

Weber-Fechner-Gesetz in CIE 230:2019 für Schwellen-Farbdifferenzen von Körperfarben

Die Weber-Fechner-Gesetz-Helligkeit L^* ist eine logarithmische Funktion von L_u .
 Die Stevens-Gesetz-Helligkeit L_{TCLAB}^* ist eine Potenzfunktion von $L_u = Y/5$.
 IEC 61966-2-1 benutzt eine ähnliche Potenzfunktion $L_{TCLAB}^* = m L_u^{1/2.4}$.
 Das Weber-Fechner-Gesetz ist äquivalent zur linearen Gleichung: $\Delta L_r = c L_r$ [1]
 Integration führt zur logarithmischen Gleichung: $L_r^* = k \log(L_r)$ [2]
 Ableitung für $\Delta L_r = 1$ führt zur linearen Gleichung: $L_r = \Delta L_r \cdot k = k \cdot 5$ [3]
 Für Farben im Büro ist der Normkontrastbereich 25:1-90:3,6

Tabelle 1: Normfarbwert Y, Leuchtdichte L und Helligkeiten L^*

Farbe (matr)	Normfarbwert Y	Büro-Leuchtdichte L [cd/m ²]	relative Leuchtdichte $L_r = L/L_u$	CIE Helligkeit L^* [cd/m ²] ^{1/2.4}	relative Helligkeit $L_r^* = k \log(L_r)$
Weiß W (Papier)	90	142	5	94	44
Grau Z (Papier)	18	28,2	1	50	0
Schwarz N (Papier)	3,6	5,6	0,2	18	-40

Im Helligkeitsbereich zwischen $L_r^* = -40$ und 40 ist die Konstante: $k=40 \log(5) \approx 57$

Weber-Fechner-Gesetz in CIE 230:2019 für Schwellen-Farbdifferenzen von Körperfarben und zwei Bereiche $0,2 \leq L_r \leq 1$ und $1 \leq L_r \leq 5$

Die Weber-Fechner-Gesetz-Helligkeit L^* ist eine logarithmische Funktion von L_u .
 Die Stevens-Gesetz-Helligkeit L_{TCLAB}^* ist eine Potenzfunktion von $L_u = Y/5$.
 IEC 61966-2-1 benutzt eine ähnliche Potenzfunktion $L_{TCLAB}^* = m L_u^{1/2.4}$.
 Das Weber-Fechner-Gesetz ist äquivalent zur linearen Gleichung: $\Delta L_r = c_1 L_r$ ($0,2 \leq L_r \leq 1$)
 Integration führt zur logarithmischen Gleichung: $L_r^* = k_1 \log(L_r)$ [2]
 Ableitung führt für $\Delta L_r = 1$ zur linearen Gleichung: $L_r = \Delta L_r \cdot k_1$ ($k_1=46, k_2=63$) [3]
 Für Farben im Büro ist der Normkontrastbereich 25:1-90:3,6

Tabelle 1: Normfarbwert Y, Leuchtdichte L und Helligkeiten L^*

Farbe (matr)	Normfarbwert Y	Büro-Leuchtdichte L [cd/m ²]	relative Leuchtdichte $L_r = L/L_u$	CIE Helligkeit L^* [cd/m ²] ^{1/2.4}	relative Helligkeit $L_r^* = k \log(L_r)$
Weiß W (Papier)	90	142	5	94	44
Grau Z (Papier)	18	28,2	1	50	0
Schwarz N (Papier)	3,6	5,6	0,2	18	-40

Für die zwei Helligkeitsbereiche gilt $k_1=32 \log(0,2)=46$ und $k_2=44 \log(5)=63$.

