

**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  $L_{TUELAB}^*$  ist eine Potenzfunktion von  $L_u = 1/5$ .  
 IEC 61966-2-1 benutzt eine ähnliche Potenzfunktion  $L_{TREC}^* = m L_u^{1/2.4}$ .  
 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:  $L_r^* \Delta L_r = k$  [3]  
 Für Farben im Büro ist der Normkontrastbereich 25:1-90:3,6

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

Farbe (Kontrast)	Normfarbwert Y (25:1-90:3,6)	Büro-Leuchtdichte L [cd/m <sup>2</sup> ]	relative Leuchtdichte $L_r = L/L_u$	CIE Helligkeit $L^*$ CIE LAB $L^*_{TUELAB}$	relative Helligkeit $L^*_r = k \log(L_r)$
Weiß W (Papier)	90 (=18*5)	142 (=28,2*5)	5	94	44 (=k log(5))
Grau Z (Papier)	18	28,2	1	50	0 (=k log(1))
Schwarz N (Papier)	3,6 (=18/5)	5,6 (=28,2/5)	0,2	18	-40 (=k log(0,2))

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  $L_{TUELAB}^*$  ist eine Potenzfunktion von  $L_u = 1/5$ .  
 IEC 61966-2-1 benutzt eine ähnliche Potenzfunktion  $L_{TREC}^* = m L_u^{1/2.4}$ .  
 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 führt für  $\Delta L_r = 1$  zur linearen Gleichung:  $L_r^* \Delta L_r = k$  ( $k_0=46, k_1=63$ ) [3]  
 Für Farben im Büro ist der Normkontrastbereich 25:1-90:3,6

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

Farbe (matl)	Normfarbwert Y (25:1-90:3,6)	Büro-Leuchtdichte L [cd/m <sup>2</sup> ]	relative Leuchtdichte $L_r = L/L_u$	CIE Helligkeit $L^*$ CIE LAB $L^*_{TUELAB}$	relative Helligkeit $L^*_r = k \log(L_r)$
Weiß W (Papier)	90	142	5	94	44 (=k log(5))
Grau Z (Papier)	18	28,2	1	50	0 (=k log(1))
Schwarz N (Papier)	3,6	5,6	0,2	18	-32 (=k log(0,2))

Für die zwei Helligkeitsbereiche gilt  $k_0=32 \log(0,2)=46$  und  $k_1=44 \log(5)=63$ .

**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**

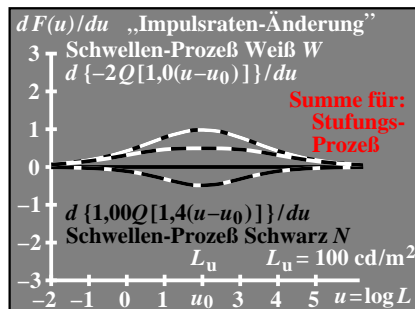
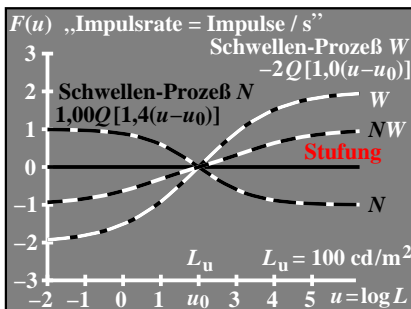
$$F(L_P) = -2i \sqrt{L_P}$$

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

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

**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  $Q_{1m}[k(u-u_0)]$**

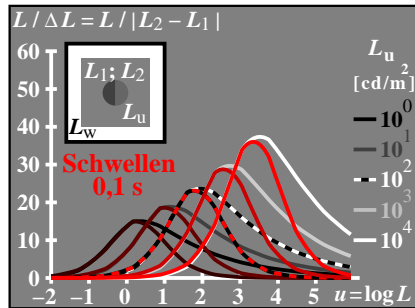
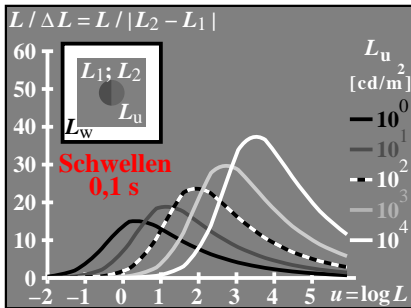
mit  $u = \log L$  ( $L$  = Leuchtdichte)  
 $u_0 = \log L_u$  ( $L_u$  = Umfeld-Leuchtdichte)

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

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

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

$$dH/du = k H$$

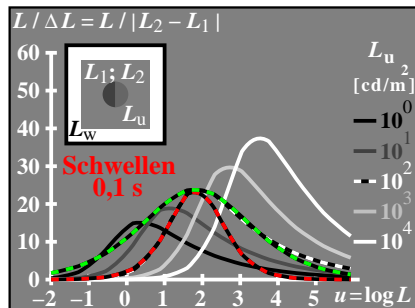
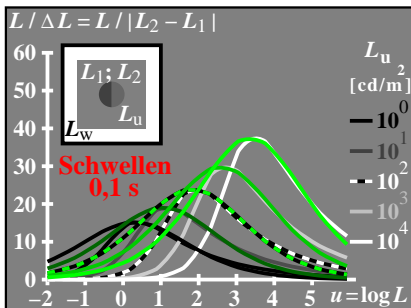
**Es folgt:  $L/\Delta L = [kH / (dH \ln 10)]$**

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

**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  $L = f(L_P, M_D, S_T)$**

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

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

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  $L = f(L_P, M_D, S_T)$**

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

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

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

**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/DGC0/DGC0L0NP.PDF> / .PS  
 Technische Information: <http://farbe.li.tu-berlin.de> oder <http://color.li.tu-berlin.de>

TUB-Registrierung: 20210901-DGC0/DGC0L0NP.PDF /.PS TUB-Material: Code=rh4ta  
 Anwendung für Beurteilung und Messung von Display- oder Druck-Ausgabe