



# Licht und Chemie – Eine leuchtende Verbindung

Jugend forscht

Regionalwettbewerb Münsterland

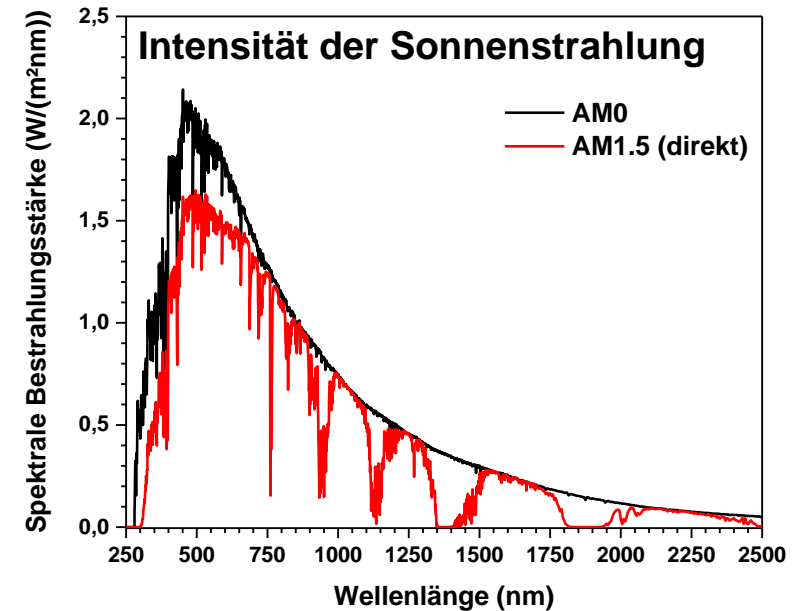
Technologie-Campus Steinfurt (TECST)

Prof. Dr. Thomas Jüstel

Fachbereich Chemieingenieurwesen

Fachhochschule Münster

22. und 23. Februar 2024



# Licht ins Dunkel bringen – Themen

- Evolution: Licht und Chemie als Treiber des Fortschritts
- Licht und Strahlung
- Künstliche Lichtquellen & Beleuchtung
- Photochemie der Lichtwahrnehmung
- Photobiologie und -medizin
- Fazit



The background of the slide is a photograph of a campfire burning brightly in the foreground, with a calm lake and dark mountains in the background under a twilight sky. The fire is made of several logs and is the primary light source in the scene.

# Evolution: Licht als Treiber des Fortschritts

# Licht als Treiber des Fortschritts

- Produktivität ist auf visuelle Wahrnehmung angewiesen
- Verlängerung der nutzbaren Zeit durch künstliche Beleuchtung
- Grundlage für kulturelle und technische Weiterentwicklung
- Licht beschleunigt Datenaustausch



[https://www1.wdr.de/radio/wdr5/sendungen/neugier-genuegt/campus-galli-104-\\_v-ARDFotogalerie.jpg](https://www1.wdr.de/radio/wdr5/sendungen/neugier-genuegt/campus-galli-104-_v-ARDFotogalerie.jpg)



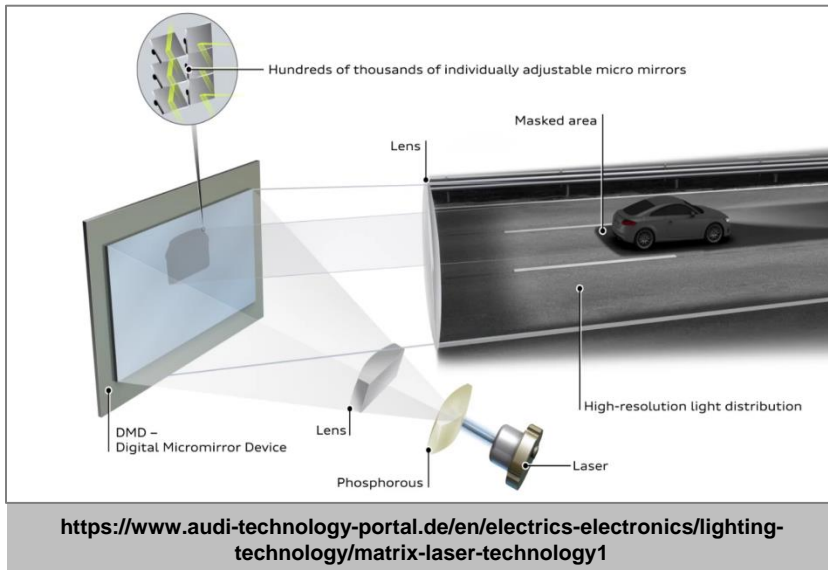
<https://www.gewerkschaftsgeschichte.de/arbeit-im-wandel.html>



