

Optische Technologien im Automobil

von

Dr. Karl Manz

Dipl.-Ing. Karsten Klinger

Sommersemester 2007

Licht und Beleuchtung, Hans-Jürgen Hentschel,
Hüthig Buch Verlag GmbH, 2002

Handbuch der Beleuchtung, Horst Lange, ecomed Verlagsgesellschaft,
5. Auflage, 1992

Grundlagen der Lichttechnik, Siegfried Kokoschka,
<http://www.lti.uni-karlsruhe.de>, Karlsruhe 2003

Grundlagen der Lichttechnik aus fahrzeugtechnischer Sicht,
Karsten Klinger, <http://www.lti.uni-karlsruhe.de>, Karlsruhe 2003

Vorlesungsunterlagen zu „Licht- und Displaytechnik“
<http://www.lti.uni-karlsruhe.de>, Karlsruhe 2007

**Lichttechnik und optische Wahrnehmungssicherheit im
Straßenverkehr**, Eckert
Verlag Technik, 1993

Sehen und Verkehr, B. Gramberg-Danielsen
Springer-Verlag, 1967

Teilnehmerliste

Terminänderungen werden per email bekannt gegeben

- Lichtbeschreibung
- Das visuelle System
- Das lichttechnische Maßsystem
- Lichtmesstechnik
- Regelwerke
- Licht und Farbe
- Psychophysik
- Lichtquellen

- Lichtlenkung
- Leuchten
- Scheinwerfer
- Adaptive Systeme
- Betriebs- und Steuergeräte
- Anbindung an Bordnetz
- CAN-Bus
- Anzeigeeinstrumente, Displays
- Fahrerassistenzsysteme
- Nachtsicht

Licht

- Elektromagnetische Strahlung
- Ausbreitungsgeschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^8$ m/s
- Wellenlänge $\lambda = 380$ nm ... 780 nm

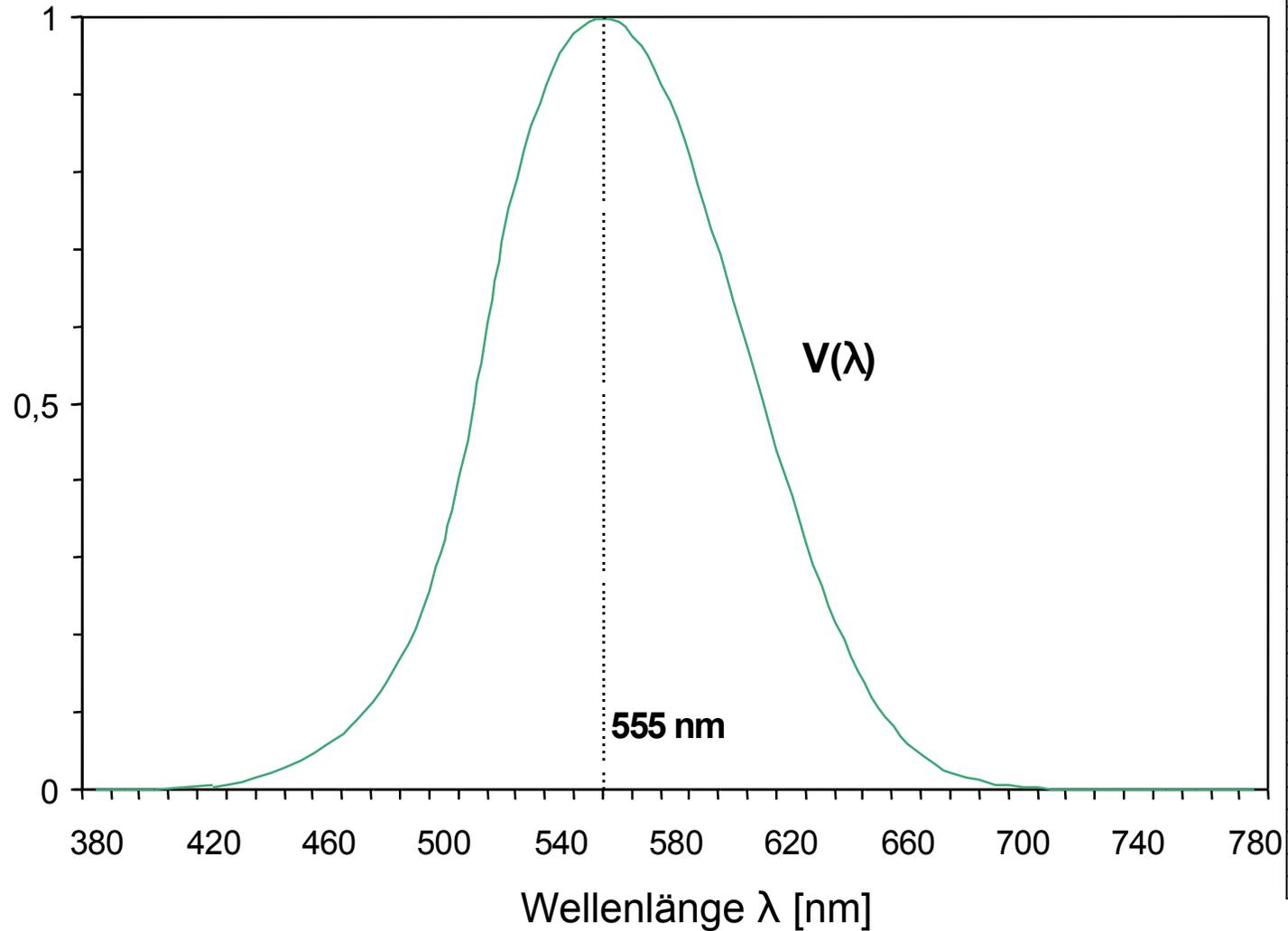
Charakterisierung

- Wellenlänge oder Frequenz
- Intensität

Monochromatische Strahlung

- Eng begrenzter Wellenlängenbereich
- Spektralfarbe

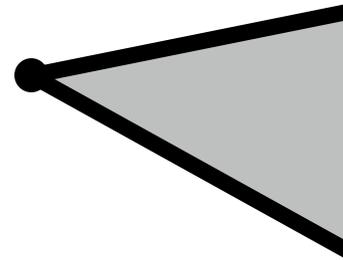
$$c = \lambda \cdot \nu$$



380	0,000039
390	0,000120
400	0,000396
410	0,001210
420	0,004000
430	0,011600
440	0,023000
450	0,038000
460	0,060000
470	0,090980
480	0,139020
490	0,208020
500	0,323000
510	0,503000
520	0,710000
530	0,862000
540	0,954000
550	0,994950
560	0,995000
570	0,952000
580	0,870000
590	0,757000
600	0,631000
610	0,503000
620	0,381000
630	0,265000
640	0,175000
650	0,107000
660	0,061000
670	0,032000
680	0,017000
690	0,008210
700	0,004102
710	0,002091
720	0,001047
730	0,000520
740	0,000249
750	0,000120
760	0,000060
770	0,000030
780	0,000015

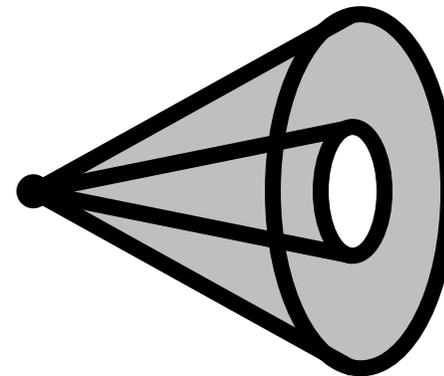
Ebener Winkel

- Mittelpunkt
- Zwei Geraden
- Umschließen eine Fläche



Raumwinkel

- Mittelpunkt
- Zwei Flächen / Kegeloberflächen mit gleicher Mittelachse
- Umschließen ein Volumen



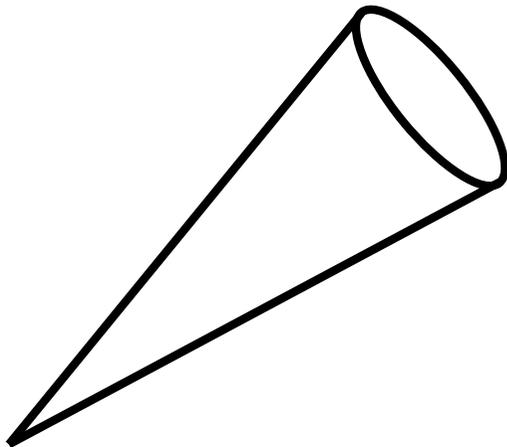
Raumwinkel:

Quotient aus

Fläche der Kugelkalotte

durch

Quadrat des Kugelradius



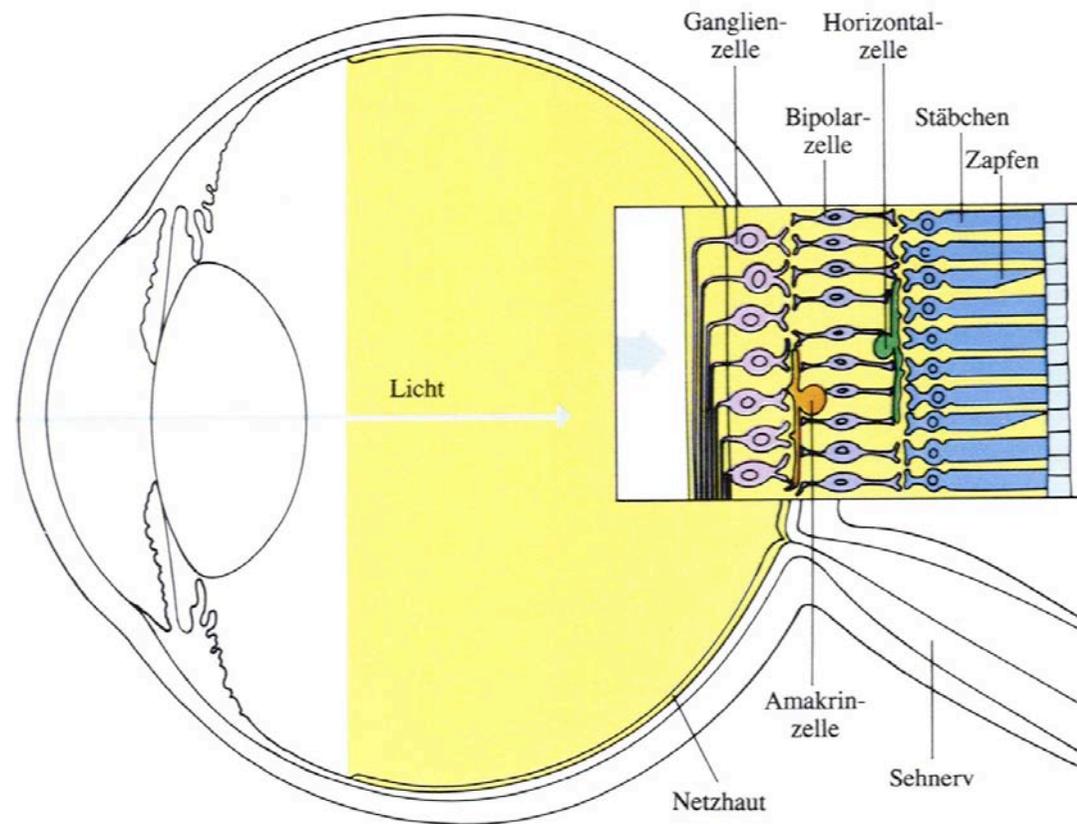
Name: Raumwinkel

Einheit: Steradian [sr]

Zeichen: Ω oder ω [Omega]

Einheitsraumwinkel

$$\Omega_0 = 1 \text{ sr}$$



3.4 Der vergrößerte Netzhautausschnitt rechts veranschaulicht die räumlichen Verhältnisse in den drei Schichten der Retina. Überraschenderweise muß das Licht durch die Schichten der Ganglienzellen und Bipolarzellen hindurchstrahlen, bevor es die Stäbchen und Zapfen erreicht.

