

Industrielle Bildverarbeitung

Vorlesung No. 1¹

Prof. Dr. M. O. Franz
mfranz@htwg-konstanz.de

¹ falls nicht anders vermerkt, sind die Abbildungen entnommen aus Haußecker, 1999.

Überblick

- 1 Einführung
- 2 Radiometrie und Photometrie
- 3 Beleuchtung

Übersicht

- 1 Einführung
- 2 Radiometrie und Photometrie
- 3 Beleuchtung

Vorlesung Industrielle Bildverarbeitung

Vorlesungsseite: <http://www-home.htwg-konstanz.de/~mfranz>,
Menu "Vorlesungen" unter "Industrial Image Processing" bzw.
"Industrielle Bildverarbeitung"

Ziele:

- Die Grundlagen der automatischen Verarbeitung von Bildern mit Rechnern für Automatisierungsaufgaben in Industrie, Medizin und Wirtschaft kennenlernen
- Digitale Bildverarbeitung anhand einfacher Beispiele zu praktizieren

Aufbau:

2 SWS Vorlesung, anschließend 2 SWS praktische Übungen mit Matlab und C++.

Industrielle Bildverarbeitung

Definition:

Automatische Auswertung von Kamerabildern zur Durchführung von Meß- und Steuerungsaufgaben im industriellen Umfeld. Insbesondere wird versucht, Aspekte der visuellen Intelligenz des Menschen zu automatisieren.

- Die Bild**ver**arbeitung wird oft mit Bild**be**arbeitung verwechselt (d.h. interaktive Verbesserung des Bildes durch den Menschen). Ziel der Bildverarbeitung ist es, diese Prozesse zu automatisieren.
- Computergraphik geht umgekehrt vor: Bilder werden nicht analysiert sondern **sythetisiert**.
- Oft wird die Bildverarbeitung aufgeteilt in die bildnahe, pixelbasierte Vorverarbeitung und Merkmalsextraktion und das eigentliche **Rechnersehen (Computer Vision)**, das Objekterkennung und dreidimensionale Rekonstruktion umfaßt.

Beispiel: Qualitätskontrolle in der Produktlinie



[Diehl/Massen]

Beispiel: Schrifterkennung (*Optical Character Recognition - OCR*)

Überweisungsauftrag an

Bankleitzahl des Auftraggebers Bitte möglichst in
>GROSSBUCHSTABEN<
ausfüllen.

Empfänger: Name, Vorname / Firma
MUSTERBAU BAUUNTERNEHMEN

Konto-Nr. des Empfängers Empfänger-Bankleitzahl
123456 **69010003**

bei (Kreditinstitut)
SPARKASSE UNTERSEE

Bitte immer ausfüllen! ▶ DM od. EUR Betrag
EUR **10.392,64**

Kunden-Referenznummer (Verwendungszweck)
RECHNUNG NR. 4711 VOM 30.2.

noch Verwendungszweck, ggf. Name und Anschrift, falls vom Kontoinhaber abweichend (nur für Empfänger)

Kontoinhaber: Name, Vorname / Firma Bitte ankreuzen, wenn Anschrift weitergegeben werden soll
MUSTERMANN, FRANZ

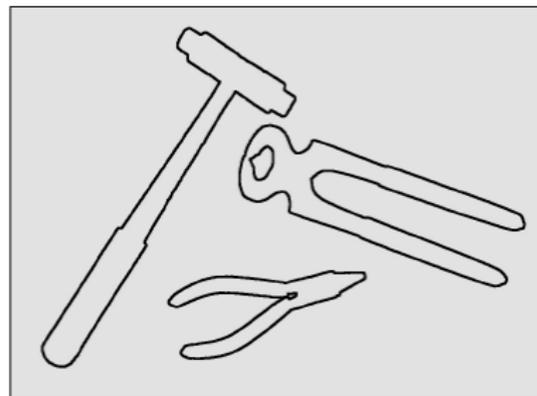
Konto-Nr. des Kontoinhabers Ausführungs-Datum TTMMJJ Bitte nur bei Terminwunsch (max. 30 Tage) angeben. Bei Angabe eines Wochentages/Feiertages erfolgt die Ausführung am darauffolgenden Arbeitstag
24

