

# Licht und Beleuchtung

IN DER MEDIENTECHNIK



# Einsatz von Beleuchtung

- ▶ Konzerte
- ▶ Theater
- ▶ Fernsehsendungen
- ▶ Film
- ▶ Events
- ▶ Shows



# Bedeutung von Licht

- ▶ Licht macht Objekte wahrnehmbar (Güte der Wahrnehmung)
- ▶ Dramaturgische Rolle / Szenische Handlung
- ▶ Licht bringt Farben und Oberflächen zur Geltung
- ▶ Licht beeinflusst die physiologischen Vorgänge beim Sehen und Erkennen
- ▶ Licht wirkt motivierend auf Menschen
- ▶ Licht / Farbe erweckt unterschiedliche Gefühle







# Licht und Strahlung

## physikalische Größen

- ▶ Strahlungsphysik verwendet energetische / physikalische Größen (Strahlungsfluss, Strahlstärke, Bestrahlungsstärke, Strahldichte)
- ▶ Fotometrie verwendet diese Größen unter Einbeziehung des Auges -> Spektrale Hellempfindlichkeit:

Das menschliche Auge gewichtet  
einzelne Wellenlängen des sichtbaren  
Lichtes unterschiedlich

- ▶ Lichtstrom, Lichtstärke, Beleuchtungsstärke, Leuchtdichte werden verwendet

# Licht und Strahlung

## physikalische Größen

- ▶ Licht ist eine elektromagnetische Strahlung
- ▶ Daher verwendet man die Begriffe:
  - Frequenz
  - Wellenlänge (räumliches Analogon zur zeitlichen Periodendauer)
  - $\text{Frequenz} = 1 / \text{Periodendauer}$   
 $\text{Periodendauer} = 1 / \text{Frequenz}$

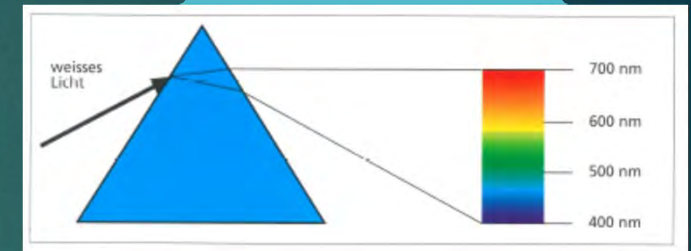




# Licht und Strahlung

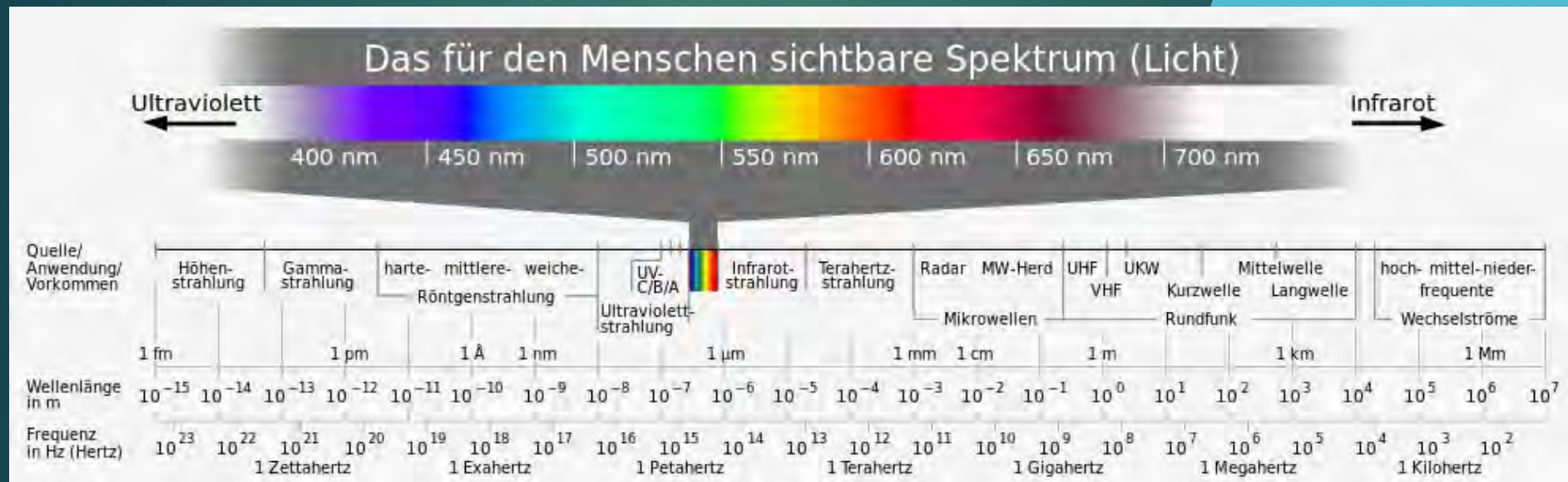
## Das Spektrum

- ▶ Für den Menschen erkennbares Spektrum: 380 nm – 780 nm
- ▶ Ultraviolett-Strahlung (UV): 100nm – 380nm  
Wichtig für die Funktionsweise von Gasentladungslampen, HMI erzeugt bis zu 25% UV-Strahlung -> Wichtig: Glasabdeckung filtert UV-Strahlung
- ▶ Infrarot-Strahlung (IR): 780nm – 1mm



