Licht und Gesundheit

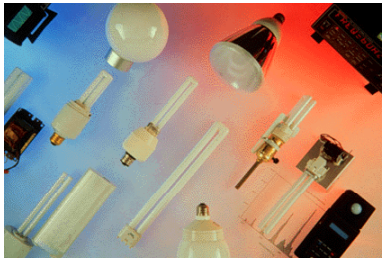
- Der Einfluss des Lichts auf Körper und Psyche -

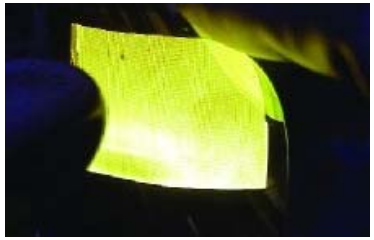
Prof. Dr. Thomas Jüstel

Münster University of Applied Sciences

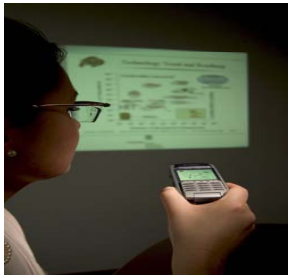
Münster, 11. Juni 2013

Licht → Beleuchtung





Licht → Bildwiedergabe

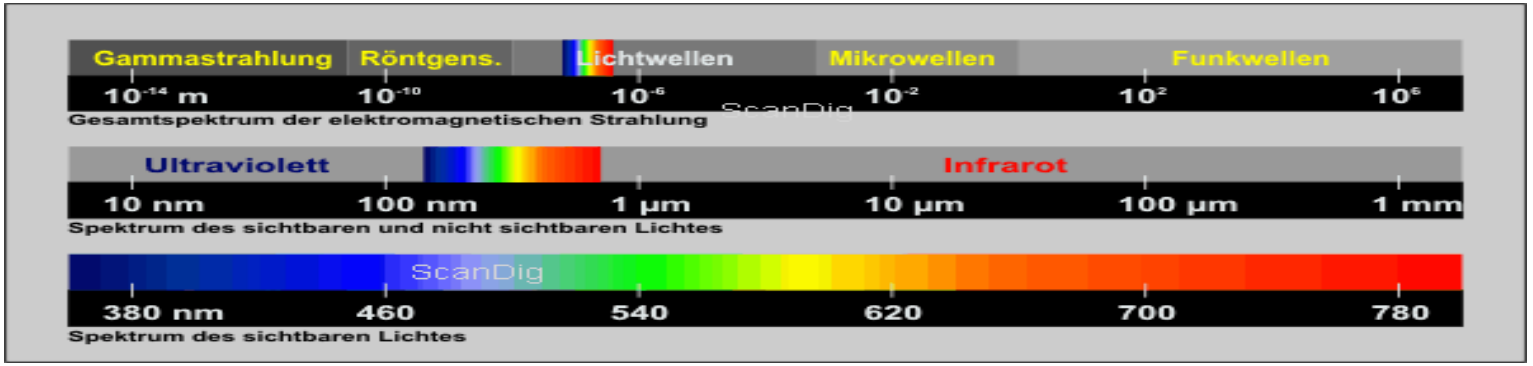


Licht → Umweltproblem
Etwa 20% der erzeugten elektrischen Energie
wird für Beleuchtung eingesetzt (Quelle: NASA)

Licht und Gesundheit

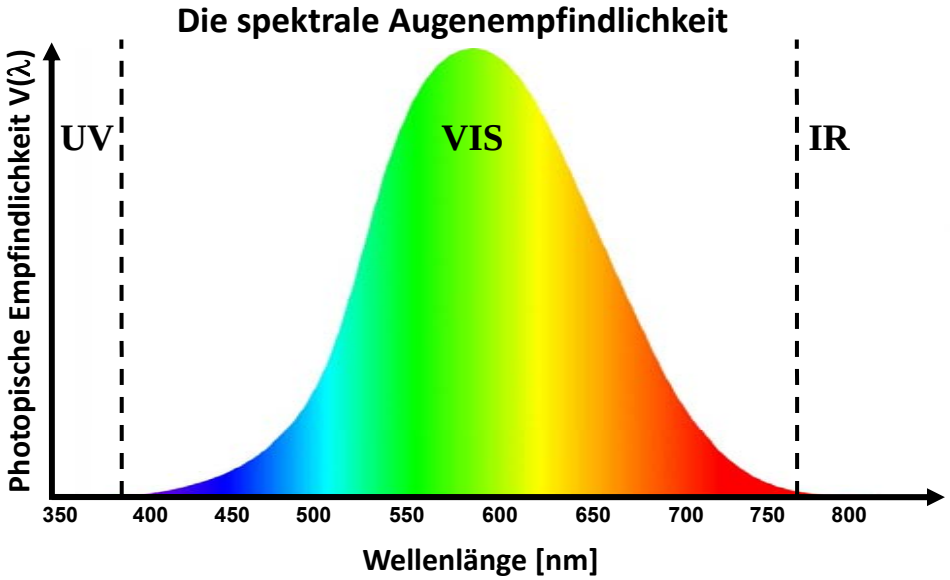
- Licht verlängert den Tag!
- Licht beeinflusst das Wohlbefinden, z.B. wirkt gegen „Winterdepression“
- Licht steuert hormonelle Aktivität, z.B. die des Schlafhormons Melatonin
- Licht heilt Hautkrankheiten, wie z.B. Akne oder Psoriasis
- Licht wirkt therapeutisch bei Vitamin D Mangel und Gelbsucht
- Licht hat eine schmerzstillende Wirkung
- Licht desinfiziert und reinigt Luft, Oberflächen und Wasser