002 02150 00 9 99

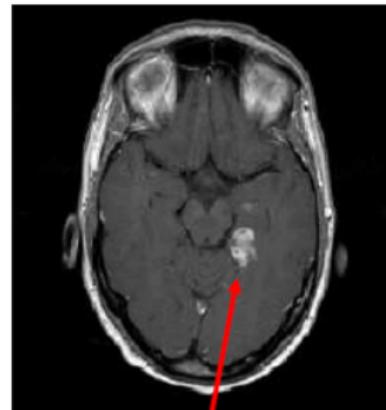
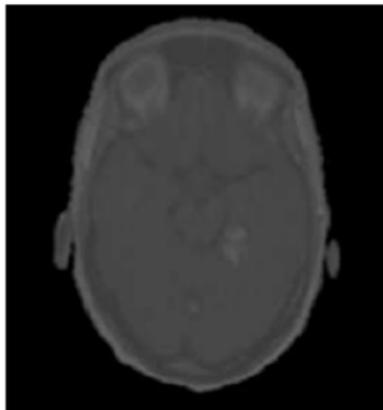
31.2.2006 **F. Mustermann**

Datum Unterschrift

Beispiel: Objekterkennung (Kategorie, Position, Ausrichtung, Anzahl, Konfiguration...)



Beispiel: Medizinische Bildverarbeitung



Tumor

[Diehl/Massen]

Beispiel: Luftbildauswertung



[Diehl/Massen]

Inhalte der Vorlesung

- In dieser Vorlesung wird nur klassische bildnahe und pixelbasierte Vorverarbeitung und Merkmalsextraktion behandelt, da diese die Grundvoraussetzung für alle weitergehenden Techniken bilden.
- Grundlagen der Klassifikation und Objekterkennung werden in Vorlesung **Mustererkennung und Klassifikation** (TIB und SEB) behandelt.
- Bildkompression ist eines der Themen in der Multimedia-Vorlesung von Prof. Freudenberger.
- Rechnersehen (Computer Vision) ist Gegenstand einer gleichnamigen Vorlesung im Master-Studiengang Informatik (MSI).
- Fortgeschrittene Techniken des maschinellen Lernens werden in der gleichnamigen Vorlesung im MSI vermittelt.

Themen der Vorlesung

- Bildentstehung und -aufnahme
- Punktoperationen
- Filter
- Kanten in Bildern
- Detektion von Eckpunkten und einfachen Kurven
- Morphologische Filterung
- Regionenbasierte Verfahren
- Spektraltechniken, Fourieranalyse
- Farbräume
- Texturen

Literatur

- **W. Burger & M. J. Burge: Digitale Bildverarbeitung. Springer 2006.**

Gut verständliche Einführung, deckt bis auf Bildentstehung und -aufnahme den Vorlesungsstoff komplett ab.

- **B. Jähne: Digitale Bildverarbeitung. Springer 2005.**

Häufig aktualisiertes Standardwerk, geht im Umfang über die Vorlesung hinaus. Nicht ganz so leicht zugänglich, aber lohnend.

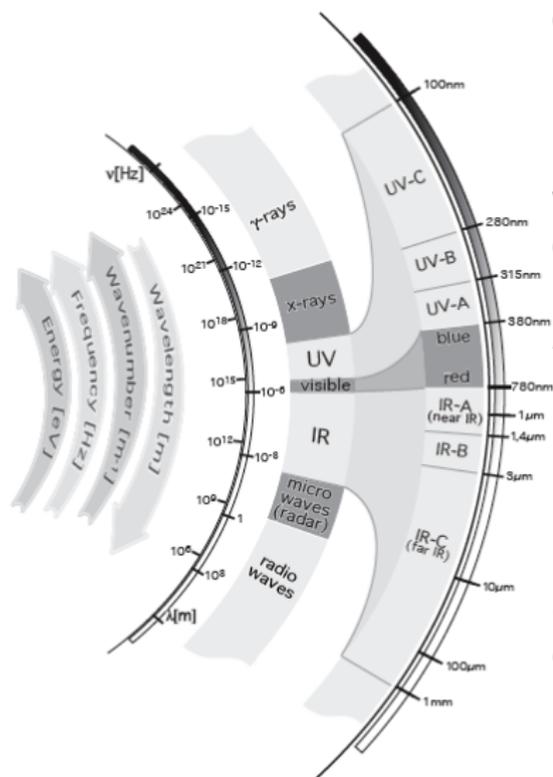
- **R. C. Gonzalez & R. E. Woods: Digital Image Processing. Addison-Wesley, 1993.**

Häufig zitiertes Standardwerk. Deckt Vorlesungsstoff ab, geht aber an manchen Stellen weit darüberhinaus.

Übersicht

- 1 Einführung
- 2 Radiometrie und Photometrie**
- 3 Beleuchtung

Radiometrie und Photometrie



Radiometrie: Teilgebiet der Physik, das sich mit der Messung von Strahlung befaßt.