# Licht und Strahlung

## Das Spektrum

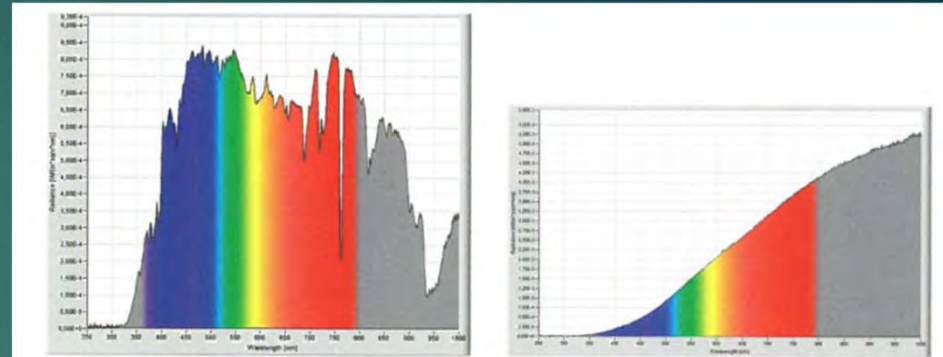




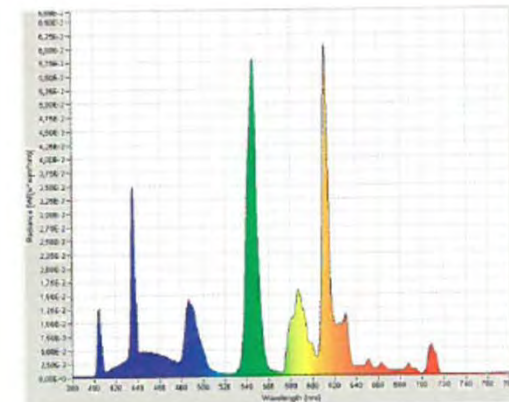
# Licht und Strahlung

## Das Spektrum

- ▶ Kontinuierliches Spektrum:  
ein Breites Band an Frequenzen  
(Farben) wird erzeugt  
Beispiele: Sonne, Glühlampe
- ▶ Linienspektrum:  
vereinzelte Spektrallinien sind  
im Spektrum vorhanden  
Beispiele: Leuchtstoff-, Energiespar-,  
Metall dampflampen



**Bild 2.3** links: Spektrum Tageslicht (Hamburg, November 2012, bewölkter Himmel); rechts: Spektrum einer Glühlampe (60 W)



**Bild 2.4** links: Spektrum einer Leuchtstofflampe, (Philips)



# Licht und Farbe



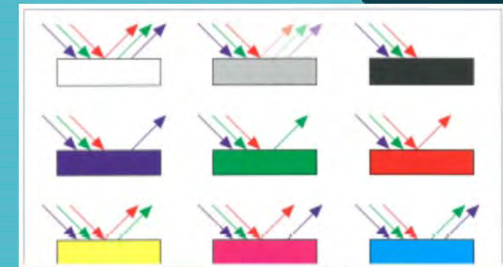
## ► Weißes Licht:

Setzt sich aus unterschiedlichen Wellenlängen zusammen

Jede Wellenlänge repräsentiert eine Farbe

Mensch kann die unterschiedlichen Farben nicht einzeln sehen

Farben werden erst durch die Lichtbrechung z.B: Glasprisma, Regentropfen,... sichtbar



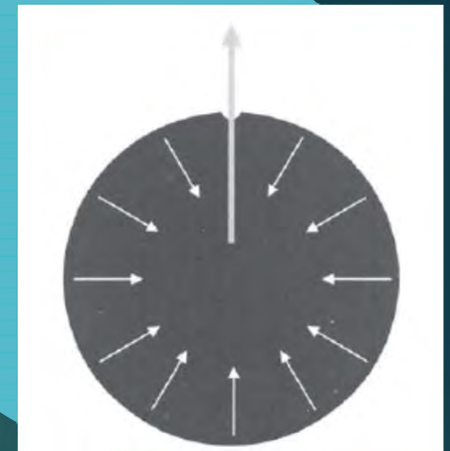
## ► Farbiges Licht:

Mensch sieht farbige Fläche nur als Ganzes

kann nicht unterscheiden, ob sich zb.: gelbes Licht aus den Spektralfarben Rot und Grün zusammensetzt oder nur aus rein spektralem Gelb besteht

# Farbtemperaturen / Schwarzer Strahler

- ▶ In einen hohlen Körper (Kugel) fällt durch ein kleines Loch Licht  
Verhältnis Hohlraumdurchmesser / Lochdurchmesser =  $1 / 60$
- ▶ Austretendes Licht (sehr wenig, da das meiste durch den Hohlraum absorbiert wird) wird gemessen
- ▶ Körper wird durch Erhitzen zum Glühen gebracht  
-> austretendes Licht bzw. dessen Farbe korreliert mit d. Temperatur
- ▶ Ab einer Temperatur von ca. 800 °C bzw. 1073 Kelvin beginnt der Strahler rötlich zu glühen
- ▶ Farbskala: Dunkelrot, Rot, Orange, Gelb, Weiß, Hellblau  
Farben von Lichtquellen werden mittels dieser Maßeinheit angegeben

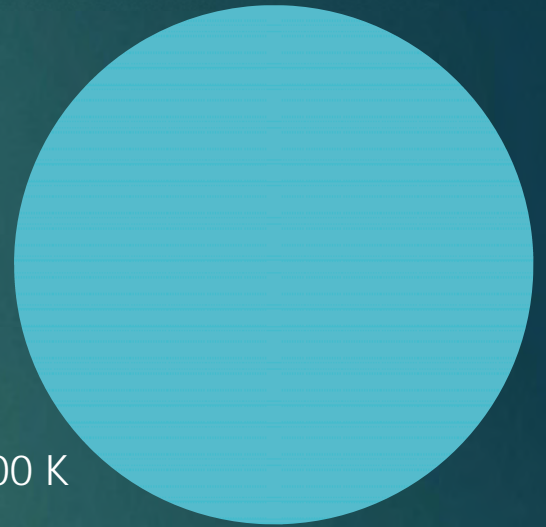


Schematische Darstellung  
des Plank'schen Strahlers



# Farbtemperaturen (Beispiele)

Kerzenlicht	1850 K
Glühlampe 40 W	2650 K
Normlicht A	2855,4 K
Halogenglühlampe	3200 K
Normlicht 065, Fernsehbildweiß (Europa)	6504 K
Tageslicht bei bedecktem Himmel	6700-7000 K
blauer Himmel ohne direkte Sonne	12.000-30.000 K





# Maßeinheiten der Lichtempfindung

- ▶ Spektrale Helligkeitsempfindung

Für den gleichen Helligkeitseindruck bei zwei unterschiedlichen Wellenlängen (Farben) beim Menschen hervorzurufen benötigt man je nach Wellenlänge, unterschiedlich viel Strahlungsleistung.