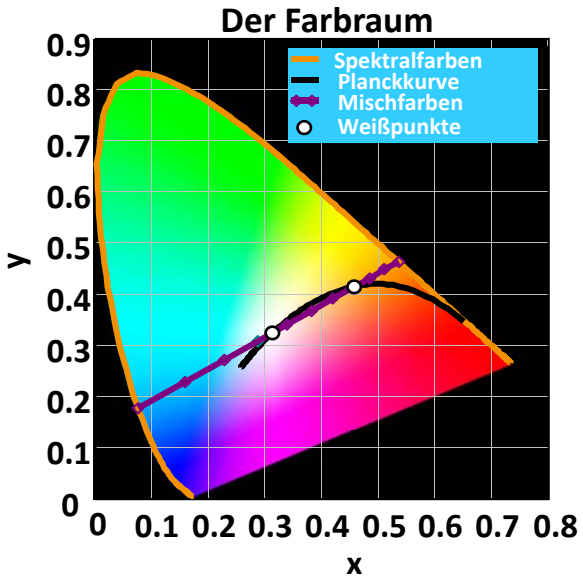
Licht als Teil des elektromagnetischen Spektrums



UV-C	UV-B	UV-A	Blau	Grün	Rot	IR
Haut	Haut	Haut	Auge/Haut	Auge	Auge/Gefäße	Gefäße
Desinfektion	Bräunung	Bräunung	----------	Visuelle Wahrnehmung	----------	Wärme
Reinigung	Vitamin D-Bildung		Melatoninsup.			
			NO-Bildung			
			Bilirubinabbau			

Licht als Teil des elektromagnetischen Spektrums





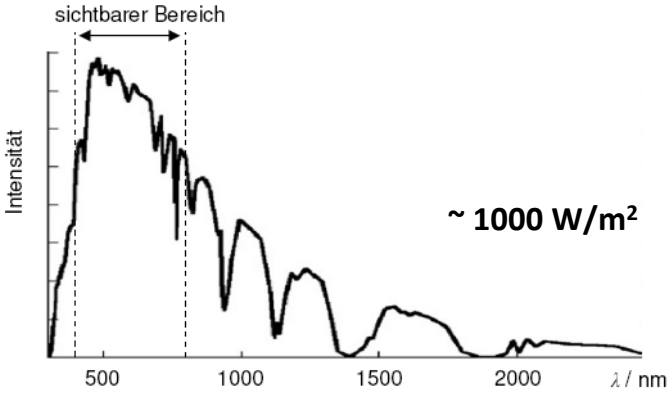
Natürliche und künstliche Lichtquellen

Natürliche
- Sonne
- Sterne
- Glut
- Blitze
- Biolumineszenz

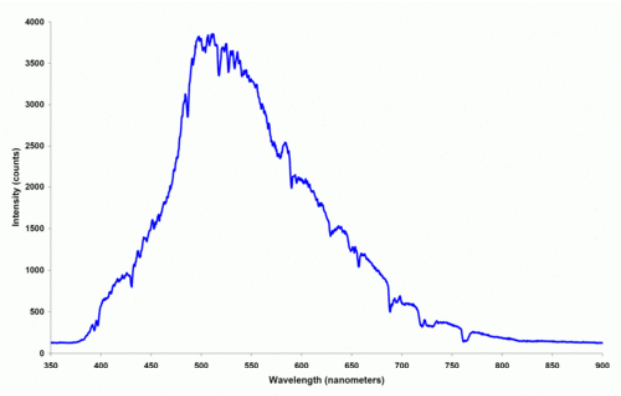
Künstliche
- Feuer/Fackeln/Kerzen
- Gasleuchten
- (Halogen)Glühlampen
- Entladungslampen
- (O)LEDs

Natürliche und künstliche Lichtquellen

Direktes Sonnenlicht



Gestreutes Sonnenlicht „Der blaue Himmel“

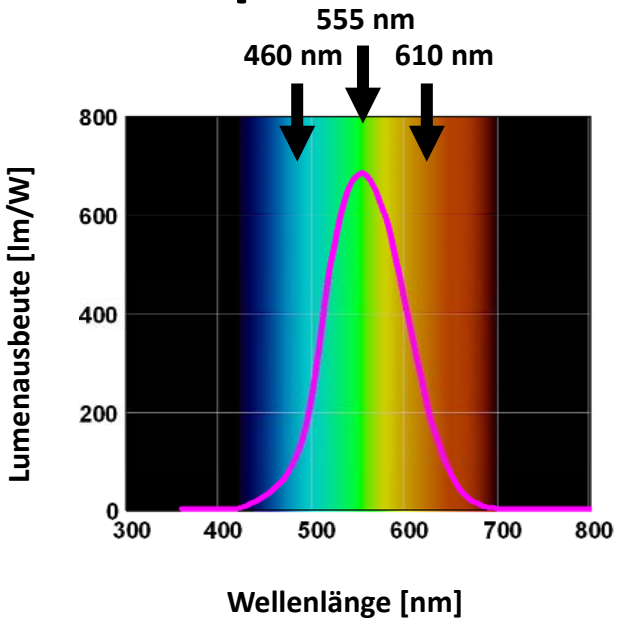


Das Leben auf der Erde ist an das Lichtspektrum der Sonne angepasst und alle Erkenntnisse legen nahe, dass jede Abweichung von den speziellen Eigenschaften des Sonnenlichtes direkte Auswirkungen auf die Gesundheit haben!