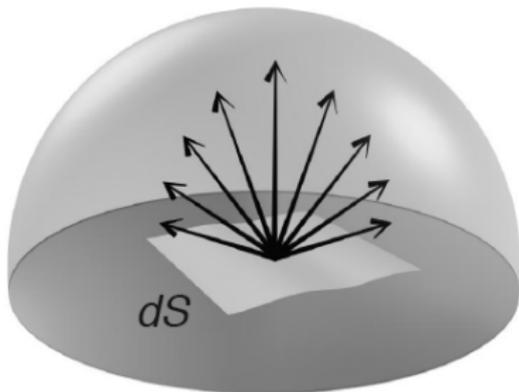
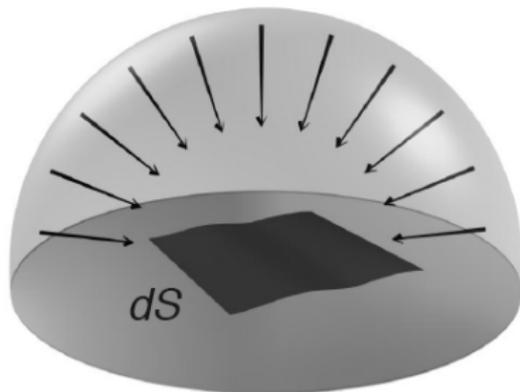
Photometrie: Messung von Strahlung, wobei jede Strahlungskomponente mit der wellenlängenabhängigen Empfindlichkeit des menschlichen Auges gewichtet wird.

Physikalisch gesehen sind Kameras Strahlungsmeßinstrumente.

Licht ist eine Form der **elektromagnetischen Strahlung**, gekennzeichnet durch seine Frequenz bzw. Wellenlänge.

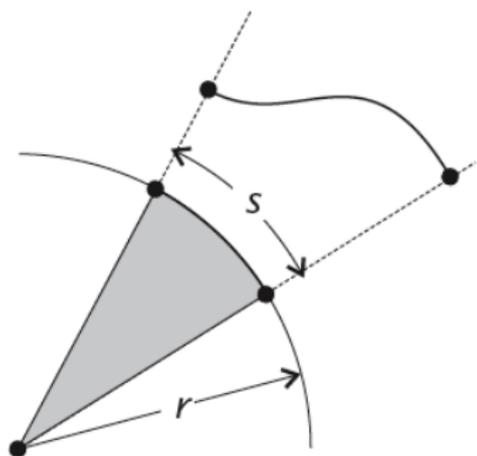
Radiometrische Größen I

- Strahlungsleistung (oder -fluß): $\Phi = \frac{dQ}{dt}$ [$W = J/s^*$]
- Spezifische Ausstrahlung (der Quelle): $M = \frac{d\Phi}{dS}$ [W/m^2]
- Bestrahlungsstärke (des Empfängers): $E = \frac{d\Phi}{dS}$ [W/m^2]

a*b*

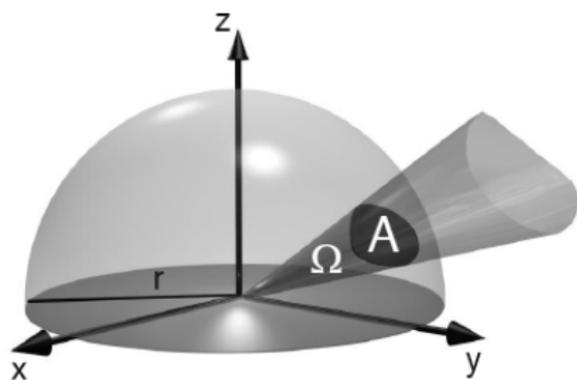
* wird oft auch in Photonen pro s gemessen. In diesem Fall muß die Wattzahl durch die Energie $h\nu$ eines einzelnen Photons geteilt werden.

Winkel in der Fläche und Raumwinkel



Ebener Winkel: Bogenlänge s
normiert durch Abstand r bzw.
Bogenlänge auf Einheitskreis

$$\theta = \frac{s}{r}$$



Raumwinkel (in Steradian):
Fläche A auf Einheitskugel

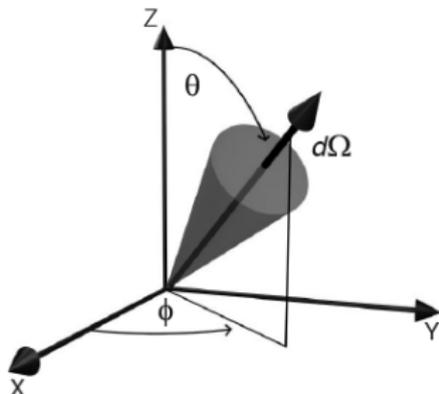
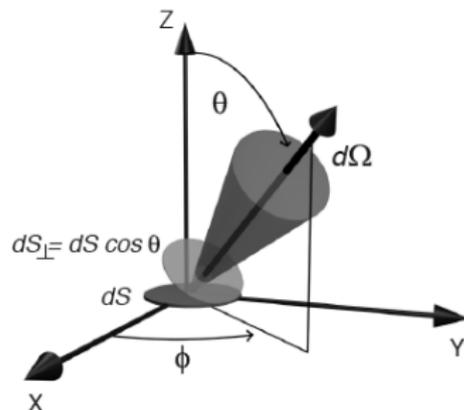
$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$

Falls A um θ gekippt ist, wird nur
die Fläche $A \cos \theta$ senkrecht zur
Normalen genommen.