Linien-Element von Stiles (1946) mit „Farbwerten“ L_P, M_D, S_T

Drei separate Farb-Signalfunktionen

$$F(L_P) = i \ln(1 + 9 L_P)$$

$$F(M_D) = j \ln(1 + 9 M_D)$$

$$F(S_T) = k \ln(1 + 9 S_T)$$

Taylor-Ableitungen:

$$\Delta F(L_P, M_D, S_T) = \frac{dF}{dL_P} \Delta L_P + \frac{dF}{dM_D} \Delta M_D + \frac{dF}{dS_T} \Delta S_T$$

$$= \frac{9i}{1+9L_P} \Delta L_P + \frac{9j}{1+9M_D} \Delta M_D + \frac{9k}{1+9S_T} \Delta S_T$$

Linien-Element von Vos & Walraven (1972) mit „Farbwerten“ L_P, M_D, S_T

Drei separate Farb-Signalfunktionen

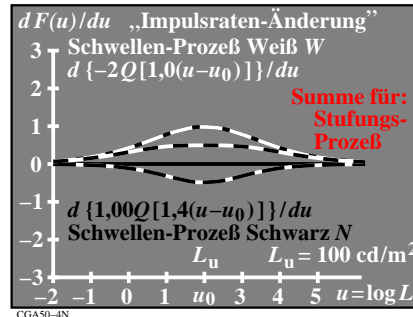
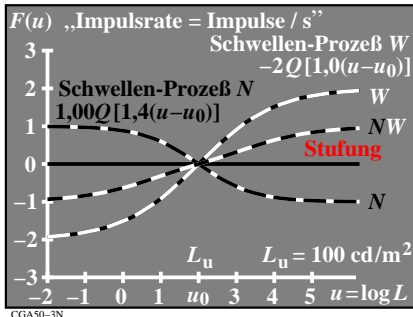
$$F(L_P) = -2i \sqrt{L_P}$$

$$F(M_D) = -2j \sqrt{M_D}$$

$$F(S_T) = -2k \sqrt{S_T}$$

Taylor-Ableitungen:

$$\Delta F(L_P, M_D, S_T) = \frac{dF}{dL_P} \Delta L_P + \frac{dF}{dM_D} \Delta M_D + \frac{dF}{dS_T} \Delta S_T$$

$$\Delta F(L_P, M_D, S_T) = \frac{i}{\sqrt{L_P}} \Delta L_P + \frac{j}{\sqrt{M_D}} \Delta M_D + \frac{k}{\sqrt{S_T}} \Delta S_T$$


Funktionen $q[k(u-u_0)]$ zur „unbuntsignal“-Beschreibung mit

mit $u = \log L$ ($L =$ Leuchtdichte)
 $u_0 = \log L_u$ ($L_u =$ Umfeld-Leuchtdichte)

$$q[k(u-u_0)] = 1 + 1/[1 + \sqrt{2} e^{k(u-u_0)}]$$

Funktionswerte:

$$q[k(u-u_0) \rightarrow +\infty] = 1$$

$$q[k(u-u_0) = 0] = \sqrt{2}$$

$$q[k(u-u_0) \rightarrow -\infty] = 2$$

„Unbuntsignal“-Beschreibung mit Funktionen $Q_{1m}[k(u-u_0)]$

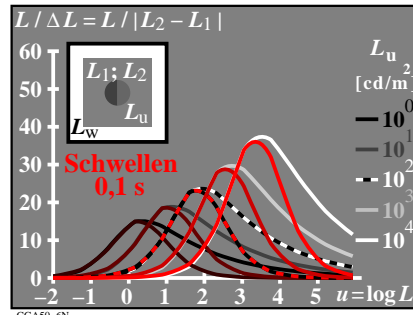
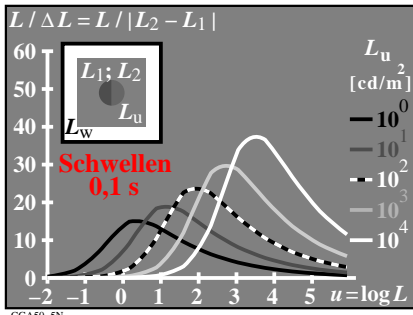
mit $u = \log L$ ($L =$ Leuchtdichte)
 $u_0 = \log L_u$ ($L_u =$ Umfeld-Leuchtdichte)

$$Q_{1m}[k(u-u_0)] = \frac{l}{\ln 2} \ln q[k(u-u_0)] - m$$

Funktionswerte mit $l = m = 1$:

$$Q[k(u-u_0) \rightarrow +\infty] = -1$$

$$Q[k(u-u_0) = 0] = 0$$

$$Q[k(u-u_0) \rightarrow -\infty] = 1$$


„Unbuntsignal“-Unterscheidung als Funktion der relativen Helligichte $h = \ln H = k(u-u_0)$, $\ln =$ natürl. Log.