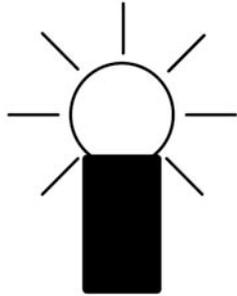
[Aus: David H. Hubel, Auge und Gehirn]

SI-Einheit

Die Candela

Definition

Die Candela ist die Lichtstärke in einer bestimmten Richtung einer Strahlungsquelle, die monochromatische Strahlung der Frequenz $540 \cdot 10^{12}$ Hertz aussendet und deren Strahlstärke in dieser Richtung $1/683$ Watt durch Steradian beträgt.



Name: Lichtstrom

Einheit: Lumen [lm]

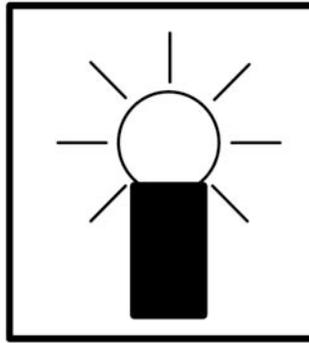
Zeichen: Φ [Phi]

$$\Phi = K_m \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} \Phi_{e\lambda}(\lambda) V(\lambda) d\lambda$$

Konstante $K_m = 683 \text{ lm/W}$

Lichtstrom - Zahlenwerte

Lampentyp	Lampenlichtstrom
LED	60 lm
Allgebrauchslampe 100 W	1380 lm
Standard Leuchtstofflampe 36 W, Lichtfarbe weiß	2850 lm
Standard Quecksilberdampf- Hochdrucklampe 125 W	6300 lm
Standard Natriumdampf- Hochdrucklampe 70 W	4600 lm



$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

Name: Lichtstärke

Einheit: Candela [cd]

Zeichen: I

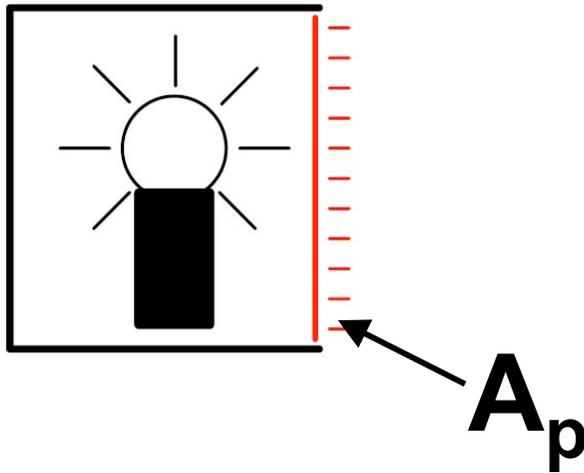
Name: Raumwinkel

Einheit: Steradian [sr]

Zeichen: ω [Omega]

Lichtquelle	Lichtstärke
Kerze	1 – 2 cd
Glühlampe 100 W	10^2 cd
Fernlicht	10^4 cd
Mond	10^{17} cd
Sonne	10^{27} cd

Grundgrößen - Leuchtdichte



Name: Leuchtdichte

Einheit: Candela pro
Quadratmeter
[cd/m²]

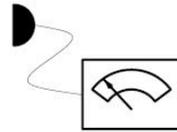
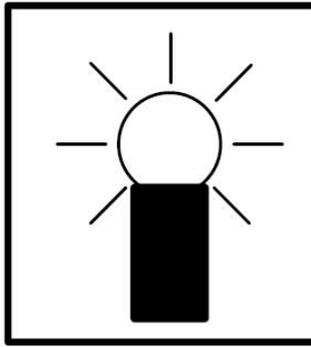
Zeichen: L

$$L = \frac{\Phi}{A_p \Omega}$$

$$L = \frac{I}{A_p}$$

$$A_p = A \cos \epsilon$$

Lichtquelle	Leuchtdichte
Sonne	$1,5 \cdot 10^9 \text{ cd/m}^2$
Bedeckter Himmel	$5 \cdot 10^3 \text{ cd/m}^2$
LED-Bremsleuchten	10^5 cd/m^2
Leuchtstofflampen	10^4 cd/m^2
Arbeits- und Raumflächen gut beleuchteter Arbeitsräume	20 ... 200 cd/m^2
Nächtliche Straßenbeleuchtung (Fahrbahn)	0,5 ... 2 cd/m^2
Nächtlicher Himmel im Freien	$10^{-3} \dots 10^{-4} \text{ cd/m}^2$



Name: Beleuchtungsstärke

Einheit: Lux [lx]

Zeichen: E

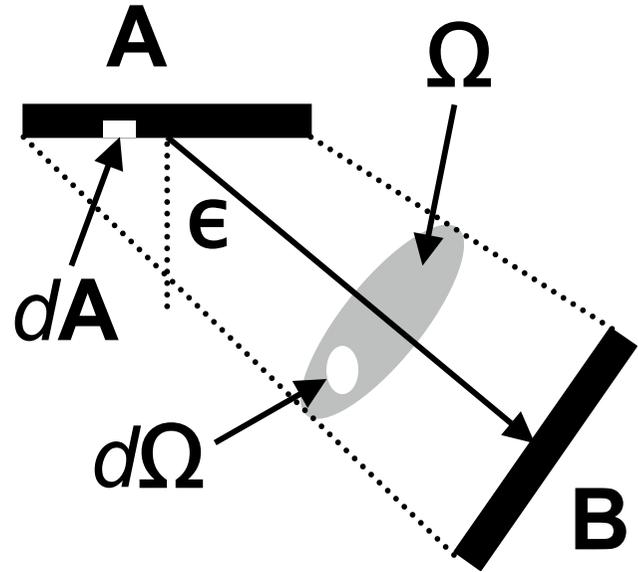
$$E = \frac{\Phi}{A}$$

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \varepsilon$$

Art der Umgebung	Beleuchtungsstärken
Im Freien bei klarer Atmosphäre und hohem Sonnenstand	bis ca. 120 000 lx
Diffuser Himmel	5000 - 20 000 lx
Gut beleuchtete Büro-Arbeitsräume	500 - 1000 lx
Operationsfeld Beleuchtung	bis 100 000 lx
Im Freien bei Mondlicht	etwa 0,5 lx

Fläche A mit Leuchtdichte L

$$\Phi = \int_{\Omega} \int_A L \times dA \cos \varepsilon \, d\Omega$$



Beschreibt den Strahlungsaustausch zwischen den beiden Flächen A und B

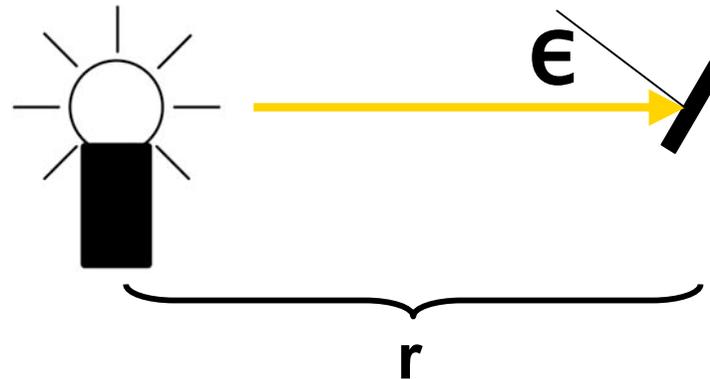
Photometrisches Entfernungsgesetz

$$E = L \cdot \Omega \quad \oplus \quad I = L \cdot A \quad \oplus \quad \Omega = \frac{A}{r^2}$$