Natürliche und künstliche Lichtquellen

Lichtausbeute

- Sonnenlicht
  - 1000 W/m²
  - ca. 100 lm/W
  - 100.000 lm/m² = 100.000 lux
- Künstliche Beleuchtung
  - 8 W/m²
  - ca. 250 lm/W
  - 2.000 lm/m² = 2.000 lux
- Optimal für monochrom grünes Licht bei 555 nm
  - 683 lm/W



Natürliche und künstliche Lichtquellen

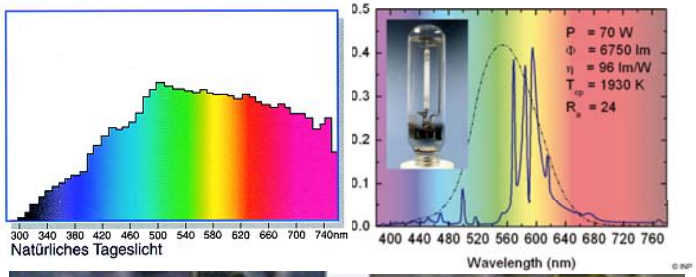
Natürliche und künstliche Lichtquellen

Farbwiedergabe

Weiße Lichtquellen

Farbige Lichtquellen

Sonnenlicht und Halogenlampen



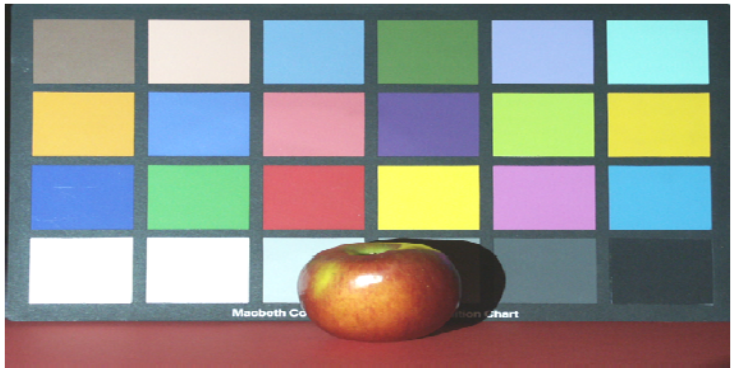
z.B. Na-Dampflampen

Beleuchtung mit weißemLicht

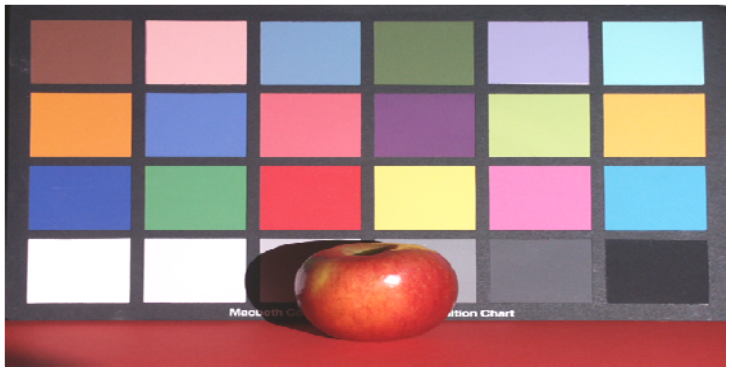
Beleuchtung mit gelben Licht

Farbwiedergabe

Lichtquelle mit niedriger Farbwiedergabe



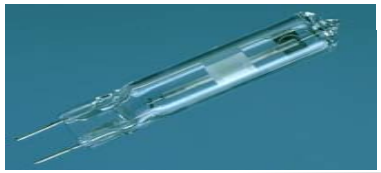
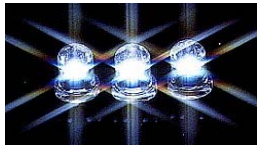
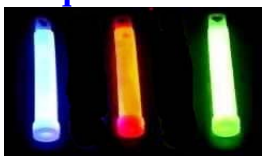
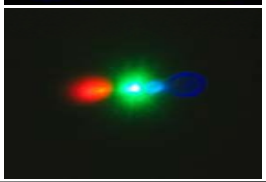
Lichtquelle mit hoher Farbwiedergabe



Künstliche Lichtquellen

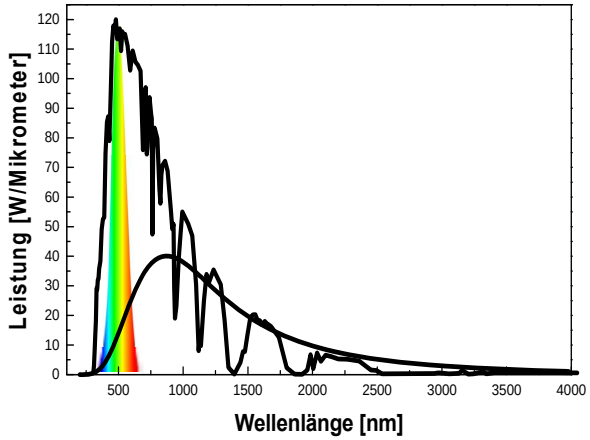
19. Jhdt. 20. Jhdt. 21. Jhdt.

Zeit bzw. Grad der Kontrolle

Glüh- und Halogenglühlampen	Gasentladungs-lampen + bildschirme	Anorganische und organische Leuchtdioden	Exotisches: Chemische Lichtquellen + Laser
			 