Radiometrische Größen II

- Strahlstärke (für Punktquellen): $I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$ [W/sr]
- Strahldichte (für ausgedehnte Quellen):

$$L = \frac{d^2\Phi}{d\Omega dS_{\perp}} = \frac{d^2\Phi}{d\Omega dS \cos\theta} \quad [\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}]$$

a**b**

Spektrale und radiometrische Größen

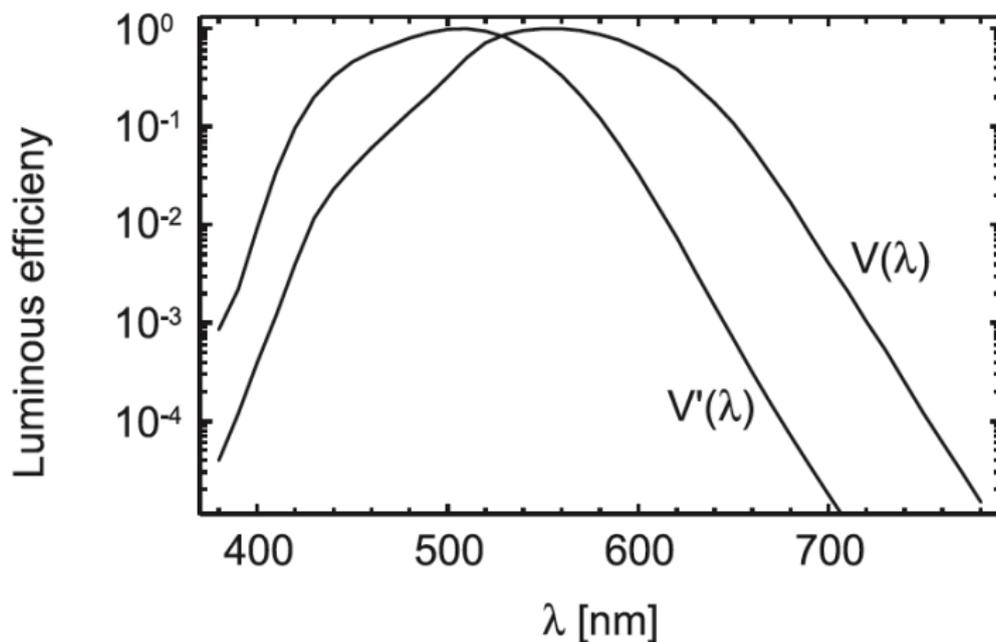
- Die bisher besprochenen radiometrischen Größen ignorieren die Verteilung der Wellenlängen des Lichts, z.B: rotes Licht wird genauso behandelt wie blaues Licht, obwohl Kameras auf beides unterschiedlich reagieren.
- Man betrachtet daher oft **spektrale** Größen, bei der die radiometrischen Größen nur innerhalb eines infinitesimalen Wellenlängenbereichs $d\lambda$ gemessen werden, z.B. die spektrale Strahlungsleistung für eine gegebene Wellenlänge λ

$$\Phi_\lambda = \frac{d\Phi}{d\lambda} \quad [W/m]$$

- Die radiometrischen Größen erhält man aus den spektralen Größen durch Integration über das gesamte Spektrum, z.B.

$$\Phi = \int_0^\infty \Phi_\lambda d\lambda$$

Hellempfindlichkeitsgrad des menschlichen Auges



$V(\lambda)$: helladaptiertes Auge (Zapfen - **photopisch**)

$V'(\lambda)$: dunkeladaptiertes Auge (Stäbchen - **skotopisch**)

Photometrische Größen

- Photometrische Größen sind so definiert, daß sie den Helligkeitseindruck des menschlichen Auges wiedergeben.
- Analog zu den radiometrischen Größen werden die **photometrischen Größen** durch Aufintegrieren der spektralen Größen gebildet, allerdings gewichtet mit dem spektralen Hellempfindlichkeitsgrad $V(\lambda)$, z.B.

$$\Phi_v = K_m \int_0^{\infty} \Phi_\lambda V(\lambda) d\lambda,$$

mit dem Proportionalitätsfaktor ("Photometrisches Strahlungsäquivalent für das Tagessehen")

- Das photometrische Analoge zur Strahlstärke I , die **Lichtstärke** I_v , wird in der SI-Basiseinheit Candela (cd) gemessen (damit ist $K_m = 683 \text{ cd} \cdot \text{sr} \cdot \text{W}^{-1}$). Das Analoge zur Strahlungsleistung Φ ist der **Lichtstrom** Φ_v , gemessen in Lumen $\text{lm} = \text{cd} \cdot \text{sr}$.