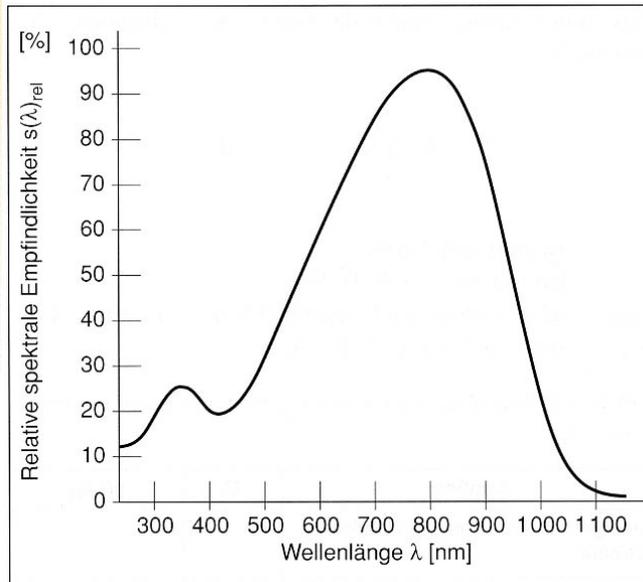
$$E = \frac{I}{r^2}$$



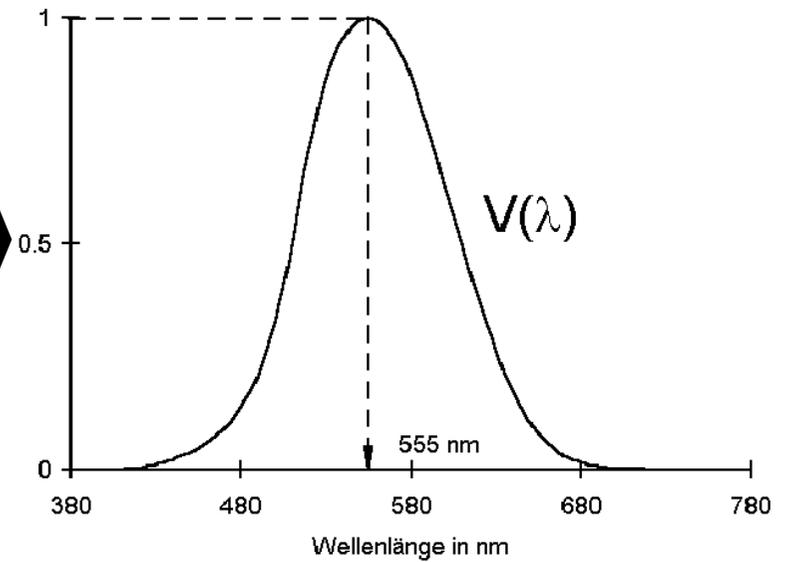
$$E = \frac{I}{r^2} \cos \varepsilon$$

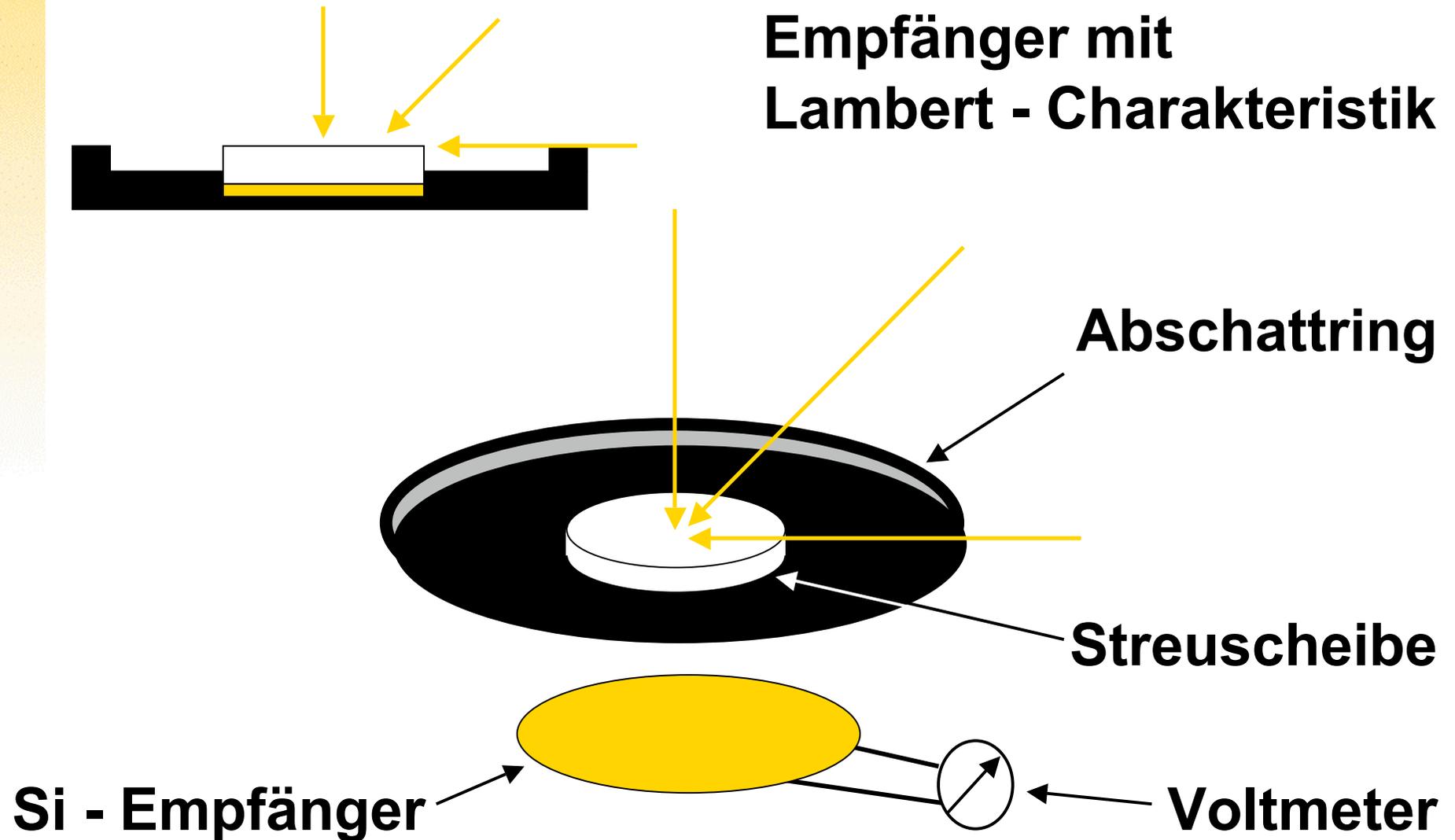


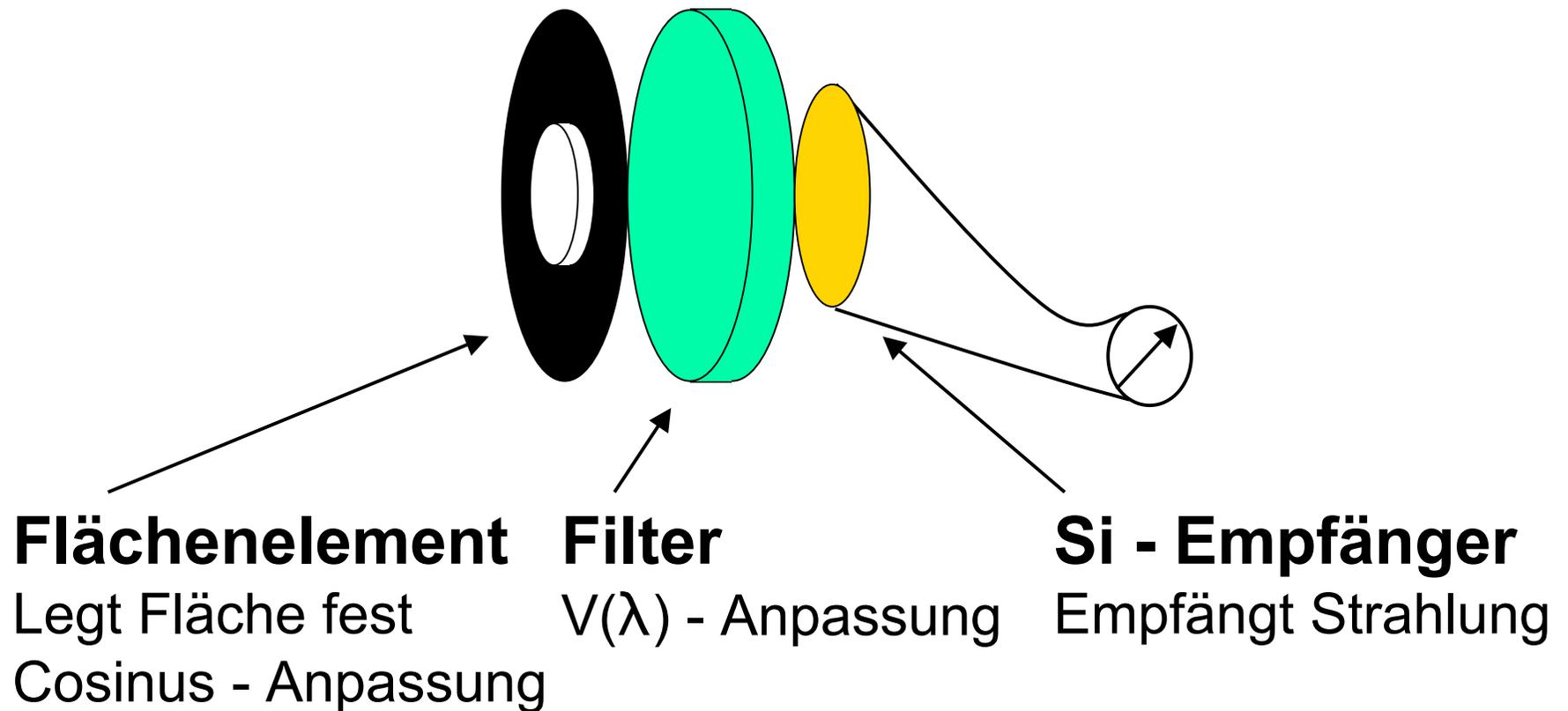
Silizium - Empfänger, Filterung

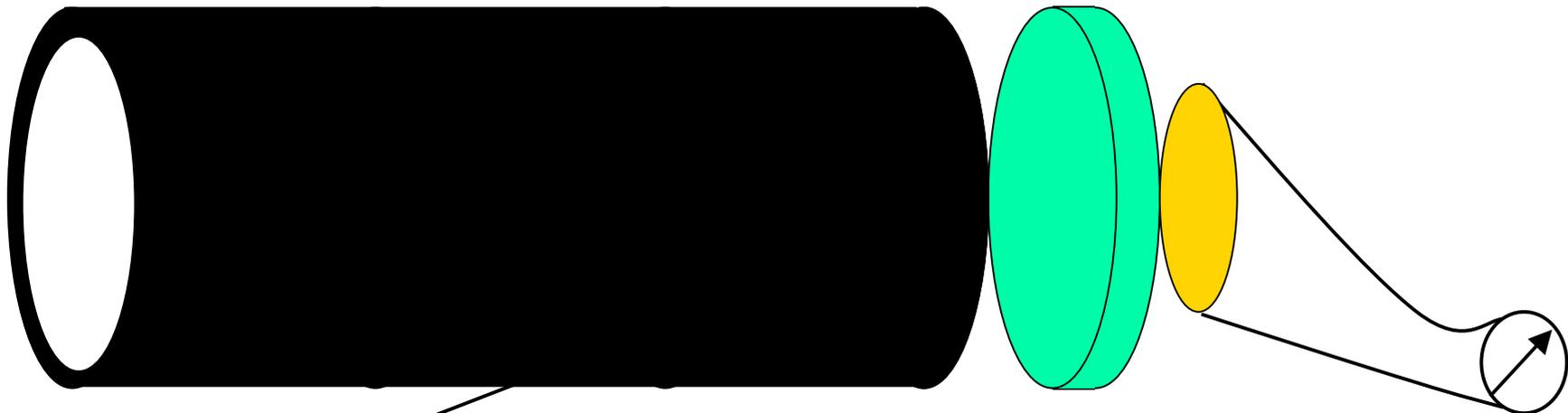


Filter







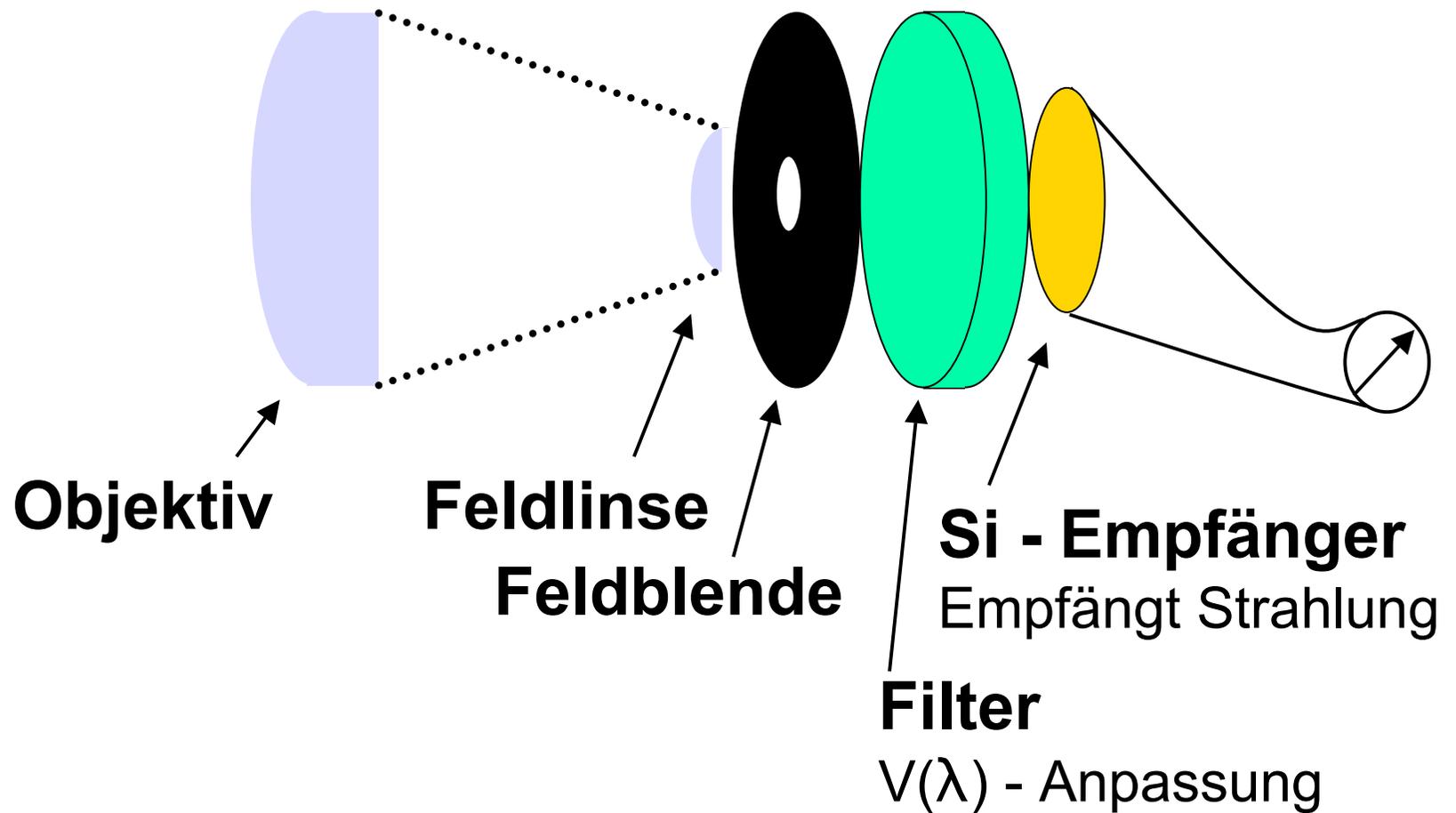


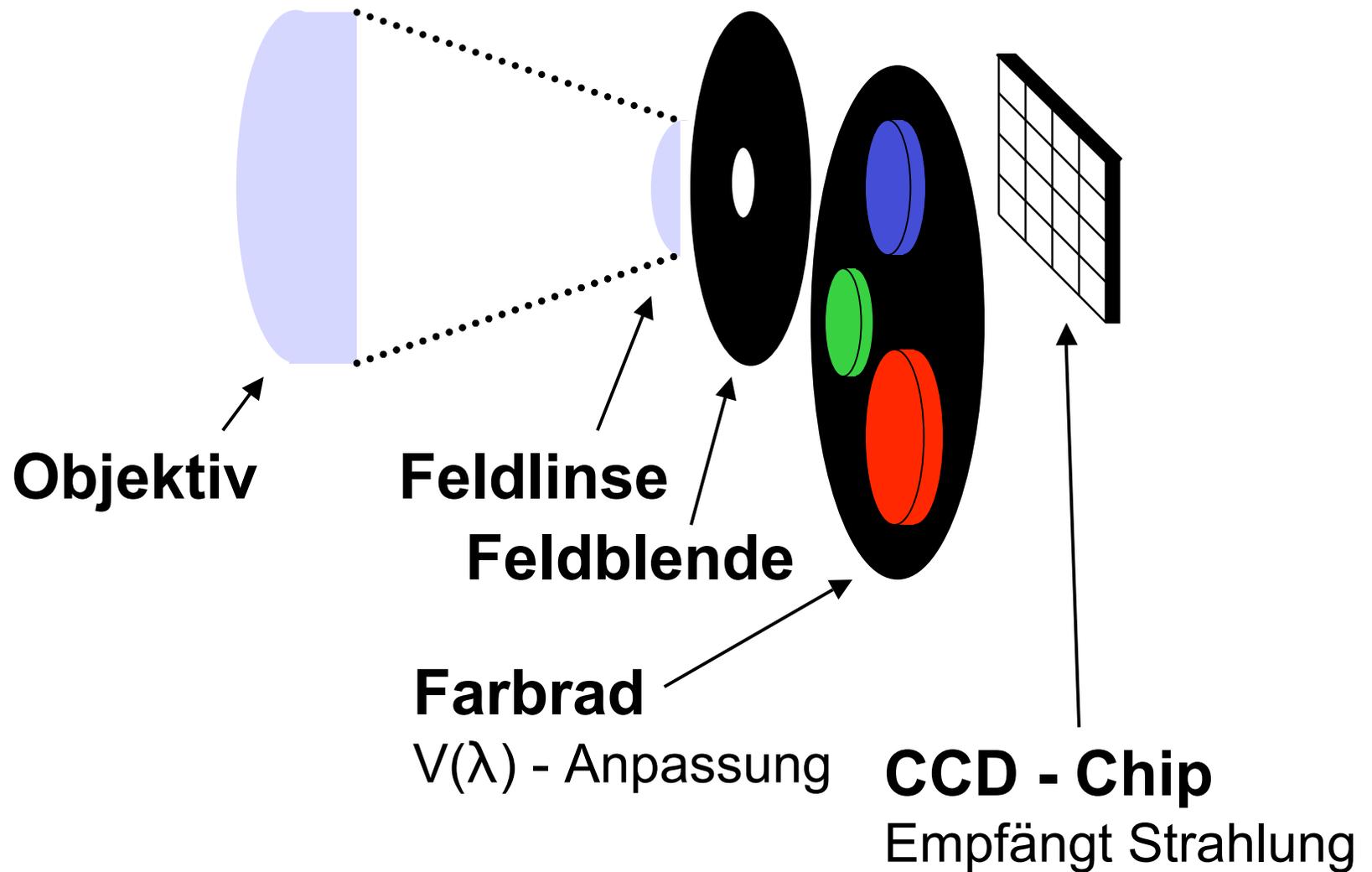
Blenden

Zur Streulichtunterdrückung

Flächenelement

Legt den Raumwinkel fest





Erarbeitung der Regelungen durch Gremien:

- GRE
- GTB
- CIE
- nationale Gremien

Aktuelle ECE-Regelungen:

Internet-Seiten der UN

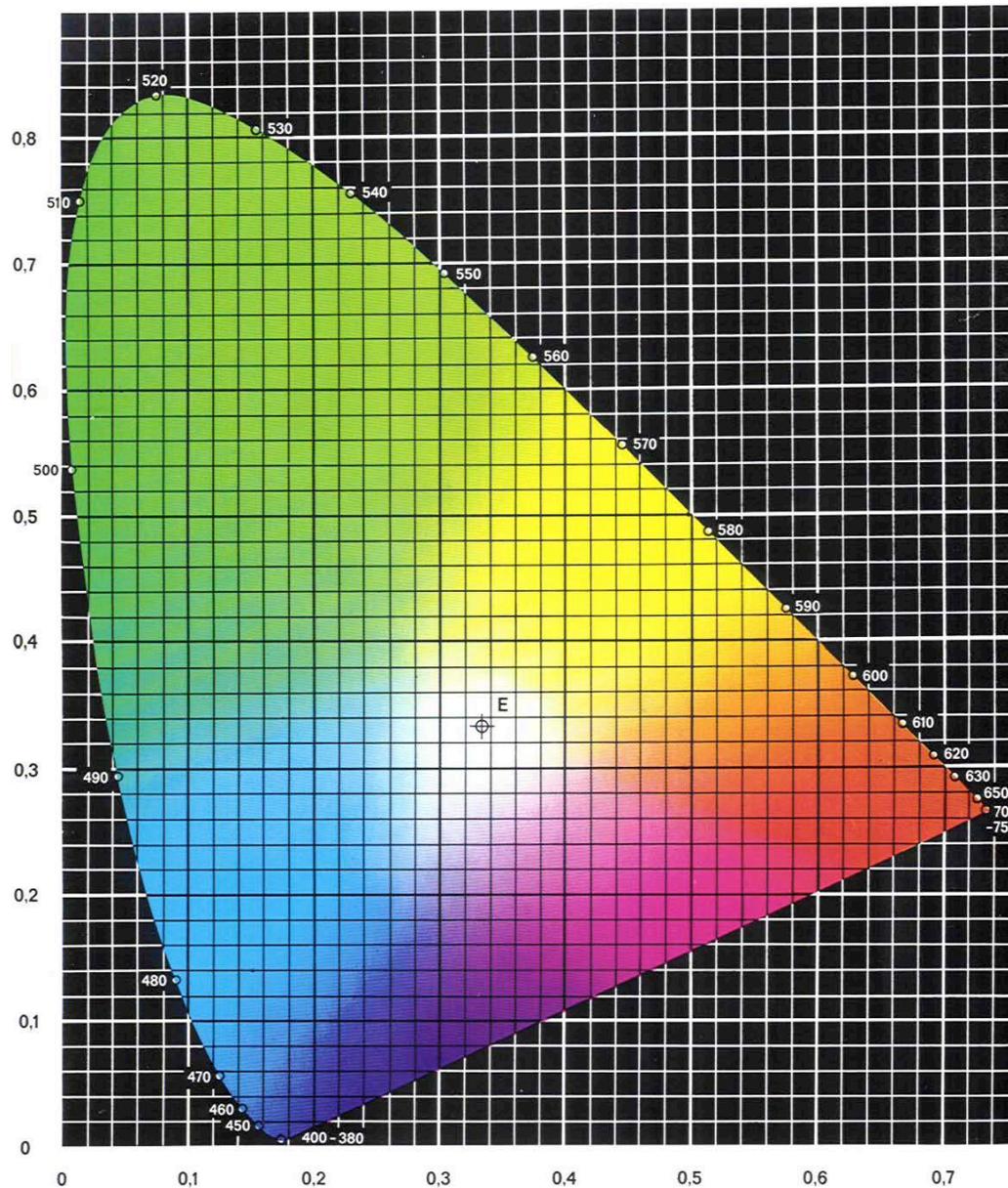
www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs.html

Genehmigungszeichen ECE



E1:	Deutschland	E23:	Griechenland
E2:	Frankreich	E24:	Irland
E3:	Italien	E25:	Kroatien
E4:	Niederlande	E26:	Slowenien
E5:	Schweden	E27:	Slowakei