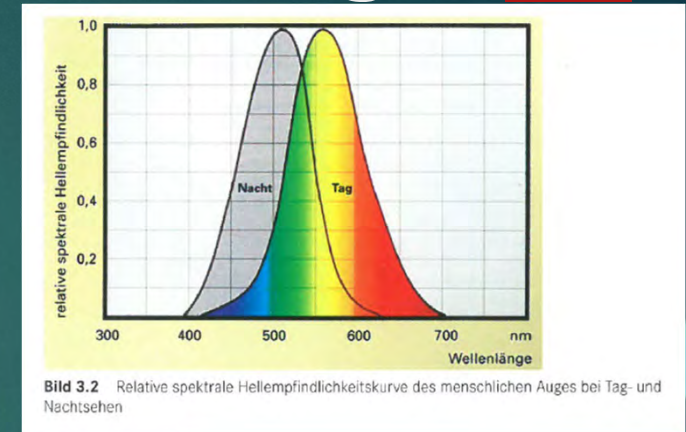
- ▶ Beispiel:  
Grün gelbes Licht (z.B. 555nm) erscheint bei gleicher Leistung viel heller als Blaues Licht (z.B. 400nm).  
Für gleichen Helligkeitseindruck benötigt man für das Blaue Licht das 2500 -fache an Strahlungsleistung.

<u>Wellenlänge</u>	<u>Notwendige Energie</u>	<u>Relative Hellempfindlichkeit</u>
400 nm	25.500 W	0,00039
450 nm	263 W	0,0382
500 nm	31W	0,323
550 nm	1W	1
600 nm	15,8 W	0,6329
650 nm	93,4 W	0,107
700 nm	2.430 W	0,0041



# Maßeinheiten der Lichtempfindung

- ▶ Spektrale Helligkeitsempfindlichkeitskurve  
Frequenzabhängigkeit der Augenempfindlichkeit
- ▶ Auch Unterschiede bei Helligkeits- und Farbsehen  
-> **Wichtig für die Übertragung und Komprimierung von Bild- / Videosignalen**
- ▶ Lichtstrom  $\varphi$  oder „Phi“ in Lumen (lm)  
Bezieht die Helligkeitsempfindlichkeitskurve in Bezug auf die Strahlungsleistung ein
- ▶ Lichtausbeute „H“ oder „eta“ in Lumen / Watt (lm/W)  
Lichtausbeute ist Lichtstrom / elektrischer Leistung  
Ohne Verlustleistung würde man 638 lm/W schaffen  
Großer Faktor -> Wärmeverlust



$$H = \varphi / P$$

# Maßeinheiten der Lichtempfindung

- ▶ Lichtstärke  $I$  in Candela (cd)  
-> bezeichnet die Lichtstromdichte in einer bestimmten Abstrahlrichtung

Wichtig, da sich Licht in unterschiedliche Richtungen ausbreitet.  
Um daher ein Maß zu haben, wie „stark“ eine Lichtquelle in einem bestimmten Winkel leuchtet, benötigt man daher einen sogenannten Raumwinkel  $\omega$  oder „Omega“ als Bezugsgröße. Daher gilt  $I = d\Phi / d\omega$

- ▶ Raumwinkel  $\omega$  in Steradian (sr)  
Die Lichtstärke wird in Kugelkoordinaten berechnet  
Der Raumwinkel ist ein Maß für die Größe eines kugelförmigen Raumes, der die Lichtstrahlen, ausgehend von einer Lichtquelle, bis zum Rand einer Fläche einer Kugel einschließt.
  - Wichtig bei Leuchtkörpern zu beachten: Lichtstärkeverteilungskurve (z.B.: Stufenlinse)



# Maßeinheiten der Lichtempfindung

- ▶ Beleuchtungsstärke  $E$  in Lux (lx) oder Lumen/m<sup>2</sup>  
-> Sagt „nur“ aus wieviel Lichtstrom auf eine Fläche trifft.  
Wird in vielen Lichtberechnungsprogrammen verwendet, sagt aber wenig über die Helligkeit eines Gegenstandes oder Person aus.  
Einsatz: Fernsehen, Architektur
- ▶ Belichtung  $H$  in Luxsekunde (luxs)  
 $\text{Belichtungsstärke} \cdot \text{Belichtungsdauer } H = E \cdot t$   
Bei der Belichtung von Film spielt es eine Rolle, wie lange eine gewisse „Lichtmenge“ auf des Medium einfällt  
Einsatz: Film, Fotografie
- ▶ Leuchtdichte  $L$  in Candela/Quadratmeter (cd/m<sup>2</sup>)  
Leuchtdichte ist die einzige lichttechnische Grundgröße, die der Mensch wahrnehmen kann.  
Erst durch Leuchtdichteunterschiede (Kontraste) kann der Mensch Dinge erst erkennen.  
Hier spielt auch eine Rolle in welchem Winkel das Licht einfällt.



# Stoffkennzahlen

- ▶ Wie „reagiert“ ein Material, das beleuchtet wird?

Wichtig für das Verständnis von Oberflächen und Modellierungen

- ▶ Folgende Größen sind wichtig:

- **Reflexionsgrad** (diffuse, gerichtete, gemischte Reflexion)  
Verhältnis zwischen einfallendem und reflektiertem Lichtstrom
- **Transmissionsgrad** (diffuse, gerichtete, gemischte Transmission)  
Verhältnis zwischen einfallendem und durchgelassenem Lichtstrom
- **Absorptionsgrad**  
Verhältnis zwischen absorbiertem und auftreffendem Lichtstrom
- **Halbstreuwinkel** -> Winkel des Lichtstrahls, an dem die Lichtstärke halb so groß ist, wie der maximale Lichtstärkewert

Remissionsgrad in % beschreibt das gleiche in Film und Fotografie. Typischer Wert für Graukarte ist der Wert 18% -^ ca. dem Reflexionsgrad der menschlichen Haut.