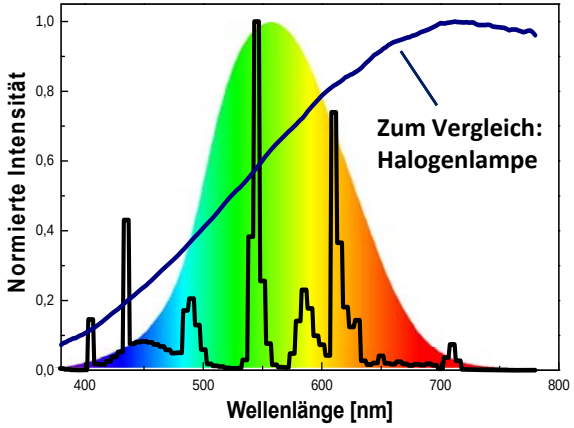
Künstliche Lichtquellen

Halogenlampen



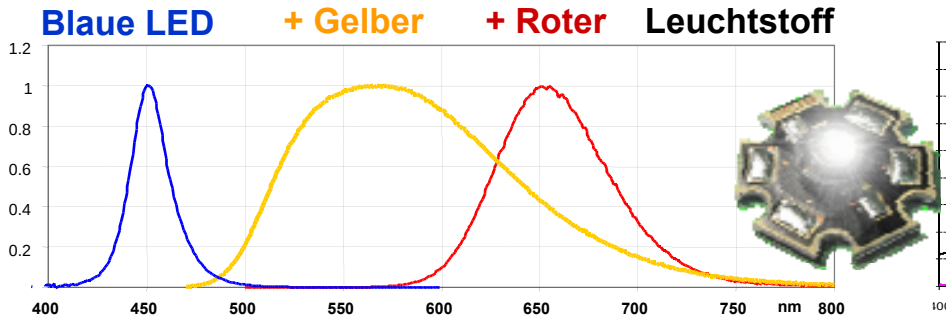
Niedrige Lichtausbeute + hohe Farbwiedergabe

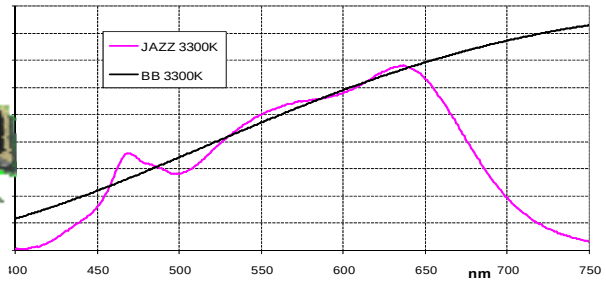
Fluoreszenzlampen

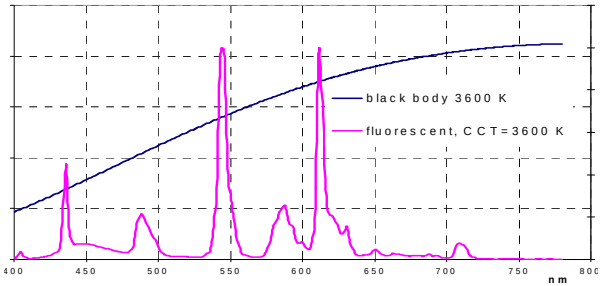


Hohe Lichtausbeute + mäßige Farbwiedergabe

Künstliche Lichtquellen







Anorganische Leuchtdioden (LED)

- 1 – 5 W pro LED
- 100 - 250 lm/W
- Warm-weißes Licht
- Hohe Farbwiedergabe ähnlich zu Halogenlampen

Künstliche Lichtquellen

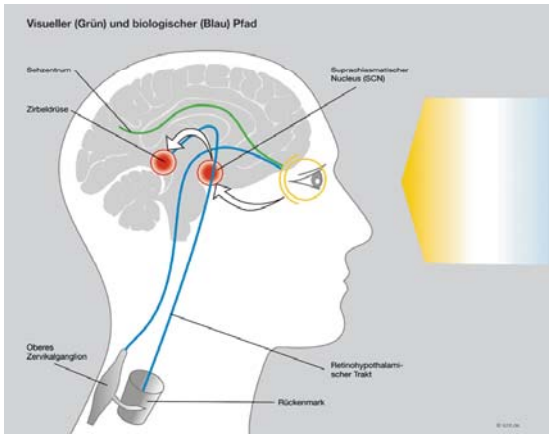
Anorganische LED - Status 2013

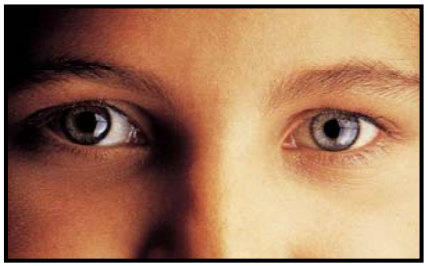
Lichtaubeute:	**Kalt-weiß**	**> 200 lm/W**
	Warm-weiß	**> 100 lm/W**
Farbwiedergabe:	**70 – 95**	
Lebensdauer:	**> 10000 h**	
Design:	**Retrofits für Leuchtstoffröhren und (Halogen)Glühlampen**	

Vorteile anorganischer LED gegenüber	**Glüh- und Halogenlampen**	**Fluoreszenzlampen**
	Höhere Lebensdauer	**Einfachere Ansteuerung/Dimmbarkeit**
	Höhere Effizienz	**Bessere Farbwiedergabe**
	Größere Robustheit	**Größere Robustheit**
	Keine IR-Strahlung	**Keine UV-Strahlung**

⇒ Alles optimal?