E6:	Belgien	E28:	Weißrussland
E7:	Ungarn	E29:	Estland
E8:	Tschechien	E30:	-----
E9:	Spanien	E31:	Bosnien und Herzegowina
E10:	ehemaliges Jugoslawien	E32:	Lettland
E11:	Großbritannien	E33:	-----
E12:	Österreich	E34:	-----
E13:	Luxemburg	E35:	-----
E14:	Schweiz	E36:	-----
E15:	ehemalige DDR	E37:	Türkei
E16:	Norwegen	E38:	-----
E17:	Finnland	E39:	-----
E18:	Dänemark	E40:	Yugoslawische Republik Mazedonien
E19:	Rumänien	E41:	-----
E20:	Polen	E42:	Europäische Union ab 3/98
E21:	Portugal	E43:	Japan
E22:	Russische Föderation		

Normfarbtafel - Farbdreieck



$$X = k \int \varphi(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = k \int \varphi(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = k \int \varphi(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

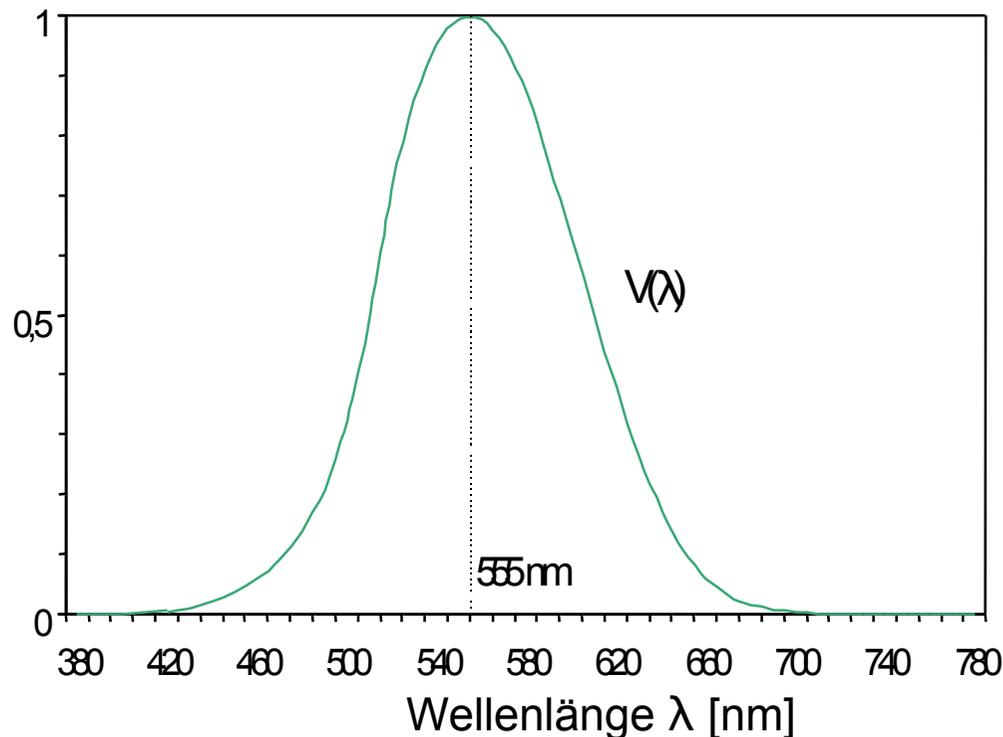
$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = 1 - x - y$$