# Helligkeit und Kontrast

- Physiologischer Kontrast  
Unterschied zwischen Objektleuchtdichte und Hintergrundleuchtdichte

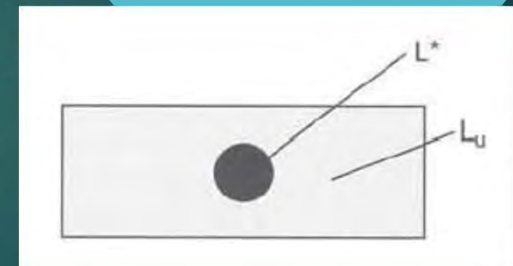
Helligkeitsdetektion  $C$  ( =  $\Delta L / L_u$  )

$$C = \frac{\text{Objektleuchtdichte} - \text{Hintergrundleuchtdichte}}{\text{Hintergrundleuchtdichte}} \cdot 100\% = \frac{L^* - L_u}{L_u} \cdot 100\%$$

Essenziell für das Erkennen von Objekten:

Erst ab einer bestimmten Differenz möglich!  
→ sogenannter Schwellenkontrast

... liegt bei mittleren Leuchtdichten zw.  $110 \text{ cd/m}^2$  -  $1000 \text{ cd/m}^2$  bei ca. 3%



# Helligkeit und Kontrast

- ▶ Kontrastdefinition im Film und Fernsehen:  
 $K = \text{Verhältnis max. Leuchtdichte und min. Leuchtdichte} (K = L_{\text{max}} / L_{\text{min}})$
- ▶ Objektkontrast:  
Entsteht bei gleichem Licht durch unterschiedliche Oberflächen
- ▶ Lichtkontrast:  
Entsteht bei gleicher Oberfläche durch unterschiedliche Lichtmengen
- ▶ Szenenkontrast: (Praxisfall)  
Mischung aus Objektkontrast und Lichtkontrast

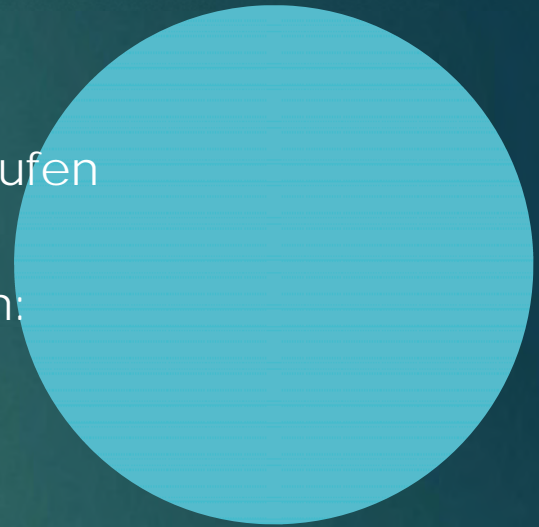






# Helligkeit und Kontrast

- ▶ Kontrastumfang und Blendenstufen:  
Im Film / Fotografie wird der Kontrastumfang in Blendenstufen (Helligkeitsstufen) angegeben.
- ▶ Blende soll Lichtstrom (der durch Objektiv fällt) begrenzen:  
Aufgrund des möglichen Kontrastumfanges  
-> Filmempfindlichkeit bzw. Auflösungsvermögen



<u>Kontrast</u>	<u>Blendenstufe</u>	<u>Kontrast</u>	<u>Blendenstufe</u>
1:1	-	1:32	5 Blendenstufen
1:2	1 Blendenstufe	1:64	6 Blendenstufen
1:4	2 Blendenstufen	1:128	7 Blendenstufen
1:8	3 Blendenstufen	1:256	8 Blendenstufen
1:16	4 Blendenstufen		

# Helligkeit und Kontrast



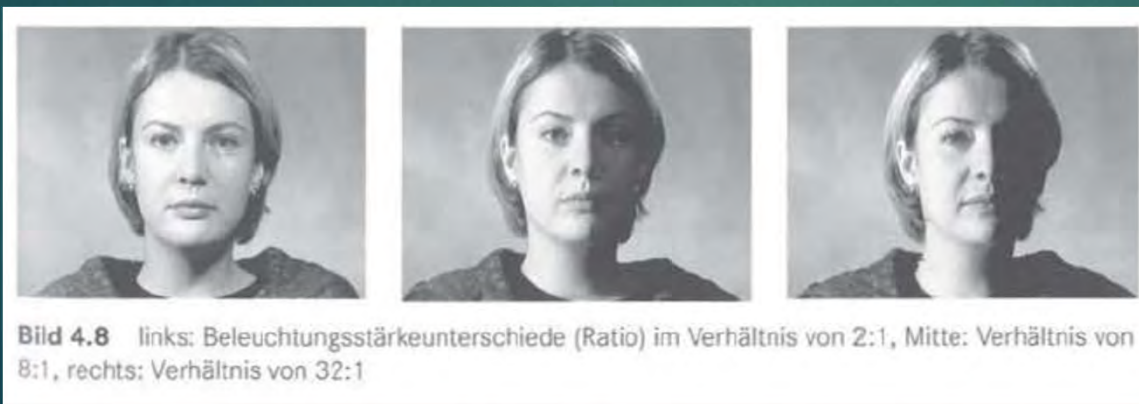


# Helligkeit und Kontrast

- ▶ Statt dem Begriff Kontrast verwendet man im Film oft den Begriff

## Ratio: Beleuchtungsstärkeunterschied

- ▶ Verhältnis von:  
Gesamtes auftreffendes Licht (Führungslicht (F) + Aufhellung (A)) zu  
reiner Aufhellung ->  $\text{Ratio} = (F + A) / A$



Bei der Gesamtbeleuchtung einer Person von 800 lx (vertikale Beleuchtungsstärke) könnte z. B. das Führungslicht 400 lx betragen, das Aufhelllicht 400 lx. Dabei trifft das Führungslicht nur auf eine Seite des Gesichtes (z. B. in den Abbildungen unten nur auf die linke Seite der Darstellerin), während das Aufhelllicht beide Gesichtshälften beleuchtet. Bei einer solchen Ausleuchtung spricht man dann von einem Beleuchtungsstärkeunterschied (Ratio) von 2:  $1((400 \text{ lx} + 400 \text{ lx}) / 400 \text{ lx})$ .