Zusammenfassung: radiometrische und photometrische Größen

Strahlungsleistung [$\text{W} = \text{J s}^{-1}$] $\doteq \Phi \doteq$ Lichtstrom [$\text{lm} = \text{cd sr}$]

Strahlungsenergie [J] $\doteq Q \doteq$ Lichtmenge [lm s]

Spez. Ausstrahlung [W m^{-2}] $\doteq M \doteq$ Spez. Lichtausstrahlung [lm m^{-2}]

Bestrahlungsstärke [W m^{-2}] \doteq Beleuchtungsstärke [$\text{lm m}^{-2} = \text{lx}$]

Strahlstärke [W sr^{-1}] $\doteq I \doteq$ Lichtstärke [cd]

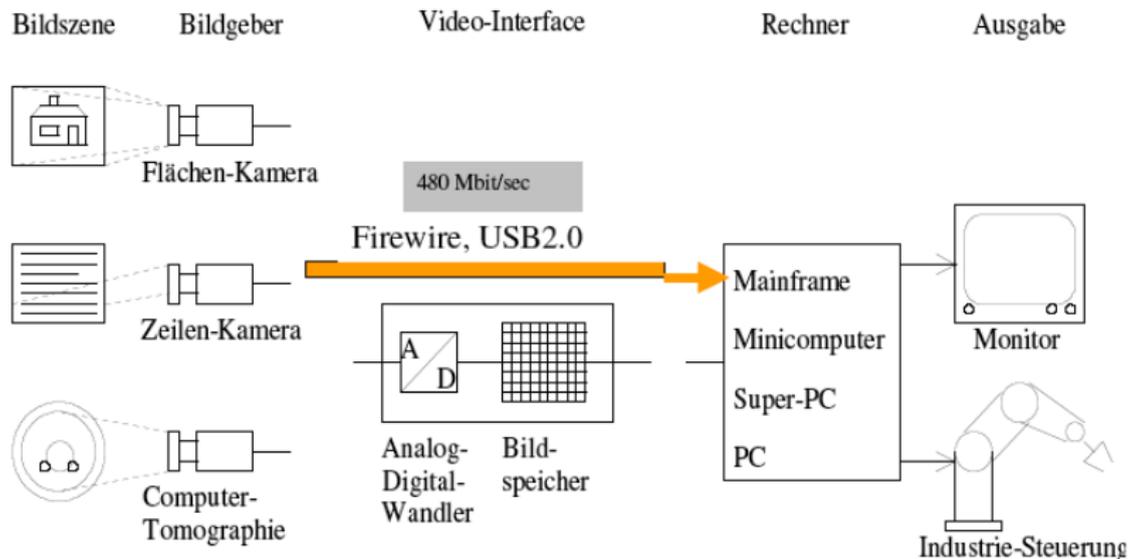
Strahldichte [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$] $\doteq L \doteq$ Leuchtdichte [cd m^{-2}]

Bestrahlung [J m^{-2}] $\doteq H \doteq$ Belichtung [$\text{lm m}^{-2} \text{s} = \text{lx s}$]