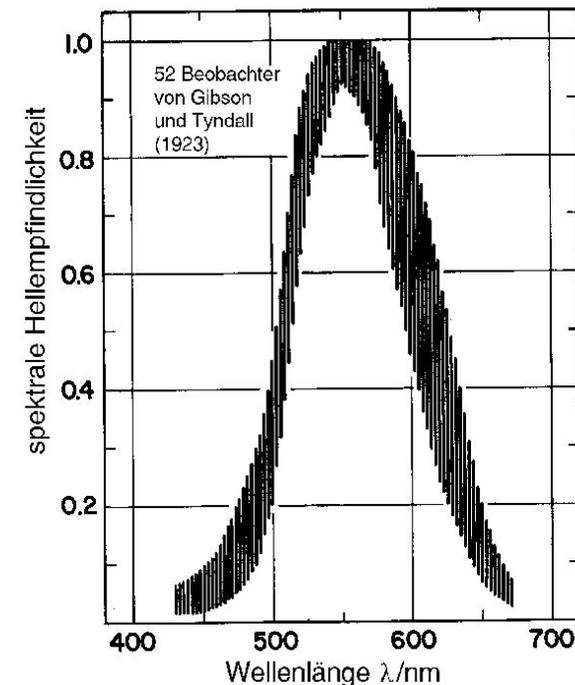
Spektrale Wirkungsfunktion, Helligkeit

Relative spektrale Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges unter Tageslichtbedingungen (hell adaptiertes Auge)

Genormte Kurve



Messwerte



[Aus: Kokoschka,
Script "Grundlagen der Lichttechnik"]

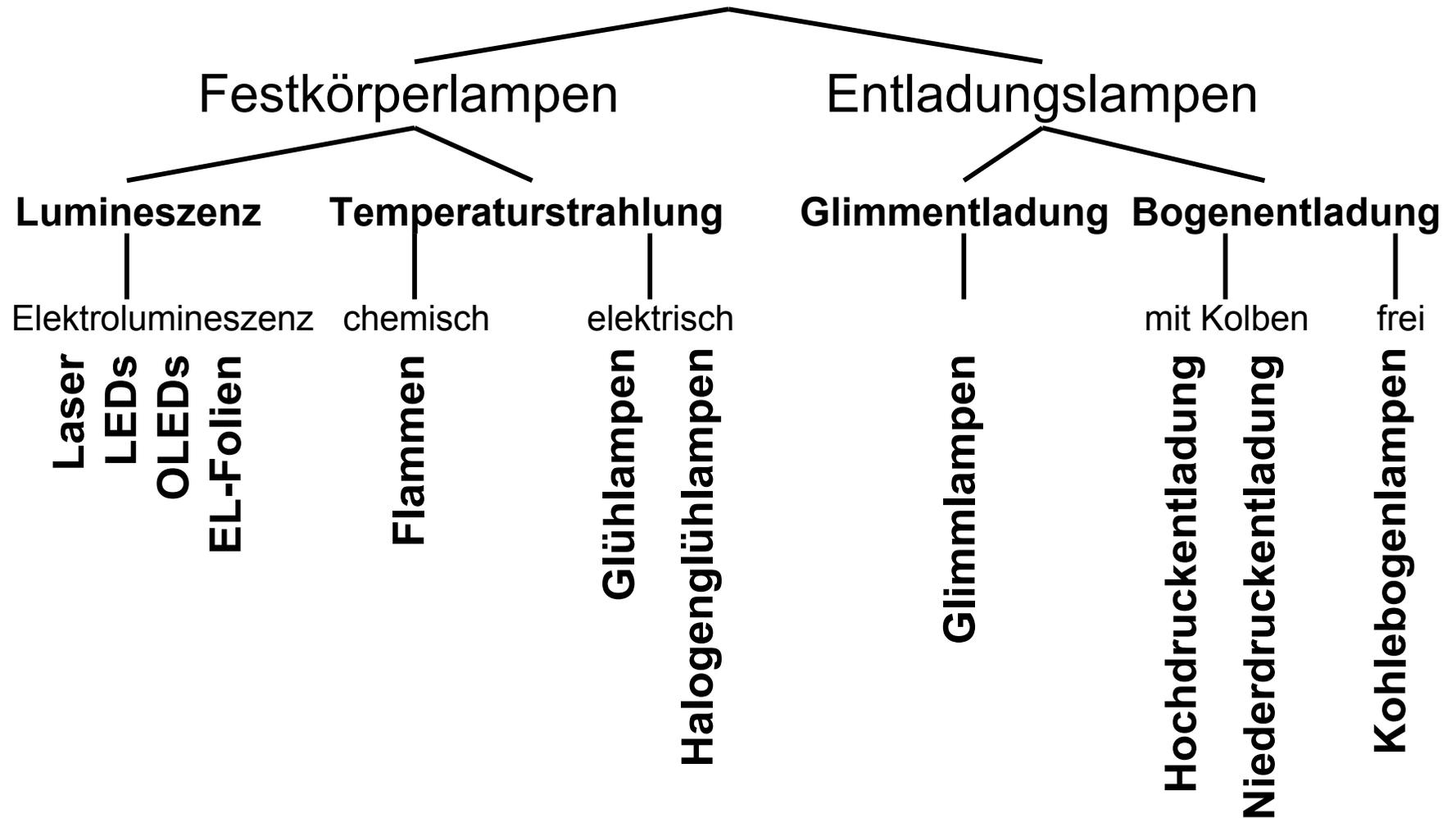
Bewertungsgröße X

- Keine Wirkungsgröße
- Empfindungsgröße hängt nicht linear mit Reiz zusammen
- Bewertungsgröße hängt monoton mit Empfindungsgröße zusammen

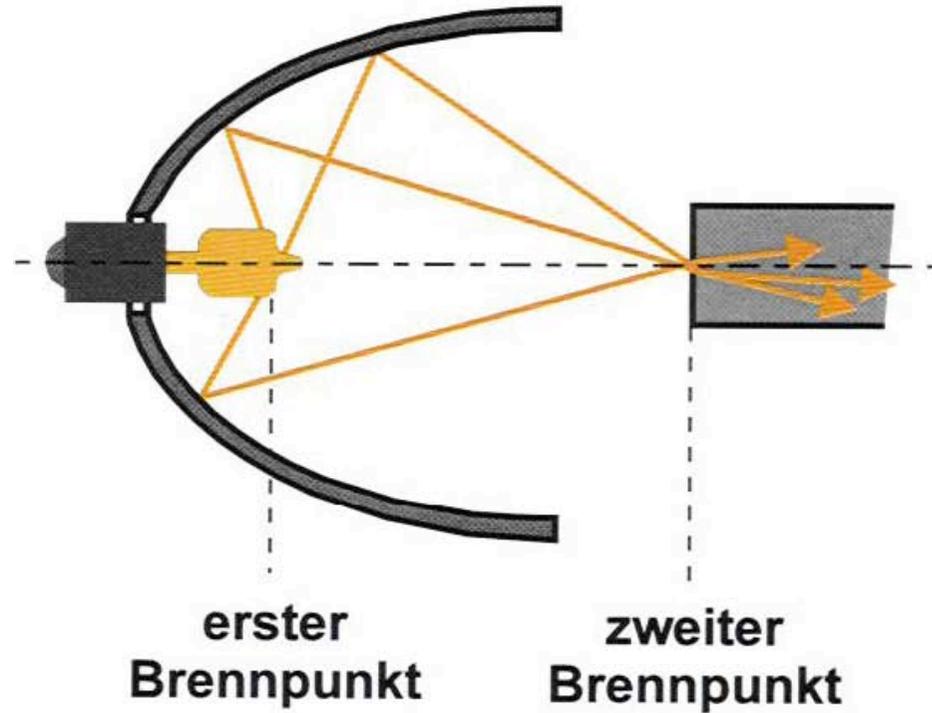
Lichttechnische Größen genügen Äquivalenzrelationen

Verschiedenfarbige Strahlungen die **gleichhell** erscheinen, erhalten die gleiche lichttechnische Maßzahl.