# Helligkeit und Kontrast

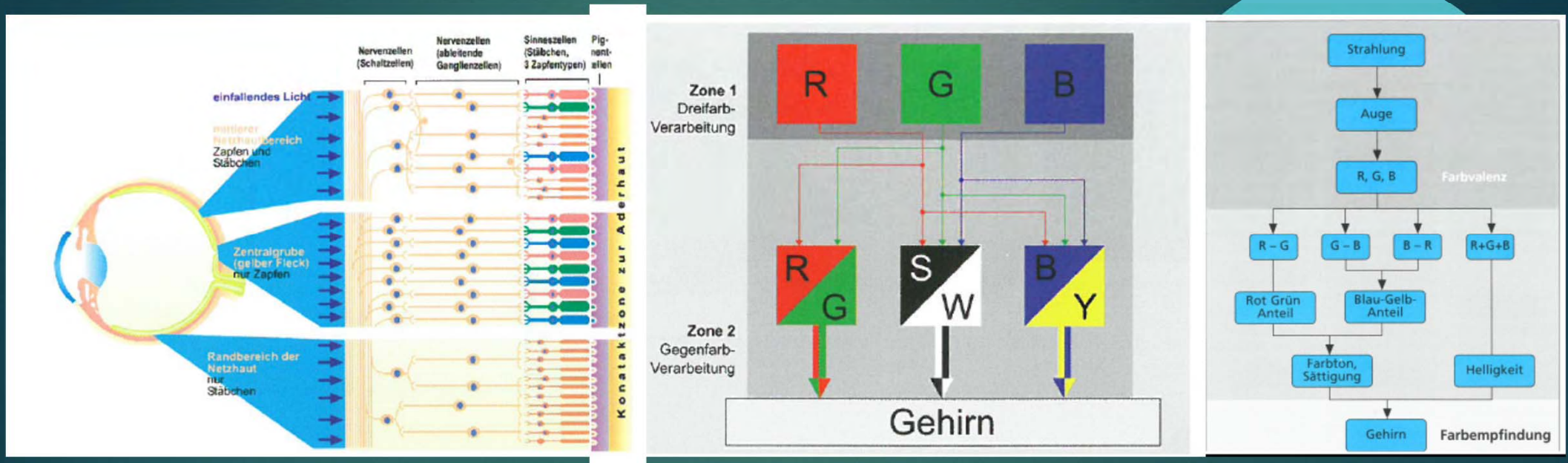
## ▶ Helligkeitsmodelle:

- ▶ Weber-Fechner'sche Regel
- ▶ Steven'sche Formel
- ▶ Adams und Cobb
- ▶ Helligkeitsmodell CIE-L ( $L^*u^*v^*$  und  $L^*a^*b^*$ )





# Auge und Wahrnehmung



# Farbmetrische Grundlagen

## Unterscheidung von:

- ▶ **Hellempfinden**
- ▶ **Farben** (subjektive Farbempfindung als Resultat aus physikalischen, physiologischen und psychologischen Prozessen – nicht Malfarben..)
- ▶ Farbreiz wird ausgelöst von Primärstrahlern und Sekundärstrahlern  
Primärstrahler: Selbstleuchter  
Sekundärstrahler: erzeugen selbst keine Strahlung (Körperfarben)  
bestimmt durch Beleuchtung und Oberfläche  
und wird durch die Farbreizfunktion beschrieben  
sind sie reflektierend -> Aufsichtsfarben, Oberflächenfarben  
sind sie transmittierend -> Durchsichtsfarben (Folien)





# Farbmetrische Grundlagen

- ▶ Farbempfindung -> zur sprachlichen Kennzeichnung von Farben qualitative Begriffe, wie Helligkeit, Farbton (Buntton), Sättigung (Buntheit)
- ▶ Farbvalenz (Farbvektor) -> 3-dimensionale Größe, beschrieben durch 3 Maßzahlen bzw. Ortsvektor im 3-dimensionalen Raum z.B.: RGB, XYZ, LCH,  $L^*a^*b^*$ ,  $L^*u^*v^*$ , ...

XYZ wurde (1931) durch CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) definiert -> virtuelles Normvalenzsystem.

Diese Primärvalenz stellen gewissermaßen Überfarben dar und können durch lineare Transformation mit reellen Primärvalenzen (z.B. RGB) verknüpft werden.

Unbunte Farbvalenzen: „natürliche Reihe“ vom hellsten Weiß über Graustufen bis hin zur tiefsten Schwarzempfindung, ca. 50 Unbuntarten

Bunte Farbvalenzen: alle Abstufungen der Farbempfindungen



# Farbmetrische Grundlagen

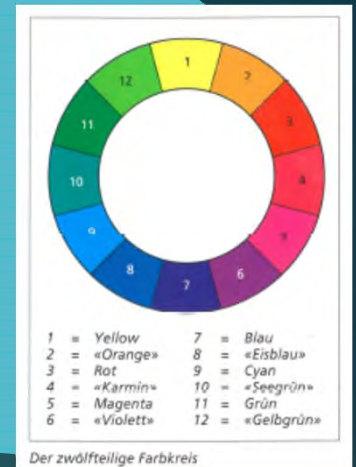
- ▶ Helligkeit -> Stärke der Lichtempfindung
- ▶ Farbton (Bunton) -> Art der Buntheit (Blau, Grün, Rot), Farbkreis
- ▶ Sättigung (Buntheit) -> Grad der Buntheit (Satt oder verblasst)
  - Sättigung bezieht sich nicht auf die Helligkeit
  - Buntheit berücksichtigt Helligkeit
- ▶ Farbmischung -> Farbdarstellung beruht auf Farbmischung  
Möglichkeit viele Farben aus wenigen Grundfarben zu mischen





# Historie der Farbmimetrik

- ▶ Farbkreis -> einfache Aneinanderreihung verschiedener Bunttöne  
Es fehlen Farben -> unbunte Farben werden als Gerade dargestellt
- ▶ Dreidimensionale Farbsysteme  
Runge bildete Farbkugel aus Goethes Farbkreis  
-> 2 Pole mit Weiß bzw. Schwarz  
Viele Entwickler (Munsell, Young, Helmholtz)
- ▶ Farbordnungssysteme (Munsell, DIN, RAL-Farbsystem)  
Ziel: Abstände jeder Farbe zu der benachbarten Farbe empfindungsgemäß gleich groß erscheinen zu lassen.  
Sowohl die Unterschiede der Farben an sich als auch jene der Helligkeit und der Buntheit sollen als gleichartig empfunden werden.