Übersicht

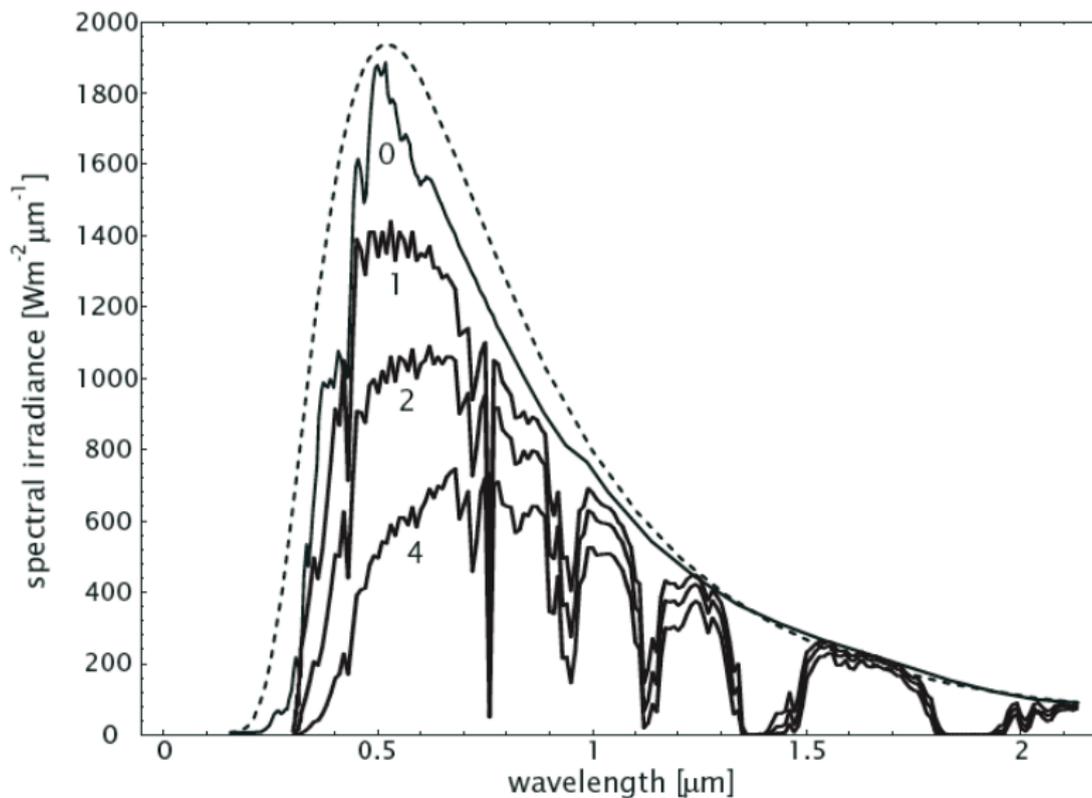
- 1 Einführung
- 2 Radiometrie und Photometrie
- 3 Beleuchtung**

Aufbau eines Bildverarbeitungssystems

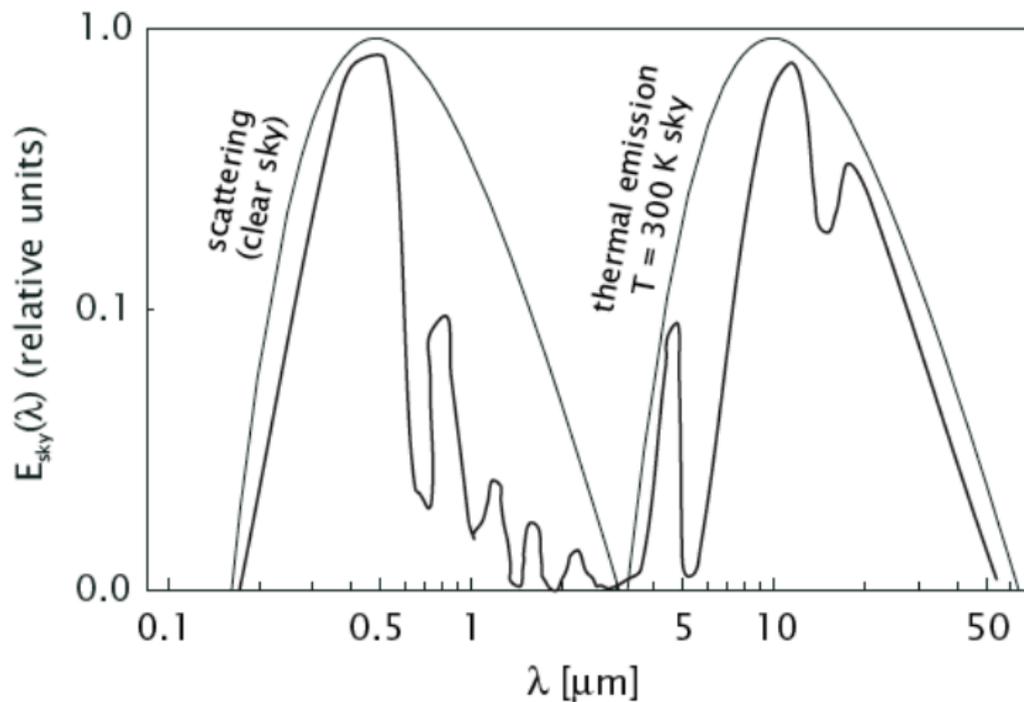


[Diehl/Massen]