Lichtquellen

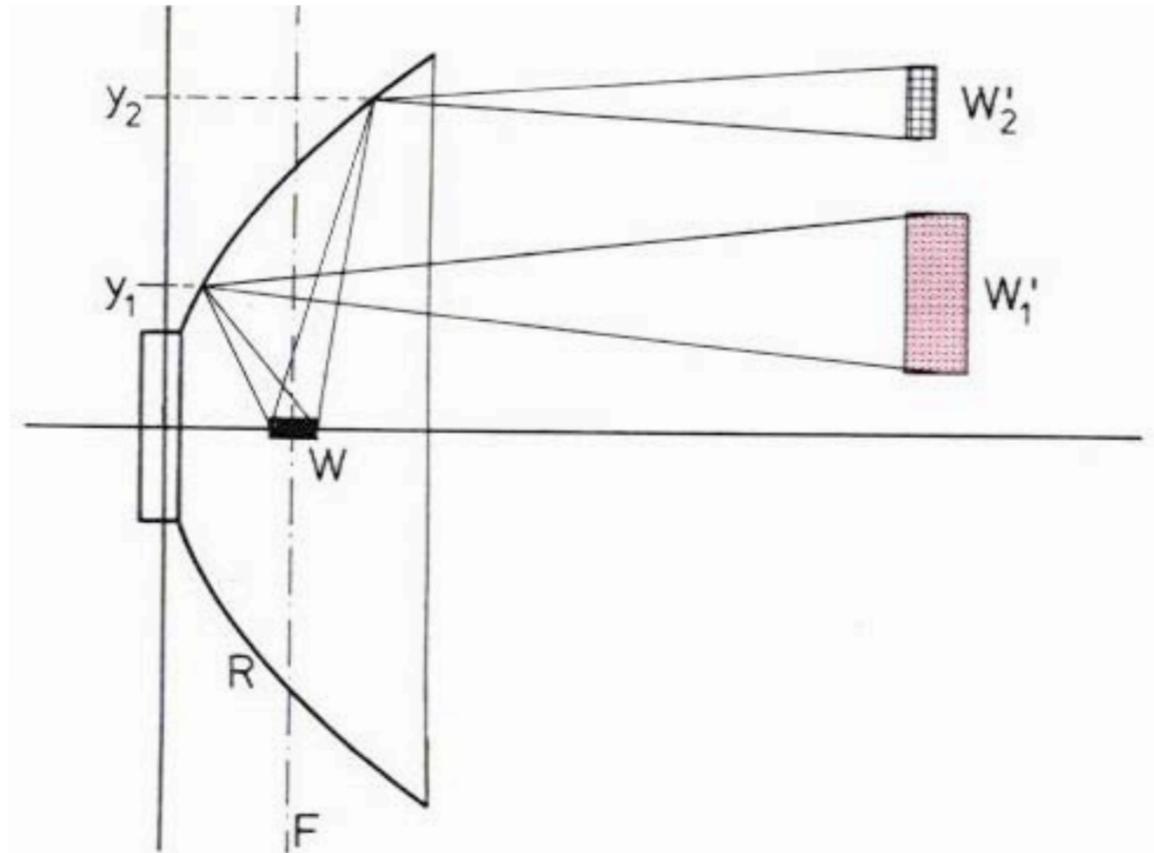


Einkopplung in Lichtleiter

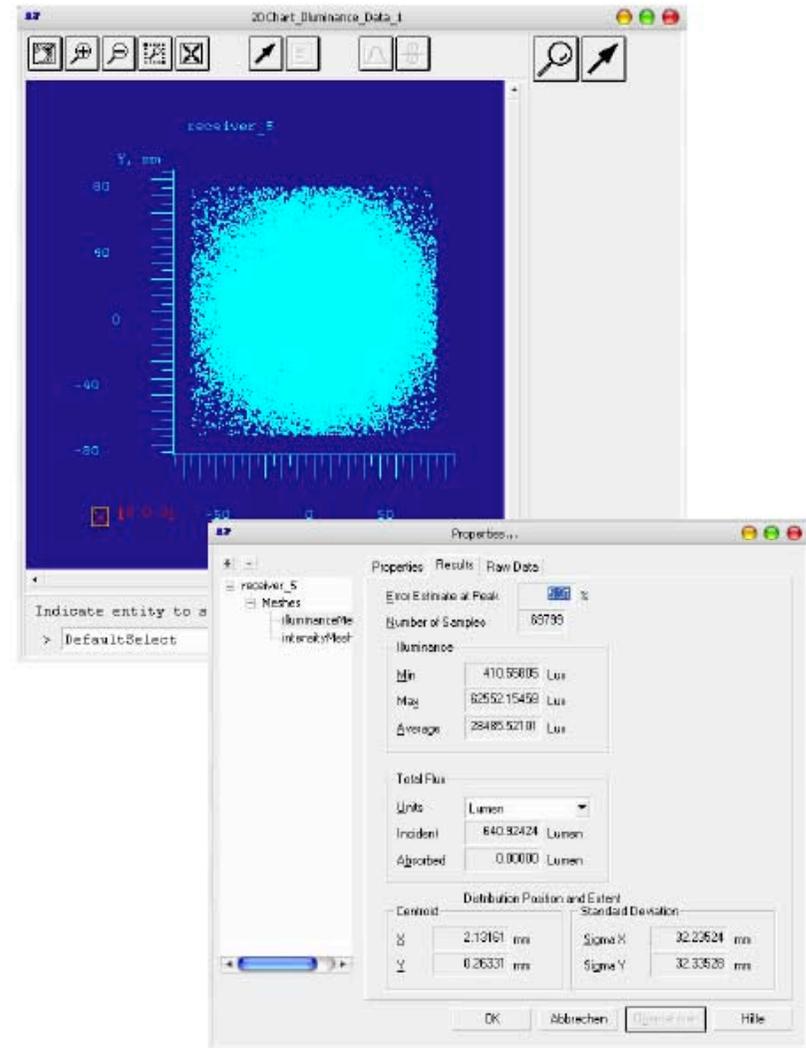
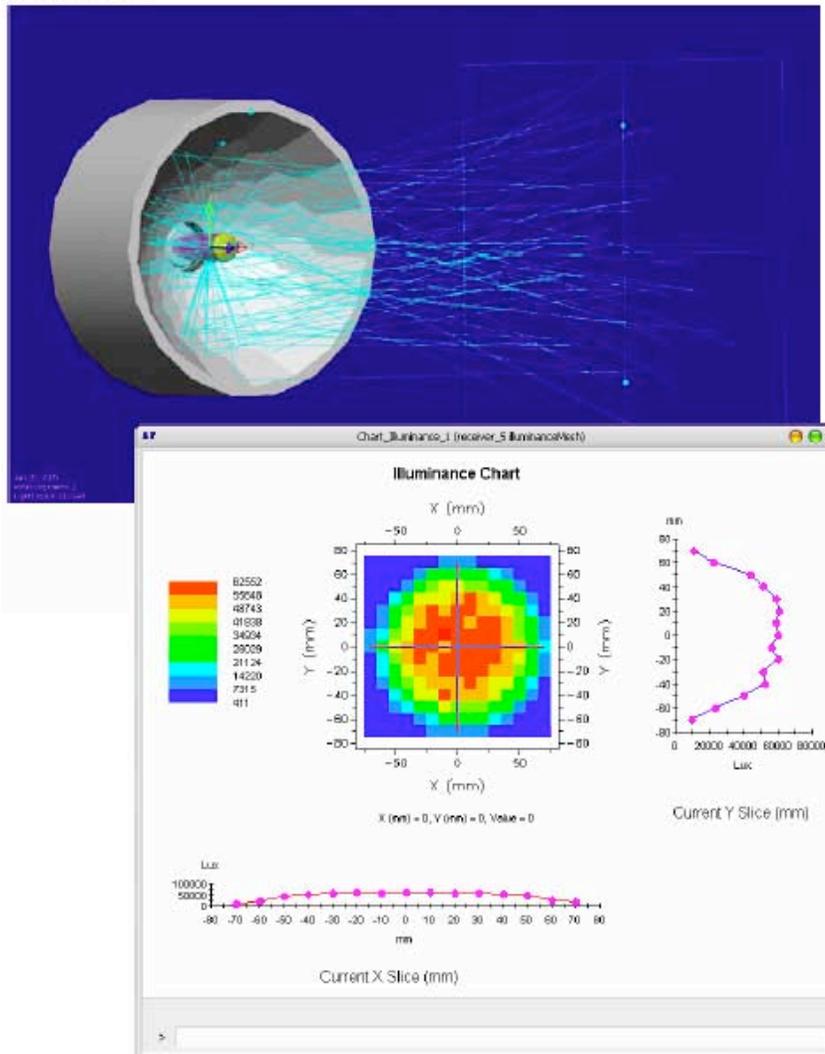


[Aus: Hella, Research & Development Review 1997]

Lichtlenkung mit Paraboloid



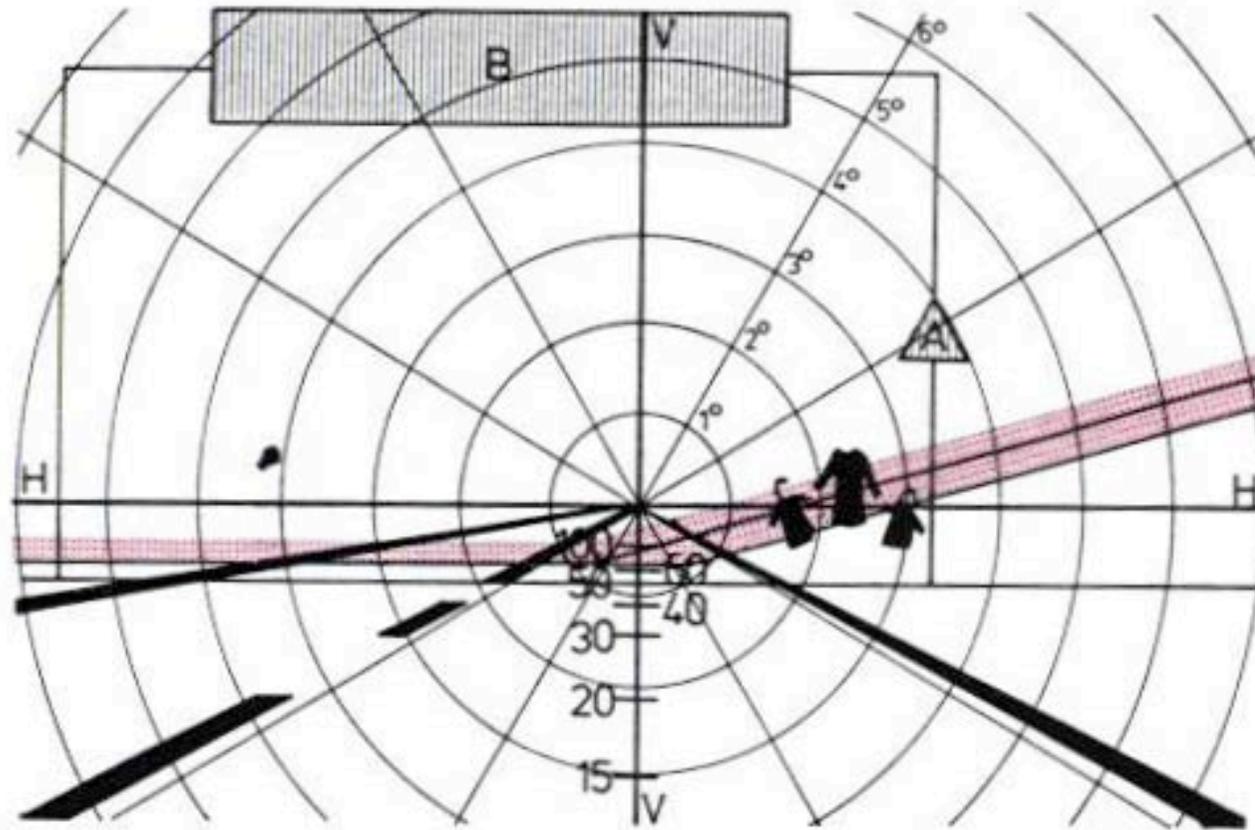
[Aus: Handbuch der Beleuchtung]



Lichtverteilung von Rückleuchten Laut ECE-Regelung 7

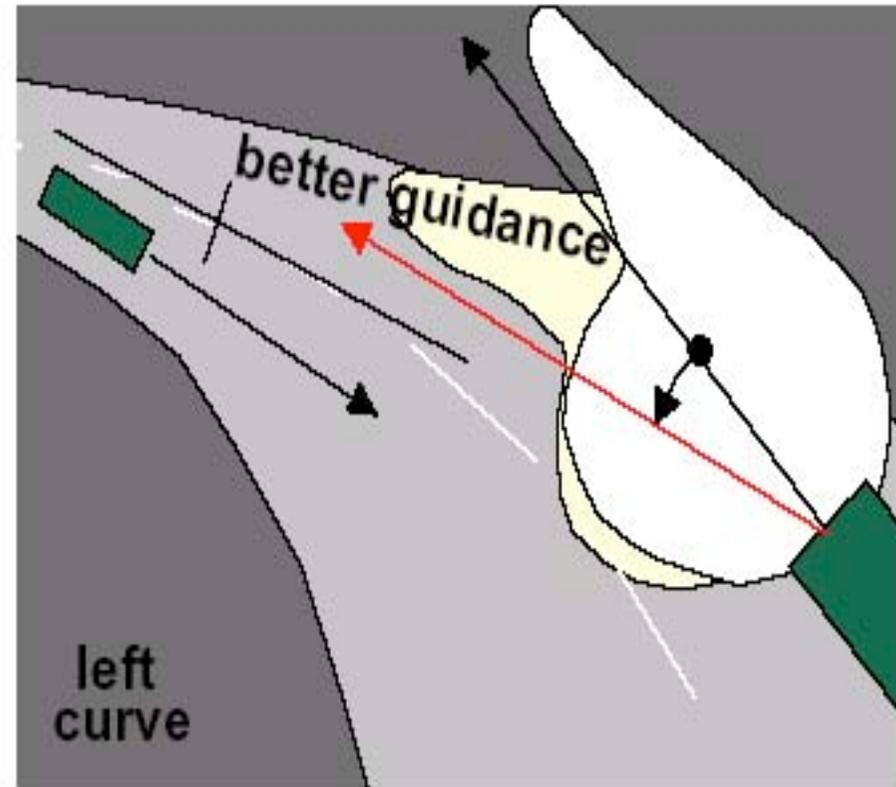
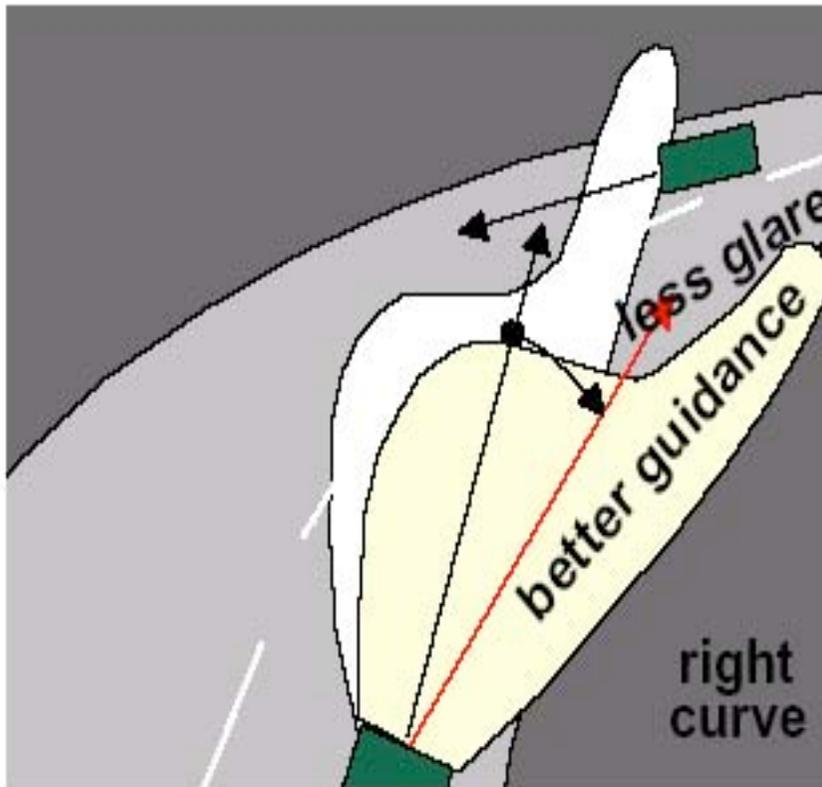
	20°	15°	10°	5°	0°	5°	10°	15°	20°
10°				20		20			
5°	10		20		70		20		10
0°			35	90	100	90	35		
5°	10		20		70		20		10
10°				20		20			