# Farbräume

- ▶ RGB – Primärvalenzsystem (keine der 3 Primärvalenzen soll aus den beiden anderen ermischbar sein)
- ▶ CIE-XYZ-Farbraum (3 standardisierte Primärfarben  
 $\lambda = 700\text{nm}$  (Rot),  $\lambda = 546,1\text{nm}$  (Grün),  $\lambda = 435,8\text{nm}$  (Blau))  
Versuch ein Farbdreieck aus einem Farbraum aufzuspannen  
Da ein Farbdreieck mit reellen Farben als Primärvalenzen nicht alle Farben in direkter Mischung enthält, hat man sich international auf ein System virtueller Primärvalenzen X,Y,Z geeinigt.  
Mittels Funktionen wird quasi eine Projektion auf ein 2-dimensionales Koordinatensystem (x-, y-Ebene) für alle sichtbaren Farben ausgedrückt. -> CIE-Farbdigramm (Farbtafel)

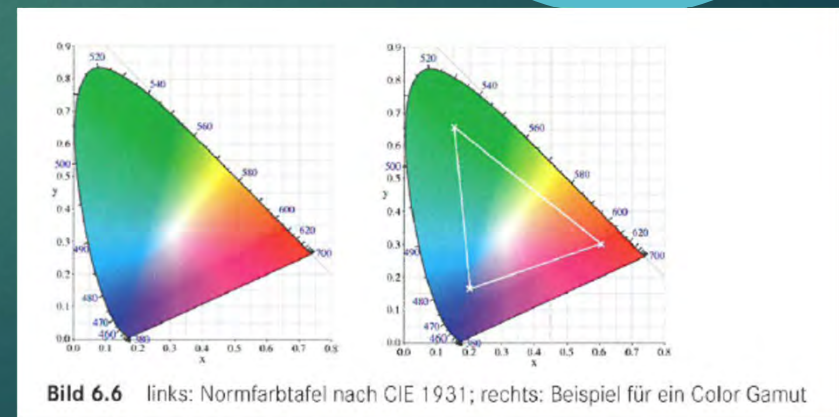




# Farbräume

## ► Color Gamut

Eine bestimmte Farbpalette kann durch ein Diagramm innerhalb einer Farbtafel / Farbdigramms definiert werden.  
So eine Farbpalette kann für jedes Ausgabegerät definiert werden, da alle Geräte je nach physikalischen Möglichkeiten unterschiedliche Farbmischungen der sichtbaren Farben Rot, Grün und Blau hervorbringen.  
Drucker, Bildschirme,...



# Farbräume

- ▶ CIE – UCS-Farbtafel (uniform chromity scale)  
Hinzuziehen empfindungsrelevanter Größen:  
Helligkeit, Buntton, Sättigung oder Buntheit  
Dient zur empfindungsgemäßen Darstellung der Farben
- ▶ Warum? – Das XYZ-Modell dient nicht zu empfindungsgemäßen  
Bewertung von Farben (Abstände der Farben zueinander):
  - beruht nur auf Gesetzmäßigkeiten der additiven Farbmischung
  - Nehmen keinen Bezug auf die Physiologie des Farbsehens
  - Beruht auf affinem Raum, in dem kein Abstands begriff existiert





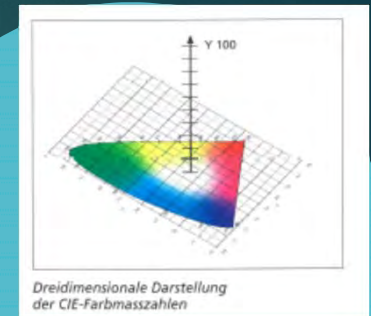
# Farbräume

## ► CIE-L\*u\*v\*

Weiterentwicklung einer empfindungsgemäßen Farbtafel mit  $L^*$  als physiometrischer Helligkeitsfunktion

-> kein Primärvalenzsystem -> Farbkoordinaten, keine Farbwerte

$u^*$  = Grün-Rot-Achse  $v^*$  = Blau-Gelb-Achse (für unbunte Farben  $u^*, v^* = 0$ )



## ► CIE-L\*a\*b\*

Weiterentwicklung des CIE-L\*u\*v\* - Systems, um eine näherungsweise Gleichabständigkeit zu erhalten.

$a^*$  = Grün-Rot-Achse  $b^*$  = Blau-Gelb-Achse  
(für unbunte Farben  $a^*, b^* = 0$ )

$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16$$

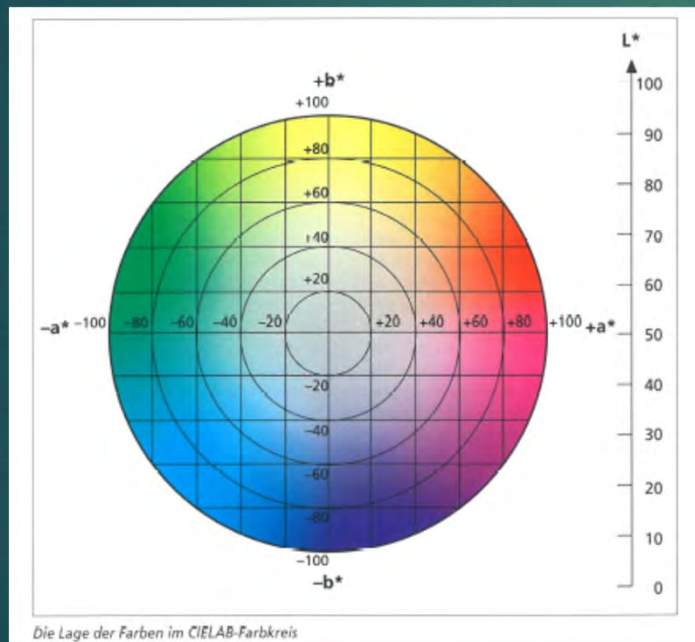
$$a^* = 500 \left[ \left( \frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$

$$b^* = 200 \left[ \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right]$$