Photopische und circadiane Lichtausbeute





Rezeptoren im Auge

• Stäbchen	S/W-Kontrast
• Zäpfchen	Farbwahrnehmung
• Blaulicht (pRGC)	Hormonsteuerung

Sichtbares (blaues) Licht beeinflusst die

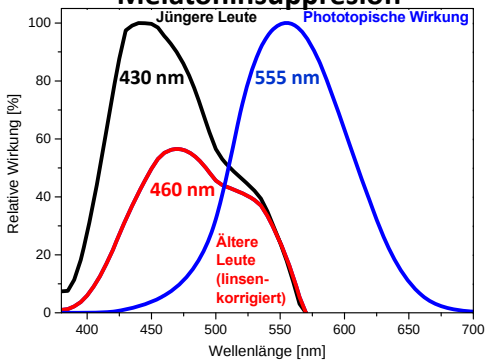
Melatoninkonzentration

Cortisolkonzentration

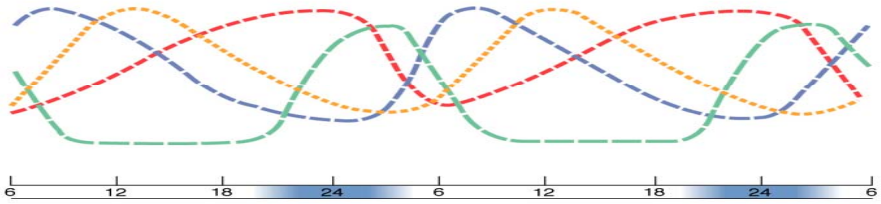
⇒ Aufmerksamkeit, Körpertemperatur etc.

Photopische und circadiane Lichtausbeute

Melatoninsuppresion



Lichtquelle	Lichtausbeute (photopisch)	Verhältnis Lichtausbeute circadian/photopisch
Tageslicht 6500 K	100 lm/W	2,78
FL 3000 K	90 lm/W	1,00
FL 4100 K	90 lm/W	1,85
LED 5500 K	90 lm/W	2,91

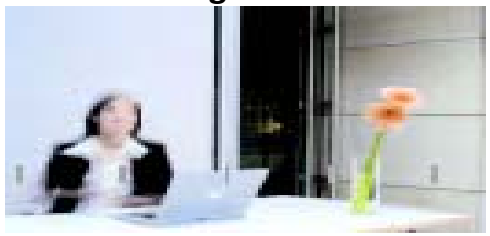


Uhrzeit

- **Körpertemperatur**
- **Melatonin (Schlaf)**
- **Cortisol (Stress)**
- **Aufmerksamkeit**

Aktivitätssteuerung mit dynamischer Beleuchtung

Arbeitsbeginn 08:15 Uhr



Neutrale Atmosphäre...

Prime time 11:45 Uhr

Kühle Atmosphäre...

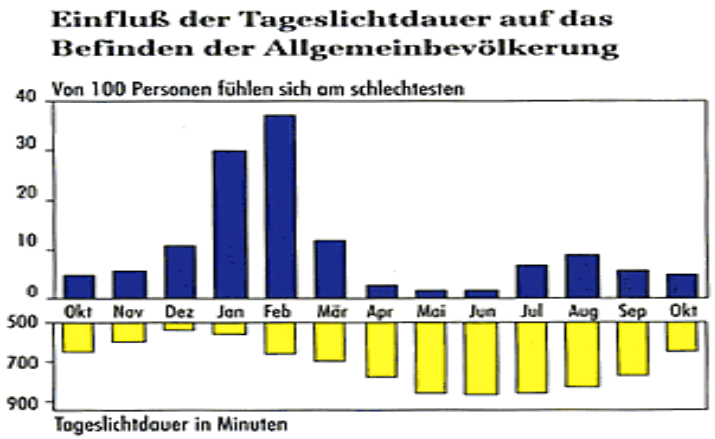
Feierabend 17:45 Uhr

Warme Atmosphäre...

Lichttherapie

Beleuchtungsstärke **> 5000 lux**

Tageslicht Sommer **~ 100000 lux**

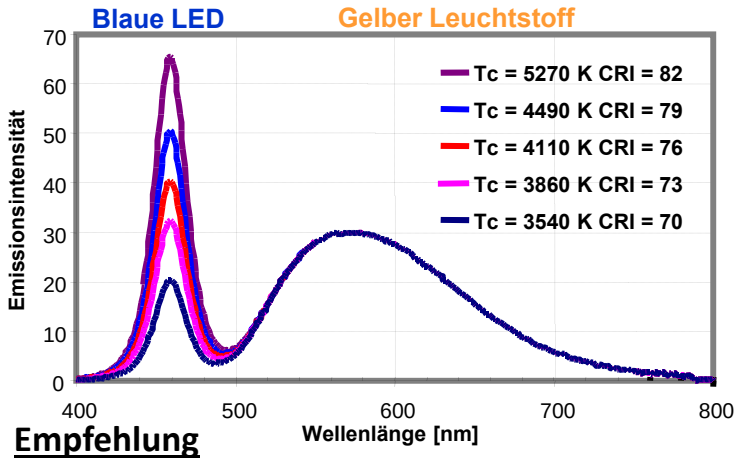


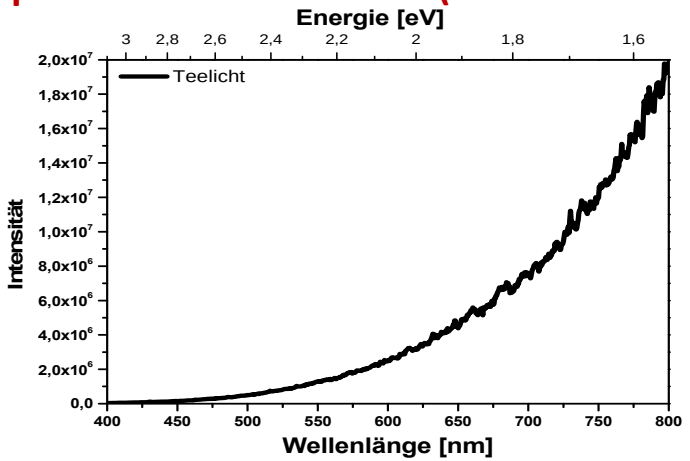
Anwendung im Zusammenhang mit

- **Jet-lag**
- **Schichtarbeit**
- **Essstörungen**
- **Übergewicht**
- **Schlafstörungen**
- **Lichtwecker** → **250 lux**
- **Winterdepression** → **10.000 lux**