Strassenszene mit Hell-Dunkel-Grenze



[Aus: Handbuch der Beleuchtung]





[Aus: Hanno Westermann , AFS/GER/Back-up, Informal Document 48th GRE No. 28, April 2002]

Adaptive Schlußlichter bei Nebel



Fahrzeug ohne adaptives Licht

Fahrzeug mit adaptivem Licht

[Aus: Thomas Luce, Schefenacker, SPIE - Photonics in the Automobile Nov 2004]



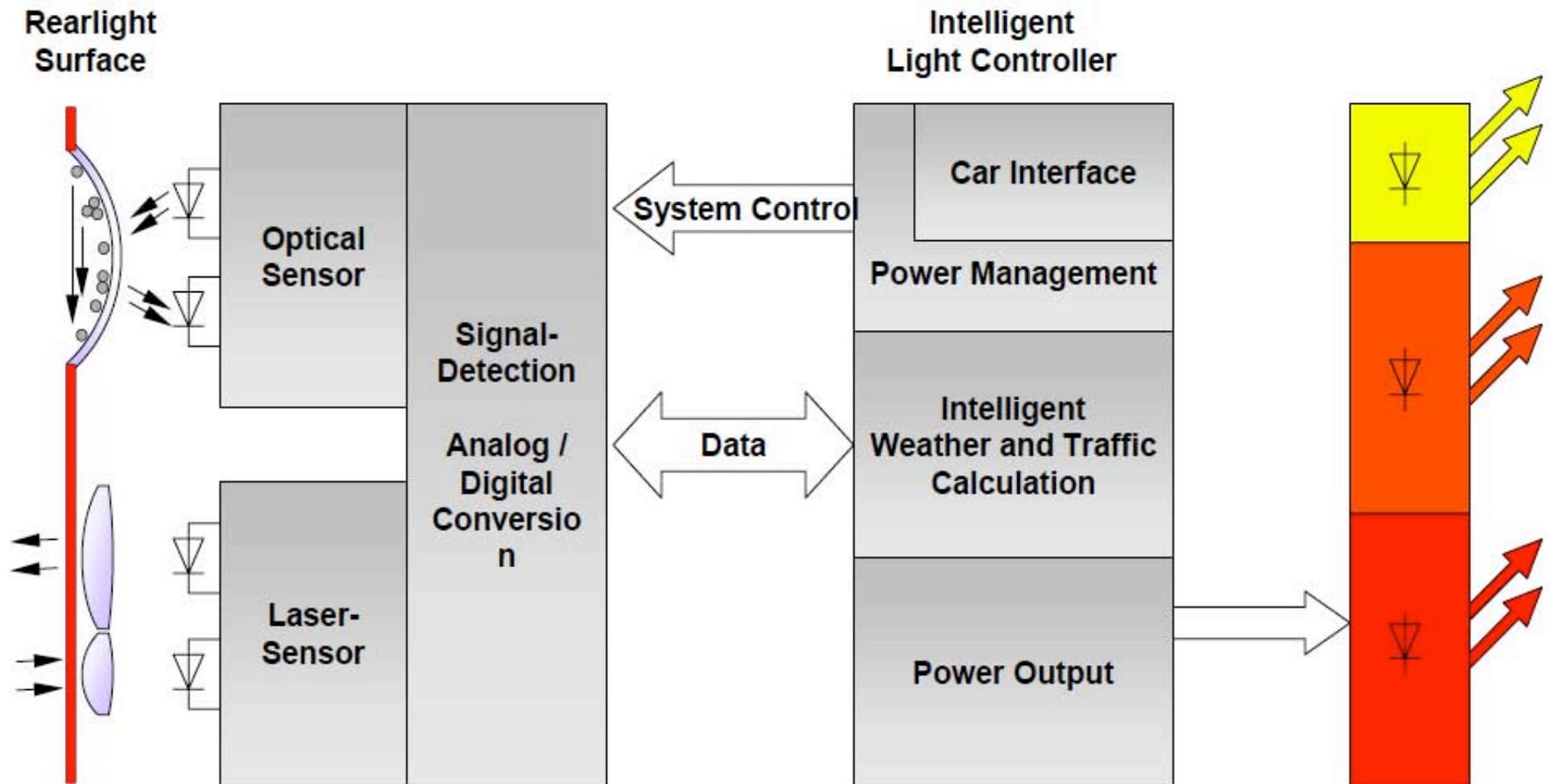
Visibility

Distance

Dirt

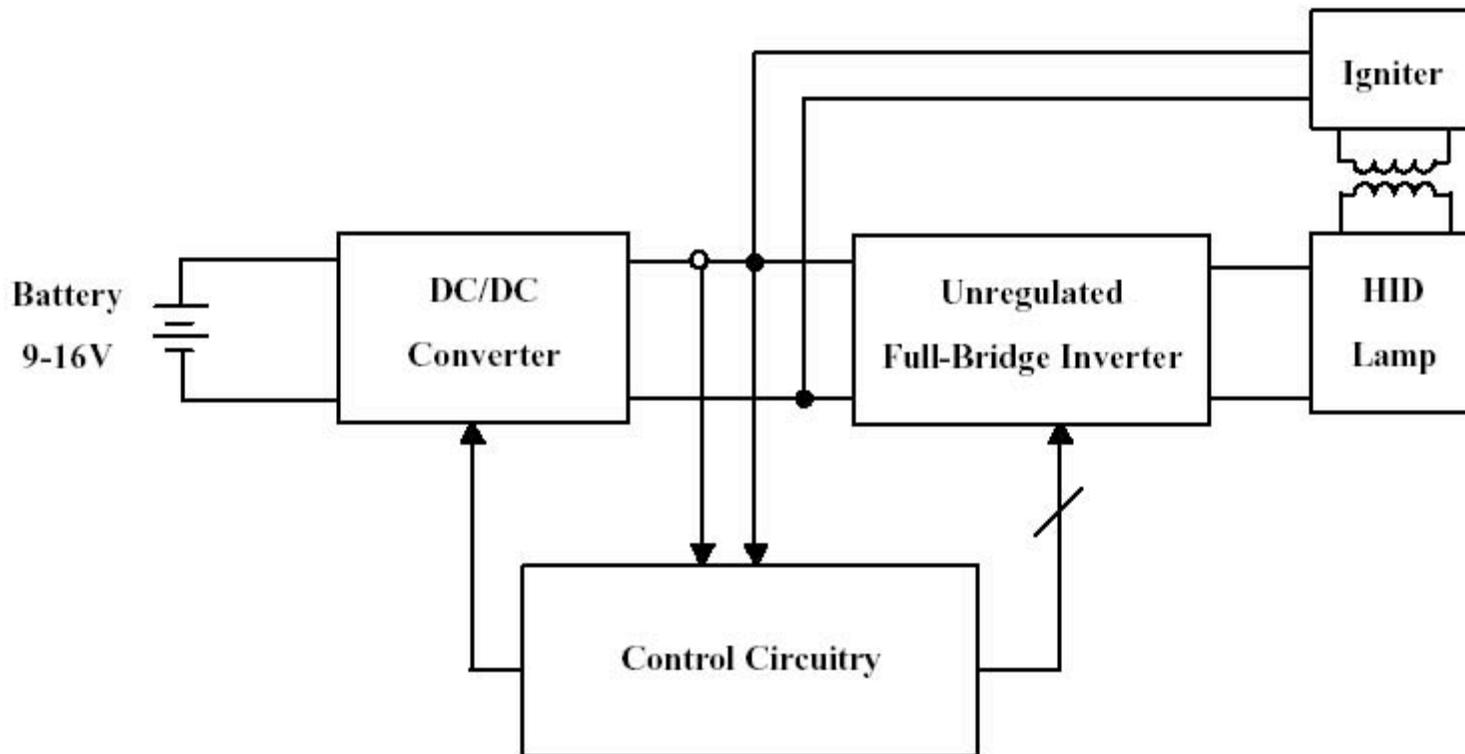
Brightness

[Aus: Thomas Luce, Schefenacker, SPIE - Photonics in the Automobile Nov 2004]



[Aus: Thomas Luce, Schefenacker, SPIE - Photonics in the Automobile Nov 2004]

EVG für Xenon-Lampen



[Aus: Yongxuan Hu, Analysis and Design of HID Lamp Ballast for Automotive Headlamp]

Übersicht:

- **CAN:**
 - Niedrige Bandbreite
 - Ereignisgesteuert
 - Ungeeignet für X-by-wire
- **TTCAN:**
 - Zeitgesteuerter CAN-Bus
- **FlexRay:**
 - Hohe Bandbreite
 - Synchroner und asynchroner Betrieb
 - Geeignet für X-by-wire
- **MOST:**
 - Hohe Bandbreite
 - Synchroner und asynchroner Betrieb
 - Geeignet für Telematik



Grundelemente der Codierung:

- Leuchtdichte
- Form
- Farbe
- Anordnung

[Bild: OEC]