# Farbräume

## ► Lage der Farben im Lab-Farbkreis

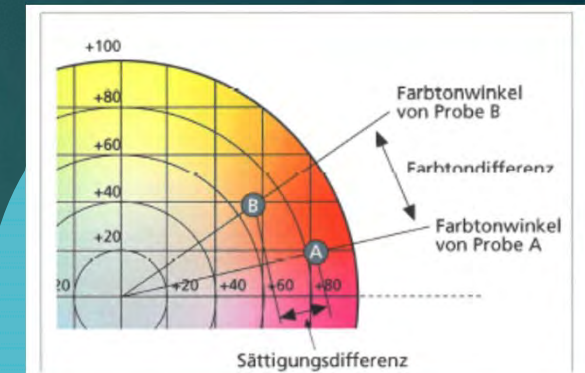


Digital fotografierte Farbbilder oder über einen Scanner digitalisierte Vorlagen werden häufig geräteunabhängig im LAB-Modus (statt im RGB- oder CMYK-Modus) archiviert, so dass dieselben digitalen Bilddaten mit den unterschiedlichsten Systemen weiterverarbeitet und ausgegeben werden können, ohne dass man wissen muss, woher die Rohdaten kommen.



# Farbräume

- Farbabstand
- Im CIELAB-System sind ähnlich wie im CIELUV-System auch *Buntheit und Helligkeit* und andere farbmetrisch relevante Werte darstellbar, bzw. errechenbar. Im Vergleich zum CIELUV-System ist einzig die Sättigung als solche mathematisch nicht definiert (jedoch im  $a^*b^*$ -Wert zusammen mit der Buntheit enthalten).
- Oft ist es notwendig, *Farbabweichungen* auszudrücken, das heisst, die farbliehen Unterschiede zweier Farben numerisch zu erfassen. Möglich ist dies nur mit einem Farbsystem, das *visuell gleichabständig* ist (z.B. CIELUV und CIELAB).
- Z.B.: Karminrot (Probe A) verglichen mit den Maßzahlen einer zweiten Probe (Probe B), deren Farbe geringfügig blasser ist. Die Gesamtheit der Abweichung setzt sich zusammen aus der *Farbtendifferenz* (Delta  $H^*$ ), der *Helligkeitsdifferenz* (Delta  $L^*$ ) und der *Buntheitsdifferenz* (Delta  $C^*$ ). Mathematisch sind diese drei Komponenten mit dem *Farbabstand* (Delta E) wie nebenstehend verbunden:

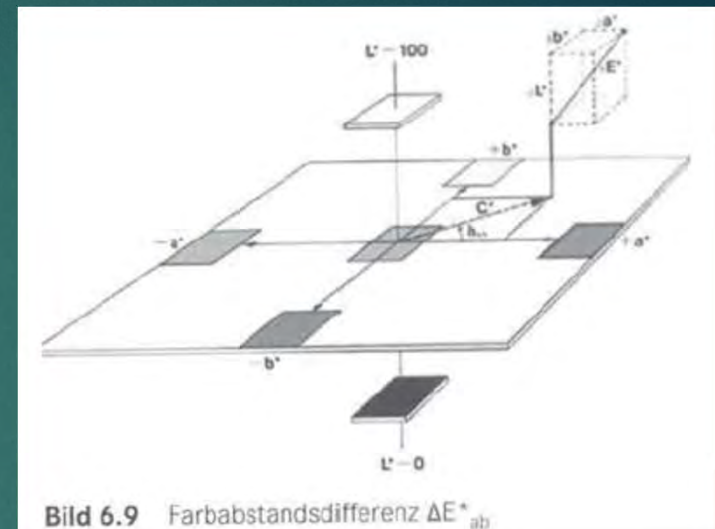


Probe A:	$L^* = 42,8$	$a^* = 45,0$	$b^* = 9,5$
Probe B:	$L^* = 48,9$	$a^* = 40,5$	$b^* = 12,3$
Farbabweichung:	$\Delta L^* = +6,1$	$\Delta a^* = -4,5$	$\Delta b^* = +2,8$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta H^{*2} + \Delta C^{*2}}$$

# Farbräume

- ▶ Farbabstandsformel
- ▶ Farbdifferenzschwellen
- ▶ Additive Farbmischung
- ▶ Subtraktive Farbmischung
- ▶ Weitere wichtige Begriffe:
  - ▶ Farbwiedergabe  $R_a$
  - ▶ Farbfolien, Farbgläser, Konvertierungsfolien
  - ▶ Mired ( $1.000.000 / \text{Kelvin} = \text{Mired-Wert}$ )





# Licht- und Farbmessstechnik

## Lichtmessgeräte

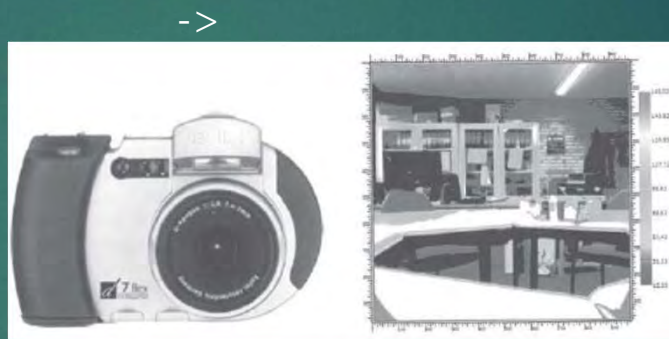
- ▶ Beleuchtungsstärkemesser (Luxmeter)
  - ▶ Viele Variationen (Unterschiede im Messbereichsumfang)
  - ▶ Qualität -> wie genau können niedrige Beleuchtungsstärken gemessen werden
  - ▶ Können Linienpräktren gemessen werden?
  - ▶ Halbleiterelement auf Siliziumbasis
  - ▶ Zeitraum des einfallenden Lichtes spielt keine Rolle