Lichttherapie

Melatoninsuppression und Lichtausbeute: Optimal mit weißen LEDs (460 nm + 555 nm)





Empfehlung

- **Allgemeinbeleuchtung:** Variabler Blauanteil kaltweiße LEDs
- **Ruhezonen:** Kein Blauanteil warmweiße/gelbe LEDs oder Kerzen/Teelicht

Wirkung von Licht über die Körperoberfläche

Eindringtiefe von Licht (UV-C bis IR-C)

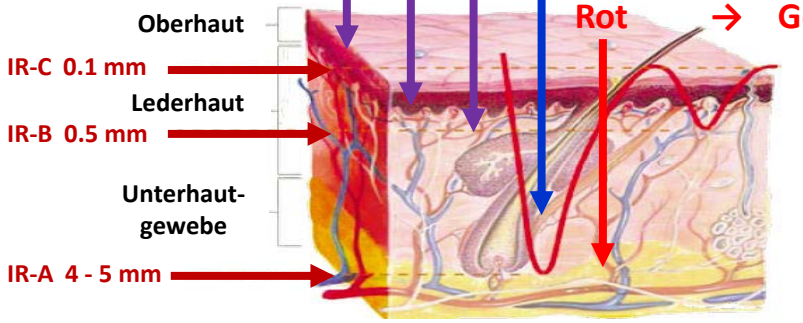
UV-C → Erbgutschäden

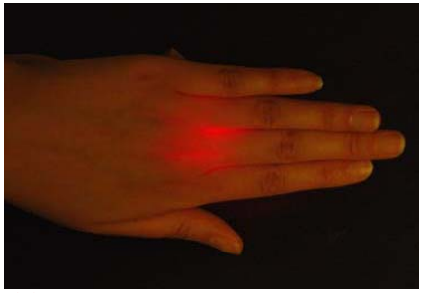
UV-B → Vitamin D Bildung

UV-A → Melaninoxidation

Blau → Bilirubinabbau, NO-Bildung

Rot → Gefäßerweiternde Wirkung





„Optisches Fenster“
von 650 bis 1300 nm
Eindringtiefe von
IR-A etwa 5 mm

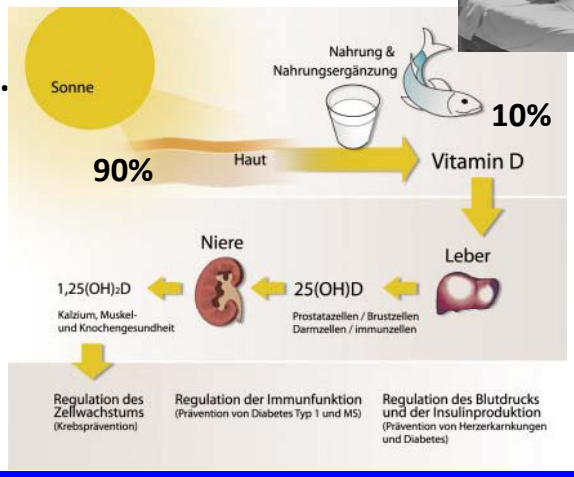
UV-Licht Therapie

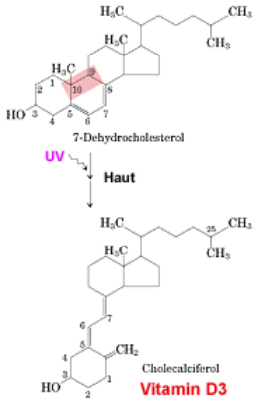
Behandlung von

- Tuberkulose seit ca. 1895
- Rachitis seit etwa 1920

→ Sanatorien in Davos, Braunwald, etc.
→ Anwendung von Sonnenlicht

Effekt: Bildung von Vitamin D_3
- Produktion in der Haut
- Mit UV-B Licht (290 - 315 nm)
- Optimal: > 60 ng/ml Serum





UV-Licht Therapie

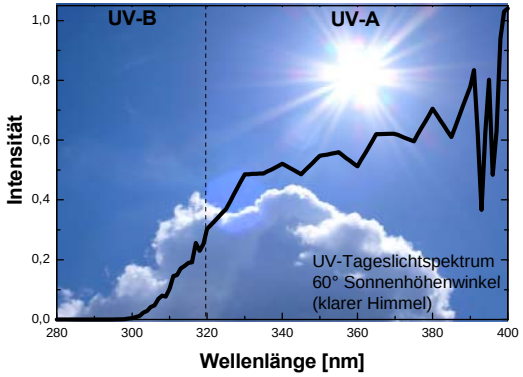
Wirkung von UV-Strahlung

UV-A (320 - 400 nm): 95% vom Tageslicht-UV

- **Bräunung**
  - → **schnell**
  - → **Kurzzeiteffekt**

UV-B (280 – 320 nm): 5% vom Tageslicht-UV

- **Vitamin D Bildung**
- **Bräunung**
  - → **nach 2-3 Tagen**
  - → **Langzeiteffekt**



Moderne Solarien emittieren kaum UV-B Strahlung

Blau-Licht Therapie

Behandlung von

- **Akne**
- **Neurodermitis**

Wirkungsoptimum bei 415 nm (blauviolett)

