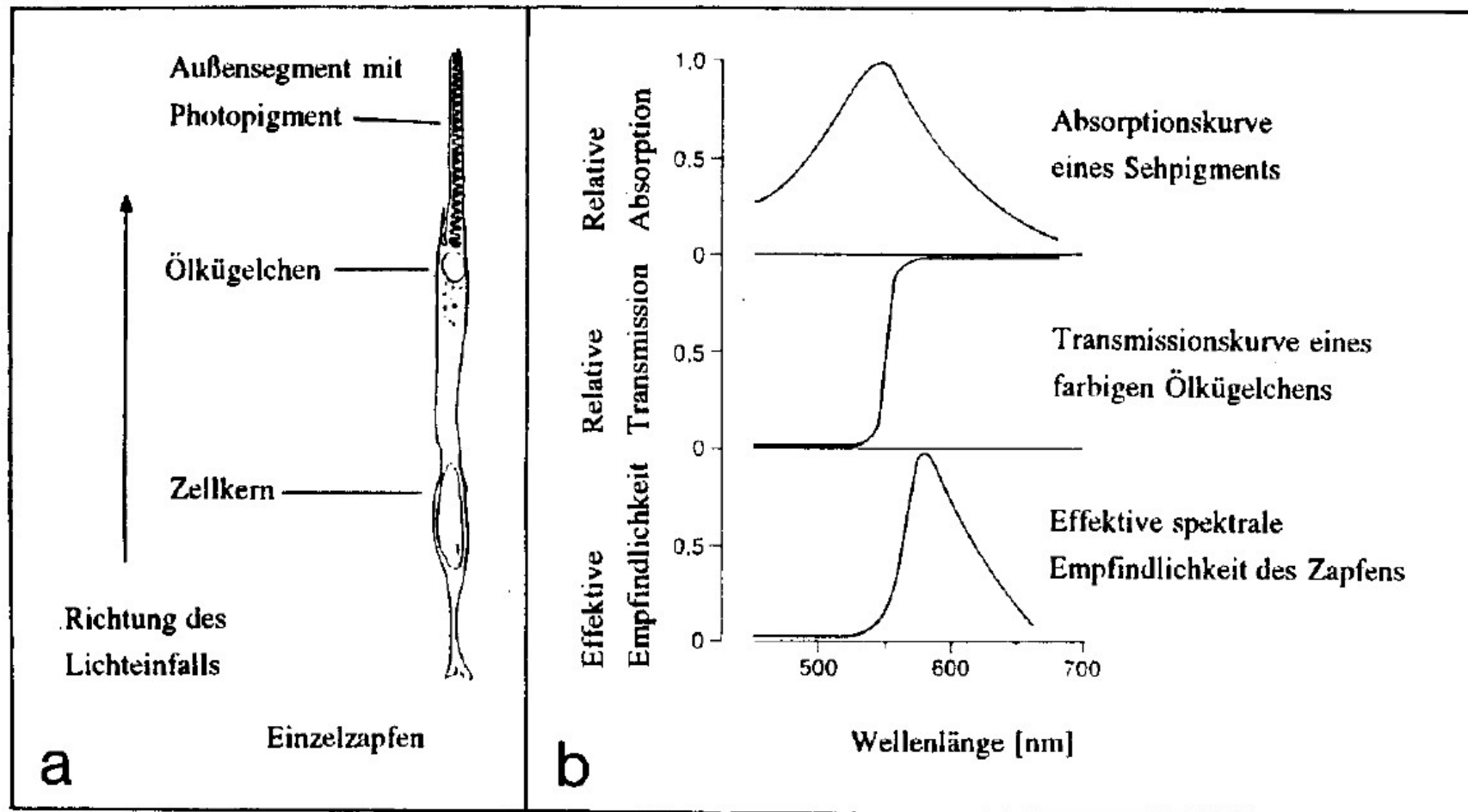


Abb. 1 a: Schema eines Einzelzapfens aus einer Vogelretina. — Schematical drawing of a bird's single cone (*Gallus gallus domesticus*; nach WALDVOGEL 1990). b: Beispiel, wie die Anwesenheit eines gefärbten Ölkügelchens die effektive Empfindlichkeit eines Zapfens im Vergleich zur Absorptionseigenschaft seines Photopigments ändern kann (nach MCFARLAND 1989). — Example showing how the presence of a colored oil droplet may change the effective spectral sensitivity of a cone as compared to the absorption characteristics of the photopigment.

MAIER (1994)

# Tag- bzw. Nachtsehen

		Mensch		Huhn	
		Mill.	%	Mill.	%
Stäbchen	Nacht-sehen Schwarz / Weiß	120	95	1,3	15
Zapfen	Tag-sehen Farbsehen	6	5	7,5	85

(CEBULLA et al. 2012)

## Rezeptorempfindlichkeit in Abhängigkeit der Leuchtdichte ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )

	Mensch	Huhn
Stäbchen (Skotopisch)	< 0,032	0,2 - 0,8 (0,5 Lux)
Stäbchen & Zapfen (Mesopisch)	0,032 - 32	1,9 - 6 (ca. 2 Lux)
Zapfen (Photopisch)	> 32 (ca. 20 Lux)	> 14 (8 Lux)

(AUGUSTIN 2001)

(LISNEY 2011)

Autor	CFF	cd/m <sup>2</sup>	Art	Methode
Nuboer et al. 1992	105	?	Huhn	Verhaltenstest
Jarvis et al. 2002	71,5	-	Huhn	Verhaltenstest
Railton et al. 2009	95,4 Hz	3000 mcd/m <sup>2</sup>	Huhn	Verhaltenstest
Lisney et al. 2011	90- 100 Hz	1375 cd/m <sup>2</sup>	Huhn	Verhaltenstest
Lisney et al. 2012	119 Hz	2740 cd/m <sup>2</sup>	Huhn	Elektroretinogramm
Boström et al. 2016	146 Hz	-	Trauerschnäpper (Sperlingsvogel)	Verhaltenstest
Dodt, Wirth 1953	143 Hz	-	Taube	Elektroretinogramm



# Lichtintensität - Wie erheben wir LUX?

Artikel 14, EMPFEHLUNG IN BEZUG AUF HAUSHÜHNER DER ART GALLUS GALLUS,  
28. November 1995

**→ gemessen in drei Ebenen, jeweils im rechten Winkel zueinander**

- **3 Punkt**
- **6 Punkt**
- **1 Punkt → DIN EN 5035-6**