# Licht- und Farbmesstechnik

## Lichtmessgeräte

- ▶ Leuchtdichtemesser
- ▶ Leuchtdichtekamera ->
- ▶ Goniophotometer
- ▶ Ulbrichtkugel (U-Kugel)
- ▶ Spektrale Photometrie





# Licht- und Farbmessstechnik

## Lichtmessgeräte

- ▶ Belichtungsmesser
  - ▶ Ähnlicher Aufbau wie Beleuchtungsmesser
  - ▶ Messwert mit dem Parameter Zeit bewertet.
  - ▶ Unterschiedliche Anzeigemöglichkeiten
  - ▶ Blende wird berechnet aus:  
einfallendem Lichtstrom, bezogen auf die  
ausgewählte Lichtempfindlichkeit ISO,  
und Belichtungszeit
  - ▶ Es fallen nur 18% des Auftreffenden Lichtes  
durch die Messkalotte auf die Messzelle.



# Licht- und Farbmessstechnik

## Lichtmessgeräte



### Definition

Lux ist die SI-Einheit für die Beleuchtungsstärke, das Einheitenzeichen ist „lx“.

1 lx = 1 lm / m<sup>2</sup>  
(Ein Lux ist gleich der Lichtstrom von einem Lumen auf einem Quadratmeter Fläche.)

Umgangssprachlich ist das Lux die Helligkeit mit der eine Fläche (z.B. Arbeitsfläche, Platz, ...) ausgeleuchtet wird.

### Beispiele

Mittlere Beleuchtungsstärken bei einer gegebenen Lichtquelle:

Lichtquelle	Lux
mondloser Sternenhimmel bei Nacht	0,000,5
Sternenlicht (Neumondnacht)	0,01
Mondlicht (Vollmond)	0,25
Kerze ungefähr 1m entfernt	1
Dämmerlicht nach Sonnenuntergang	1
Straßenbeleuchtung	10
Treppenhausbeleuchtung	100
Bürobeleuchtung	500
Wohnzimmerbeleuchtung	200
Beleuchtung im TV-Studio	1.000
Operationssaal	10.000
Schatten im Sommer	10.000
bedeckter Sommertag	20.000
heller Sonnentag	100.000

Mittlere Beleuchtungsstärken bei der Auslegung von Beleuchtungseinrichtungen:

Flächen, Plätze, Orte	Lux
Lagerplätze	10
Werkstraßen, Geschwindigkeit <= 30km/h	10
Werkstraßen, Geschwindigkeit <= 50km/h	20
Arbeitsplatz: Tunnelbau	30
Bahnsteige	50
Arbeitsplatz: Büroraum	500

### Messmethoden

#### Luxmeter

Zur Messung der Beleuchtungsstärke dient grundsätzlich das Luxmeter.

#### Alternative Messmethode

#### Belichtungsmesser

Als alternatives Messgerät zur Ermittlung der Beleuchtungsstärke kann ein Belichtungsmesser herangezogen werden. Diese Messgeräte werden in der Fotografie eingesetzt und können sehr günstig als Gebrauchtgeräte gekauft werden. Die Messung ist nicht sehr genau, aber für die grundsätzlichen Bedürfnisse ausreichend. Der Grund der Ungenauigkeit liegt in den gerätespezifischen Parametern, die sich in der Unwissenheit des Herstellers des Belichtungsmessers, hinsichtlich des verwendeten optischen Systems ergibt.

#### Messverfahren: Objektmessung

Auf die zu messende Fläche wird ein mittelgraues Objekt gelegt. Als mittelgraues Objekt kann ein Graukarton (hintere Seite des Notizblocks), die Innenfläche einer Hand oder die in der Fotografie verwendete Graukarte (am genauesten) sein. Glänzende Flächen, oder sehr helle und dunkle Flächen, sollten nicht verwendet werden. Der Belichtungsmesser ist auf Objektmessung und eine Filmempfindlichkeit von 21 DIN oder 100 ASA einzustellen. Nun ist das mittelgraue Objekt aus einer kurzen Distanz, achten auf die Abschattungen durch die Hand und den Belichtungsmesser, anzumessen und die Messwerte wie Blende und Verschlusszeit zu merken. Die Berechnung aus diesen beiden Werten ist für beide Messverfahren gleich und wird etwas später beschrieben.

#### Messverfahren: Lichtmessung

Der Belichtungsmesser ist auf Lichtmessung (Kalotte verwenden) und eine Filmempfindlichkeit von 21 DIN oder 100 ASA einzustellen. Der Belichtungsmesser ist nun auf die zu messende Fläche zu halten (legen), wobei die Kalotte (Messöffnung mit Diffusor) in Richtung Lichtquelle zeigen muss.

Jetzt ist die Messung zu starten und die Messwerte wie Blende und Verschlusszeit zu merken. Die Berechnung aus diesen beiden Werten ist für beide Messverfahren gleich und wird etwas später beschrieben.

#### Berechnung der Beleuchtungsstärke

$$E = \frac{345 \cdot k^2}{ISO \cdot t}$$

E: Beleuchtungsstärke in lx  
k: Blende  
t: Verschlusszeit  
ISO: Filmempfindlichkeit in ASA

Beispiel: Blende 4 bei 1/8s Verschlusszeit wurde gemessen

$$E = \frac{345 \cdot 4^2}{100 \cdot \frac{1}{8}} = 441,6 \text{ lx}$$

Die Fläche wird mit 441,6 Lux beleuchtet.

Kann der Belichtungsmesser nur auf DIN eingestellt werden, hilft nachstehende Tabelle bei der Umrechnung auf ASA:

DIN	ASA
15	25
18	50
21	100
24	200
27	400
30	800
33	1600

Achtung: Die Verschlusszeiten bei den Belichtungsmessern sind in Bruchteile von Sekunden angegeben. Erst bei sehr langen Verschlusszeiten, über eine Sekunde, werden sie ganzzahlig angegeben.



# Licht- und Farbmessstechnik

## Farbmessgeräte

- ▶ Spektralfotometer
- ▶ Dreibereichs-Fotometer
- ▶ Densitometer
- ▶ Farbtemperatur-Messgeräte