Spektral optimierte Fluoreszenzlampen mit α-$Ba_3Y(BO_3)_3$:Eu

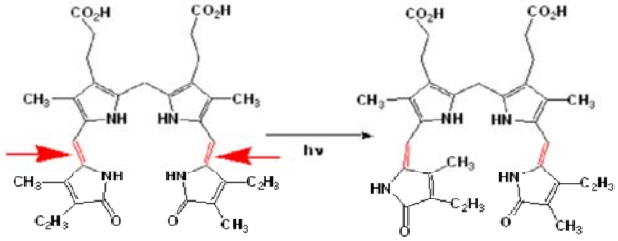
Blau-Licht Therapie

Behandlung der Gelbsucht mit blauem Licht

Das gelbe Bilirubin ist ein Abbauprodukt des Hämoglobinstoffwechsels

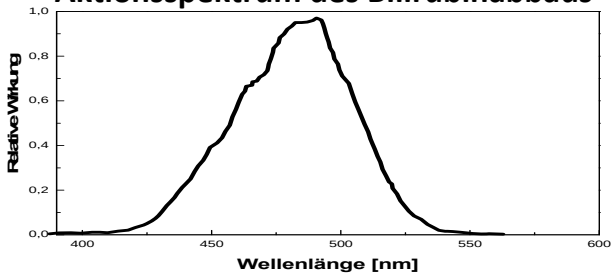
Gesunde: **Abbau in der Leber + Ausscheidung**

Leberkrankte: **Einlagerung in der Haut/Gehirn**

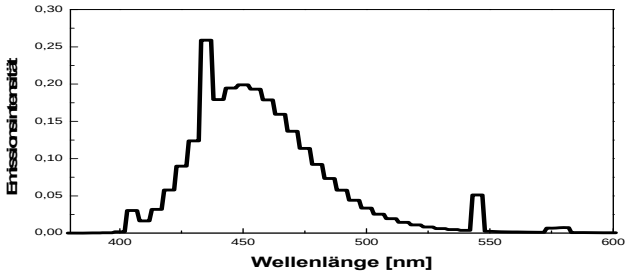


Bilirubin (wasserunlöslich) → Lumirubin (wasserlöslich)

Aktionsspektrum des Bilirubinabbaus



Emissionsspektrum einer „Bilirubinlampe“

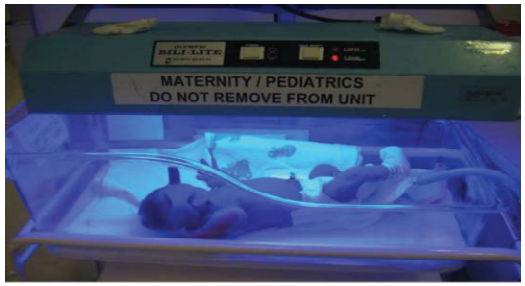


Blau-Licht Therapie

Neugeborenen-Ikterus (Gelbsucht)

Direkt nach der Geburt ist die Leber noch „unreif“

- → **Unzureichender Abbau des Bilirubins**
- → **Bestrahlung mit blauem Licht (460 nm)**
- → **Lumirubin wird über die Nieren ausgeschieden**

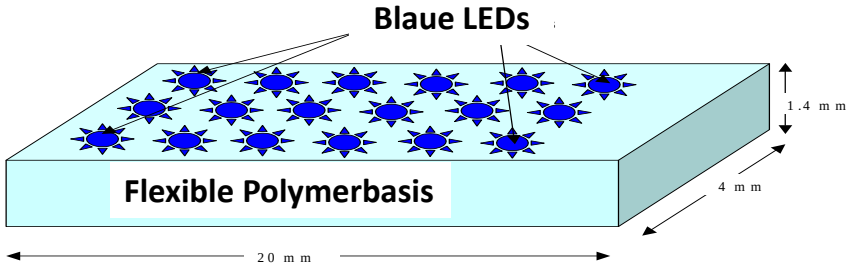


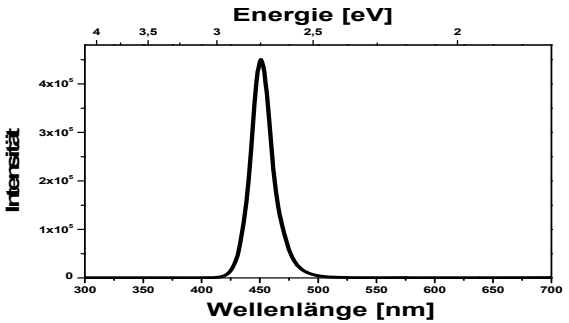
Philips Lampen F20T12/BB bzw. F40/BB

Blau-Licht Therapie

Schmerztherapie mit blauem Licht

→ Bildung des Neurotransmitters Stickstoffmonoxid NO





Blau-Licht Therapie

Stickstoffmonoxid (NO)-Radikale

- In hohen Konzentrationen toxisch
- In niedrigen Konzentrationen gefäßerweiternd und muskelentspannend
  - → Blutdruckregulation
  - → Schmerzreduktion
  - → Entzündungshemmende Wirkung

Enzymatische Produktion	L-Arginin (Aminosäure) → L-Citrullin + NO
Bildung durch blaues Licht	Nitrit NO_2^- + H_2O → OH^- + $OH^\cdot$ + NO
	S-Nitroso-Serumalbumin → NO

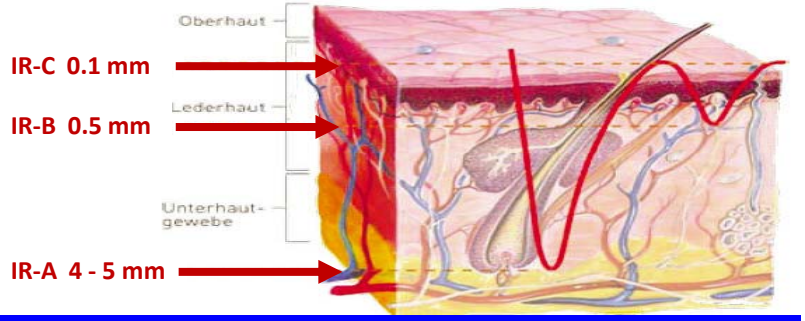
Infrarot-Therapie

Behandlung von

- Rheumatismus
- Neurodermitis
- Rückenschmerzen
- Tumore (mit IR-A Strahlung)
  → Photodynamische Therapie