Verbesserung der Sicht durch Bildverarbeitung

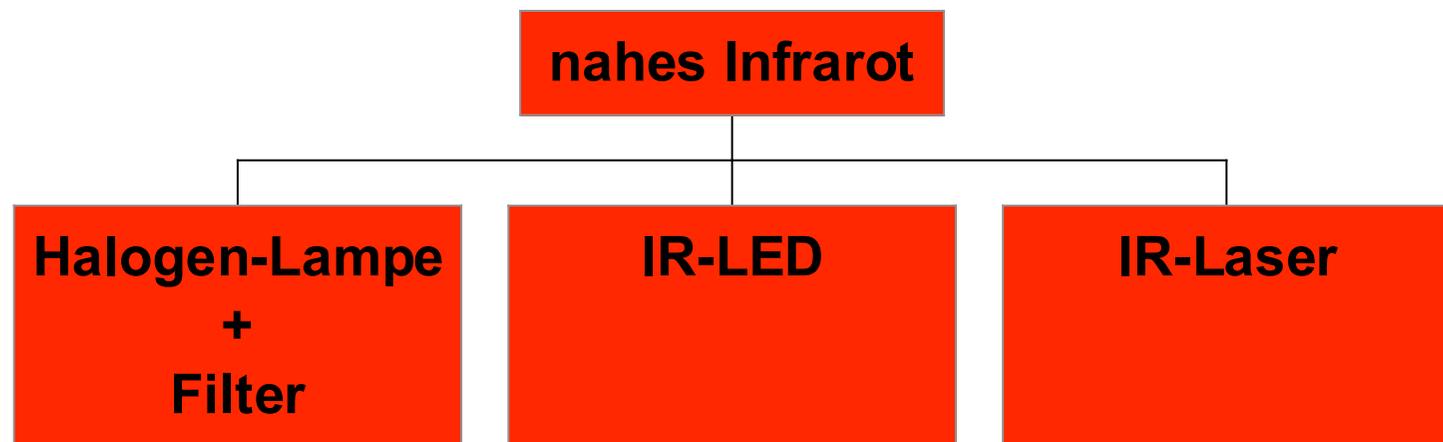
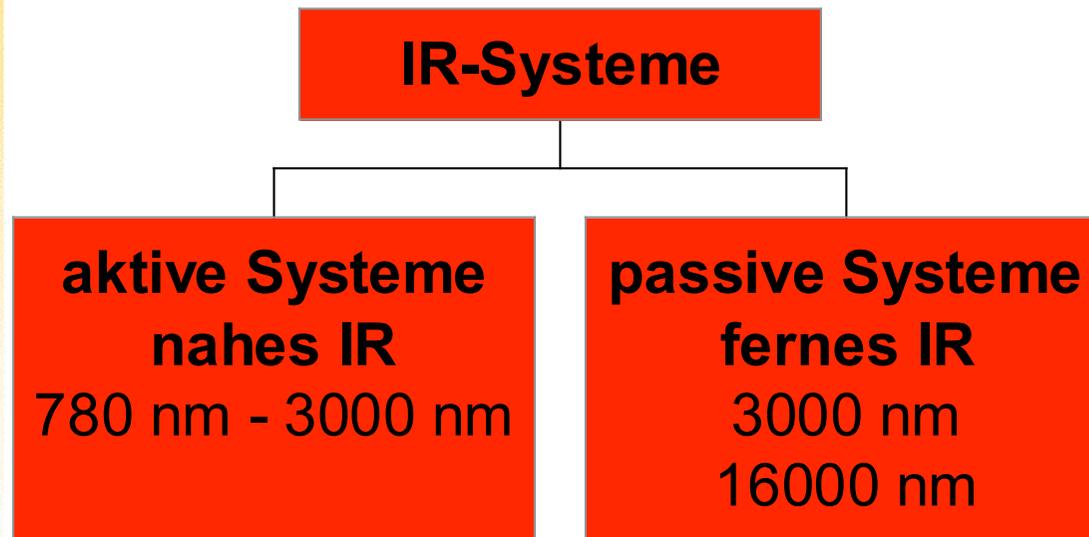
Originalbild

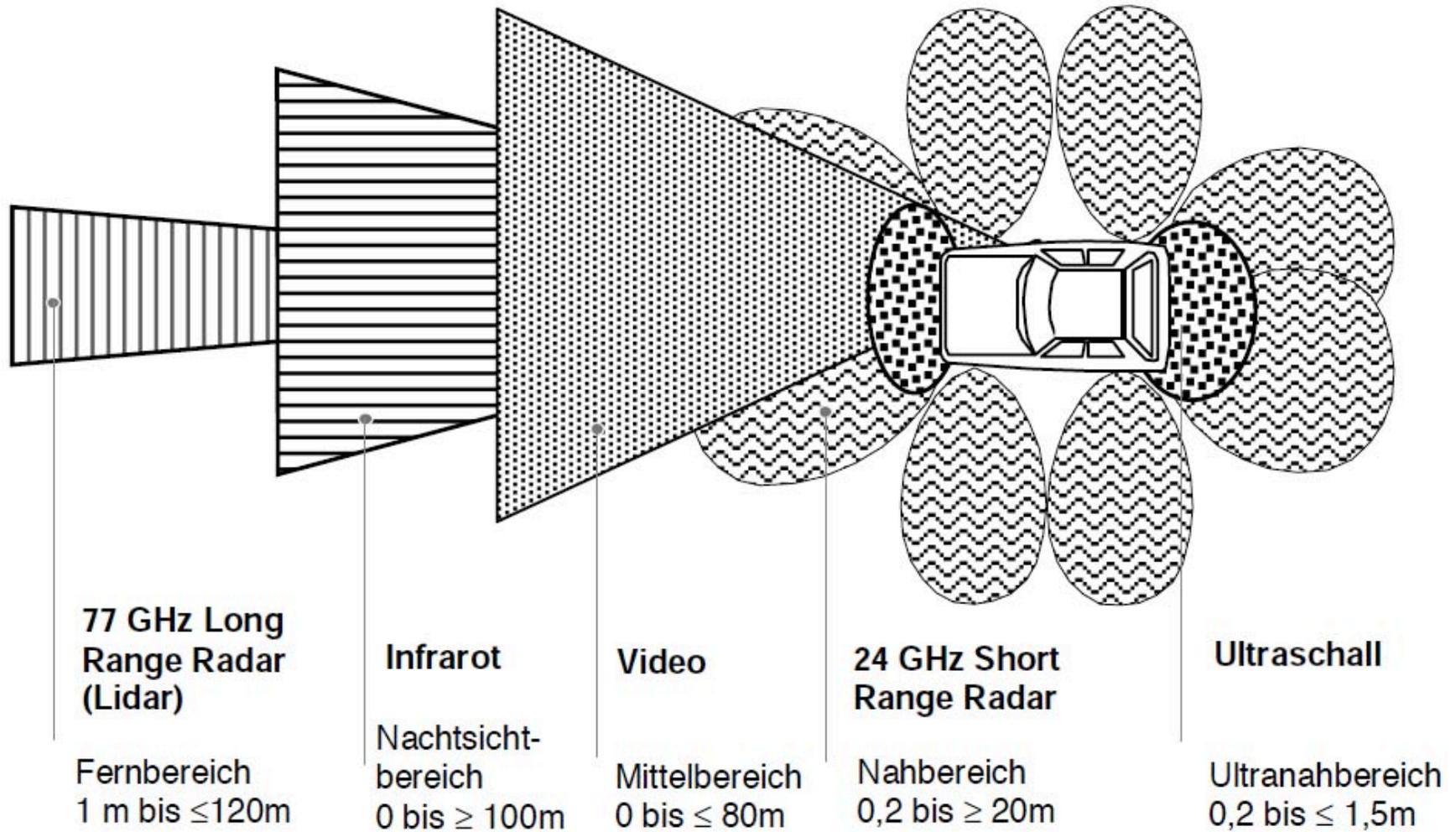


Aufbereitetes Bild

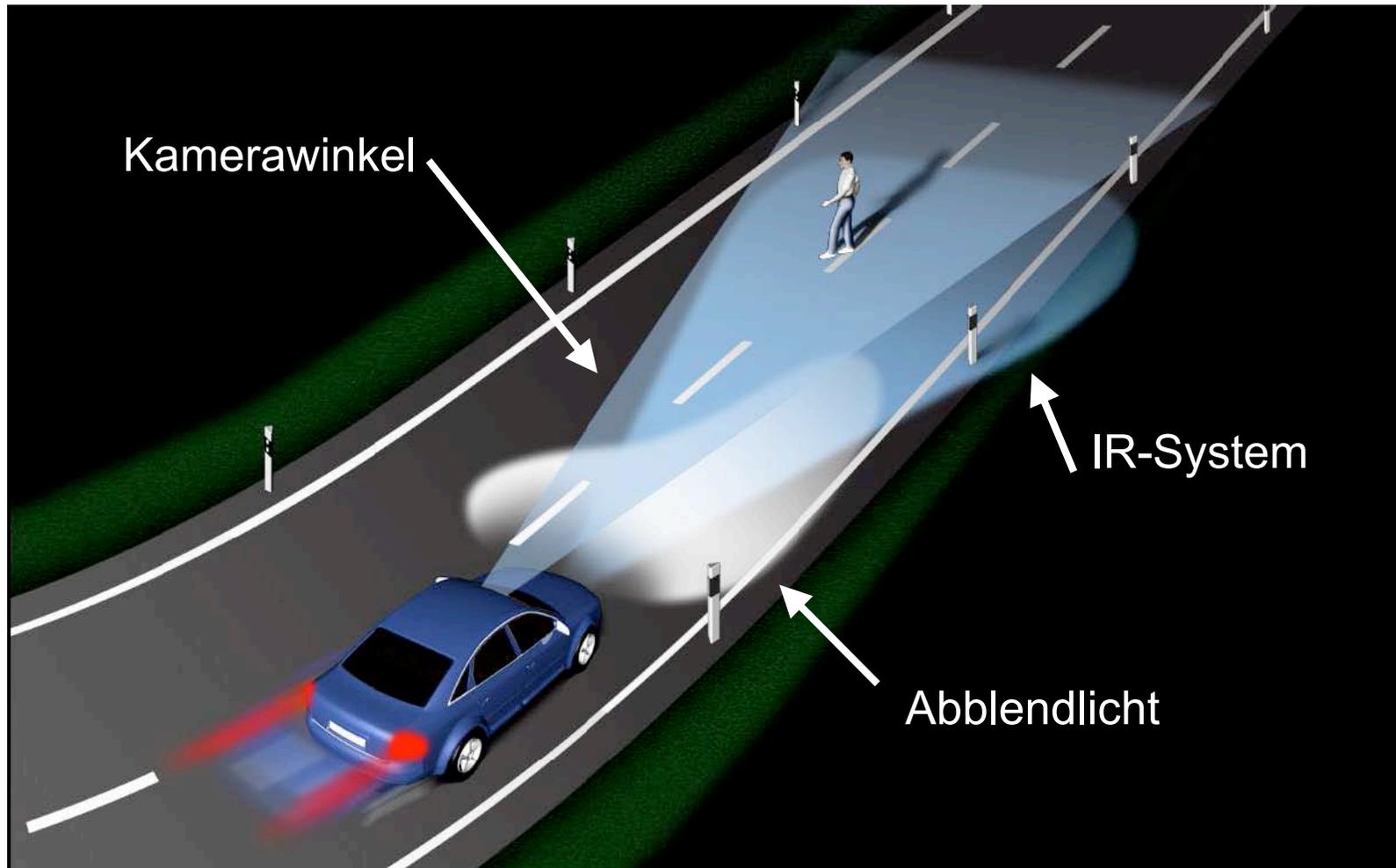


[Aus: PAL 2003, EDEL - Enhanced Driver's Perception In Poor Visibility]





[Aus: Peter M. Knoll, Robert Bosch GmbH]



[Aus: Jan C. Egelhaaf, Peter M. Knoll; Robert Bosch GmbH]

Untersuchungen:

- Einfluss der Sonne auf die Erkennbarkeit
- Einfluss der Konstruktion auf die Erkennbarkeit
- Bewertung der Beleuchtung
- Bewertung des Blickbereichs von Fahrern
- Vermeidung von Scheinwerferfehleinstellungen

Ziele:

- Reduzierung der Unfalltoten
- Erhöhung des Komforts