$$Q' = \frac{d}{dH} [\ln\{1 + 1/(1 + \sqrt{2} H)\}] / \ln \sqrt{2}$$

$$= -\sqrt{2} / [\ln \sqrt{2} (1 + \sqrt{2} H)(2 + \sqrt{2} H)]$$

Funktionswerte:

$$Q'[k(u-u_0) \rightarrow +\infty] = 0$$

$$Q'[k(u-u_0) = 0] = -0,5$$

$$Q'[k(u-u_0) \rightarrow -\infty] = 0$$

Leuchtdichte-Unterscheidungsvermögen $L/\Delta L$ als Funktion von H

mit: $L = 10^u$ $H = e^h = 10^{\log_e k(u-u_0)}$

$$dL/du = \ln 10 L$$

$$dH/du = k H$$

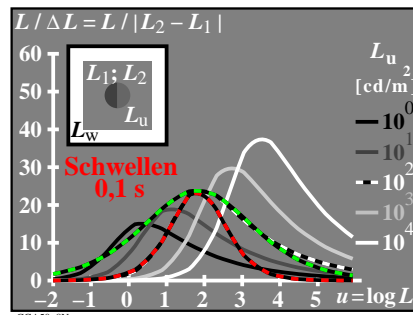
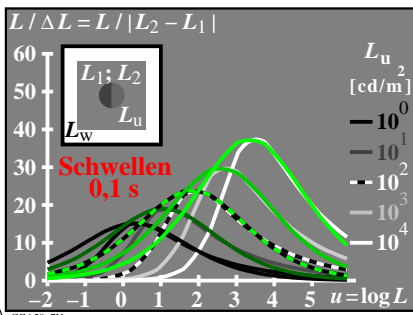
Es folgt: $L/\Delta L = [kH / (dH \ln 10)]$

$$\frac{L}{\Delta L} = \text{const } H / [(1 + \sqrt{2} H)(2 + \sqrt{2} H)]$$

Funktionswerte:

$$Q'[k(u-u_0) \rightarrow +\infty] = 0$$

$$Q'[k(u-u_0) = 0] = \text{Maximum}$$

$$Q'[k(u-u_0) \rightarrow -\infty] = 0$$


Doppel-Linienelement von Richter (1987) für die Lichttechnik mit der Leuchtdichte $L = f(L_P, M_D, S_T)$

$$F(L) = \int_{-\infty}^L (L/\Delta L) dL \quad (\text{relative } L, M, S?)$$

$$F(L) = iQ(H) = \begin{cases} iQ(\bar{H}) & (u < u_0) \\ iQ(\bar{H}) & (u \geq u_0) \end{cases}$$

mit: $\bar{k}=1,4$ $\bar{k}=1$ $\bar{i}=1$ $\bar{i}=-2$
 $u = \log L$ $u_0 = \log L_u$
 $H = e^{k(u-u_0)}$ $\bar{H} = e^{\bar{k}(u-u_0)}$

Doppel-Linienelement von Richter (1987) für die Lichttechnik mit der Leuchtdichte $L = f(L_P, M_D, S_T)$

$$F(L) = \int_{-\infty}^L (L/\Delta L) dL \quad (\text{relative } L, M, S?)$$

$$F(L) = iQ(H) \quad H = e^{k(u-u_0)}$$

$$Q(H) = [\ln\{1 + 1/(1 + \sqrt{2} H)\}] / \ln \sqrt{2} - 1$$

Taylor-Ableitungen:

$$\Delta F(L) = \frac{dF}{dL} \Delta L = i \frac{dQ}{dH} \Delta H$$

$$= -i \sqrt{2} \Delta H / [\ln \sqrt{2} (1 + \sqrt{2} H)(2 + \sqrt{2} H)]$$

Siehe ähnliche Dateien: <http://farbe.li.tu-berlin.de/CGA5/CGA5L0NP.PDF> / .PS
 Technische Information: <http://farbe.li.tu-berlin.de> oder <http://130.149.60.45/~farbmetrik>

TUB-Registrierung: 20201101-CGA5/CGA5L0NP.PDF /.PS TUB-Material: Code=rh4ta
 Anwendung für Beurteilung und Messung von Display- oder Druck-Ausgabe