IR-Quellen

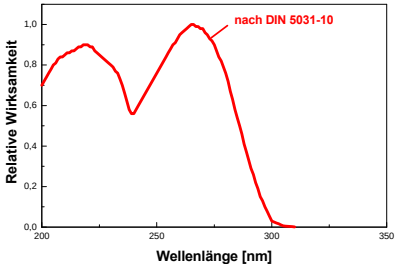
- IR-A and IR-B
  Halogenlampen mit Farbfilter
  Nd:YAG Laser
- IR-C
  geheizte Keramikstäbe



Wasser-/Oberflächen-/Luftbehandlung mit Licht

Wasseraufbereitung (im Wasserwerk oder am „Point-of-use“)

- UV-C Licht (265 nm) desinfiziert
  - → Vermehrung von Mikroorganismen wird gestoppt



UV-Quellen

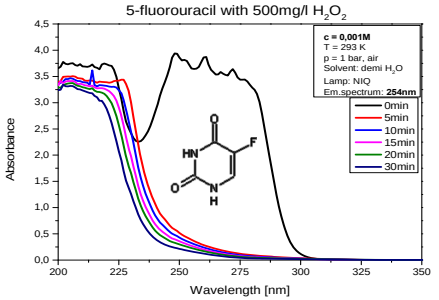
- Quecksilberdampflampen
- UV LED
- Xe Excimerlampen

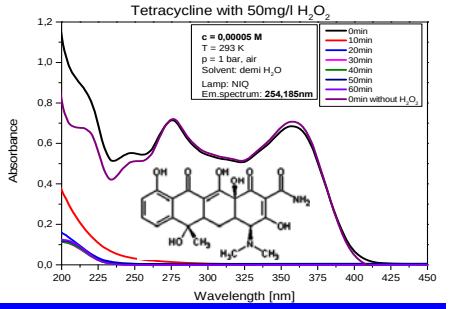
Wasser-/Oberflächen-/Luftbehandlung mit Licht

Wasseraufbereitung (im Wasserwerk oder am „Point-of-use“)

- UV-C Licht (< 280 nm) oxidiert
- UV-Licht (< 400 nm) und Katalysator oxidiert

  → Entfernung von Pestiziden, Herbiziden, Tensiden, Medikamentenrückständen (Krebsmarker, Antibiotika, etc.)



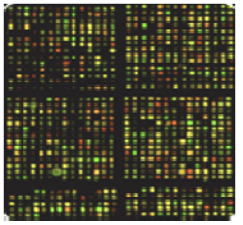


UV-Quellen

- Quecksilberdampflampen
- UV LED
- Xe Excimerlampen

Licht und Gesundheit

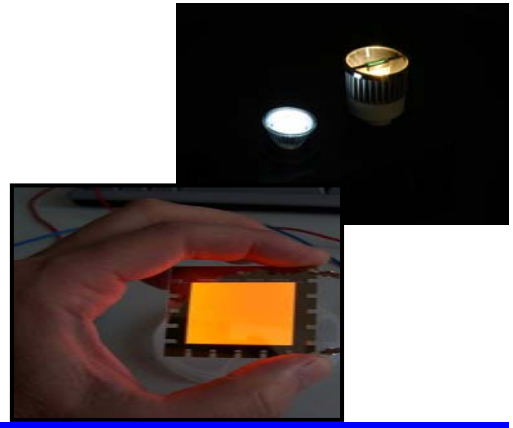
Phototherapie	
• Vitamin D Aufbau	310 nm
• Akne-, Ekzem-, Psoriasis-, Vitiligobehandlung	415 nm
• Melatoninsuppression	430 nm
• Bilirubinabbau	450 nm
• Schmerztherapie	453 nm
• Photodynamische Therapie	Rot/NIR
• Rheumabehandlung	NIR
Kosmetik	
• Bräunung	UV-A + UV-B
• Epilation	755 nm
• Faltenreduktion	NIR
• Hautflecken- und Tattooentfernung	694, 1064 nm
Diagnostik	
• Endoskopie	VIS
• In-vitro und in-vivo Fluoreszenzmarkierung	VIS
• Optische Bildgebung	NIR
• Photoplethysmographie	NIR
Chirurgie	
• Laserskalpell	1.06, 10.6 µm
• Augenkorrekturen	193, 800 nm
• Kariesentfernung	2.94, 10.6 µm
Wasser-/Oberflächen-/Luftbehandlung	
• Entkeimung	200 – 280 nm
• Reinigung	< 190 - 400 nm



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Literatur

- R. Heinz, Grundlagen der Lichterzeugung – von der Glühlampe bis zum LASER, Highlight-Verlag, 2004
- M. Born, T. Jüstel, Elektrische Lichtquellen, Chemie in unserer Zeit 40 (2006) 294
- T. Jüstel, S. Möller, H. Winkler, W. Adam, Luminescent Materials in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A1-28, Wiley-VCH (2012)

Internet-Links

- Homepage T. Jüstel www.fh-muenster.de/juestel
- CREE http://www.cree.com/
- GELcore http://www.gelcore.com/
- Global Light Industries http://www.globallight.de/index.html
- Nichia http://www.nichia.co.jp/about_nichia/index.html
- Osram Opto http://www.osram.de/
- Philips Lumileds http://www.luxeon.com/
- Seoul Semiconductor http://www.seoulsemicon.com/en/prCenter/
- Sylvania http://www.sli-sylvania.com/content/view/65/77/