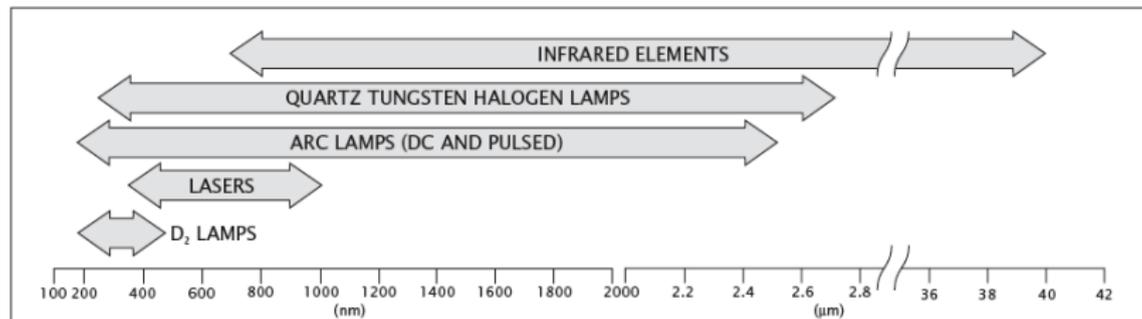
Spektrale spezifische Ausstrahlung des Sonnenlichts



Diffuse Hintergrundstrahlung des Himmels

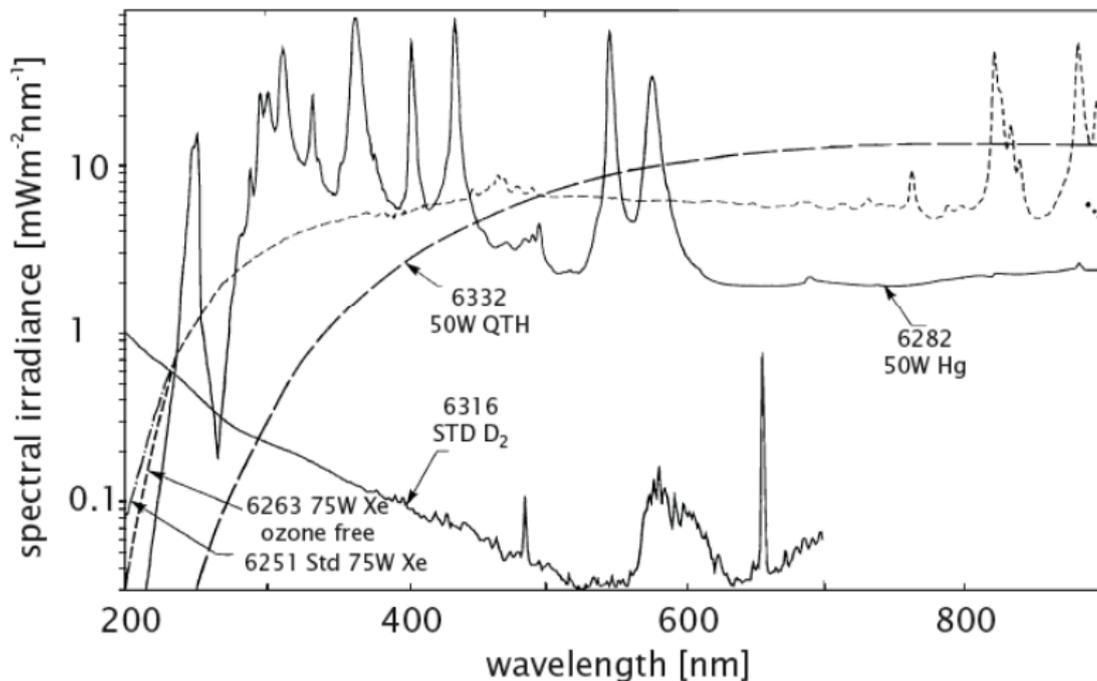


Künstliche Beleuchtungsquellen



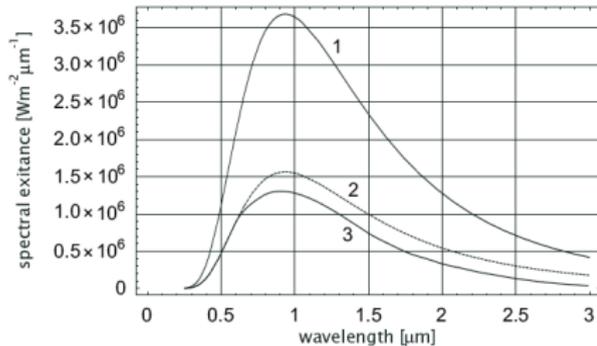
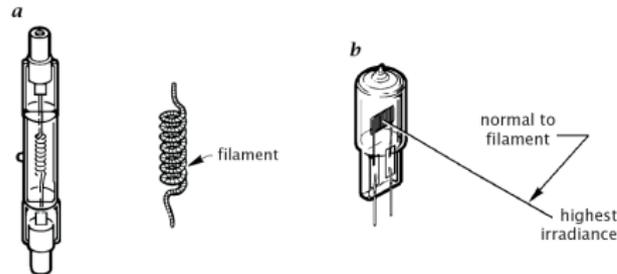
- Glühlampen
- Glimm- und Bogenentladungslampen
- Leuchtstofflampen
- Leuchtdioden (LEDs)
- Laser
- Infrarot-(IR)- und Ultraviolett-(UV)-Quellen

Spektrale spezifische Ausstrahlung verschiedener Lichtquellen



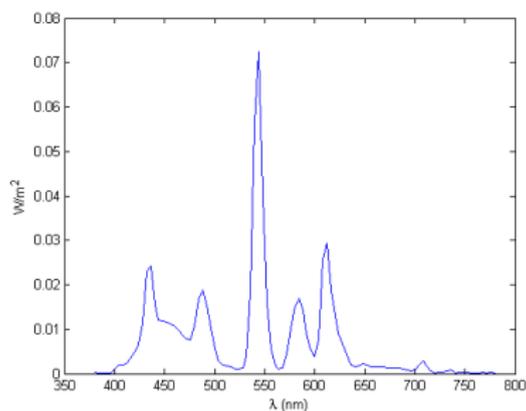
Glühlampen

- Breites Emissionsspektrum im sichtbaren und IR-Bereich
- Bei Halogenlampen verhindert eine Füllung mit Halogenen die Ablagerung von Dampf aus der Glühwendel
- Da die Helligkeit von der Temperatur abhängt, glättet die Glühlampe schnelle Schwankungen in der Stromversorgung (kHz), langsame Schwankungen werden wiedergegeben mit bis zu 10% der Gesamtintensität.



Leuchtstofflampen

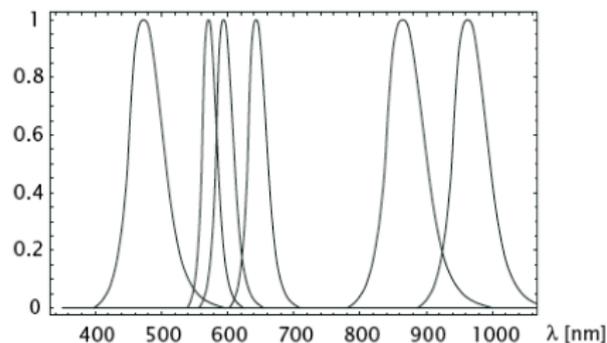
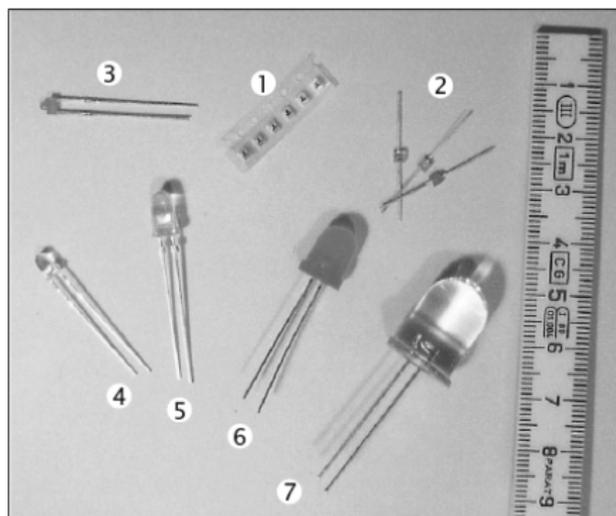
- In einem Gas werden Ionen beschleunigt und erzeugen beim Aufschlag auf die Elektrode Elektronen, die wiederum beschleunigt das Gas durch Stoß zum Leuchten anregen.
- Das Emissionsspektrum wird von Linien dominiert, oft im UV-Bereich.
- In Leuchtstoffröhren ist der Glasmantel mit einem fluoreszenten Material ausgekleidet, daß das UV-Licht in sichtbares Licht umwandelt.



[Franz]

Schnelle Beleuchtungsschwankungen bei Standard-Stromquellen, gleichmäßige Beleuchtung erfordert spezielle hochfrequente Stromquellen.

Leuchtdioden



- Bandartiges Emissionsspektrum (außer bei weißen LEDs)
- Hohe Lichtausbeute, geringe Leistungsaufnahme
- Kleine Baugröße, unabhängig von der emittierten Intensität
- Kann in großflächige Anordnungen beliebiger Form gebracht werden.
- Sehr schnelle Antwortzeit, sehr hell bei gepulster Ansteuerung