[https://www.lemtec.de/fileadmin/\\_processed\\_/0/9/csm\\_Spedition\\_DUA\\_LBLOC\\_590HF\\_08\\_2014\\_01\\_fca92a4bce.jpg](https://www.lemtec.de/fileadmin/_processed_/0/9/csm_Spedition_DUA_LBLOC_590HF_08_2014_01_fca92a4bce.jpg)

# Licht als Treiber des Fortschritts

- **Mobilität ohne künstliches Licht nicht denkbar**
- **Beleuchtung von Fahrzeugen: Kerze - Glühlampe - ..... - LED - Lasermatrix**
- **Beleuchtung der Verkehrswege**
- **Kommunikationsmittel: Leuchttürme - Ampeln - Signale - ..... - Lichtleitfasern**



<https://www.welt.de/img/wissenschaft/mobile115488857/2712507227-ci102l-w1024/zgbdc5-69qu6kjhgci468unliv-original-jpg.jpg>

# Licht als Treiber des Fortschritts



<http://www.infozentrum-kaltenbronn.de/wp-content/uploads/2016/12/Lagerfeuer.jpg>



<https://www.fackeln.com/wp-content/uploads/2013/06/Brennende-Fackel-300x199.png>



[http://www.la-isa.de/forschung/weitere\\_projekte/light\\_kultur/sachsen\\_anhalts\\_aelteste\\_lampe/](http://www.la-isa.de/forschung/weitere_projekte/light_kultur/sachsen_anhalts_aelteste_lampe/)



<http://www.spiel.de/wissenschaft/mensch/bild-1043154-871469.html>



[https://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent\\_lamp](https://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent_lamp)

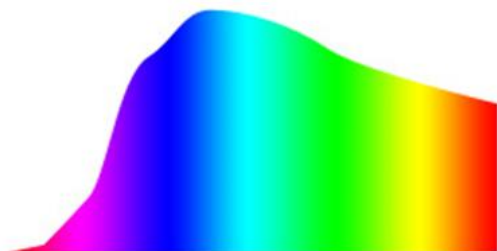


[https://leapfroglighting.com/wp-content/uploads/2013/05/LED\\_T8\\_tubes.jpg](https://leapfroglighting.com/wp-content/uploads/2013/05/LED_T8_tubes.jpg)



[https://dammedia.ledvance.info/media/img/asset-927711/s,x,800,y,0/LEDsite\\_filament.jpg](https://dammedia.ledvance.info/media/img/asset-927711/s,x,800,y,0/LEDsite_filament.jpg)

## Strahler im thermischen Gleichgewicht

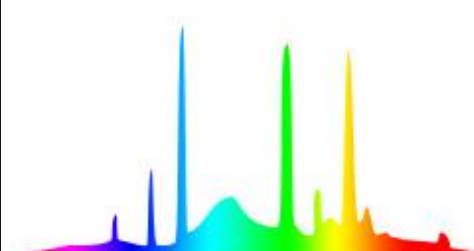


Tageslicht

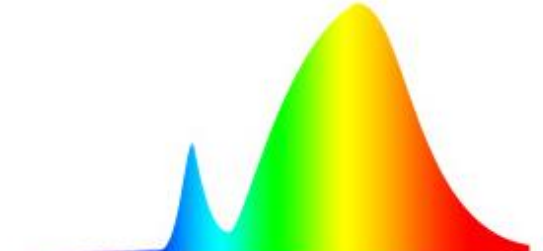


Glühlampe

## Strahler im nicht-thermischen Gleichgewicht



Leuchtstofflampe



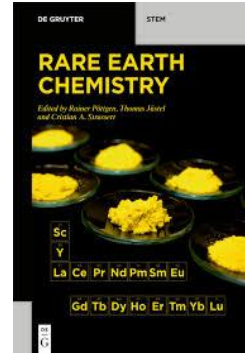
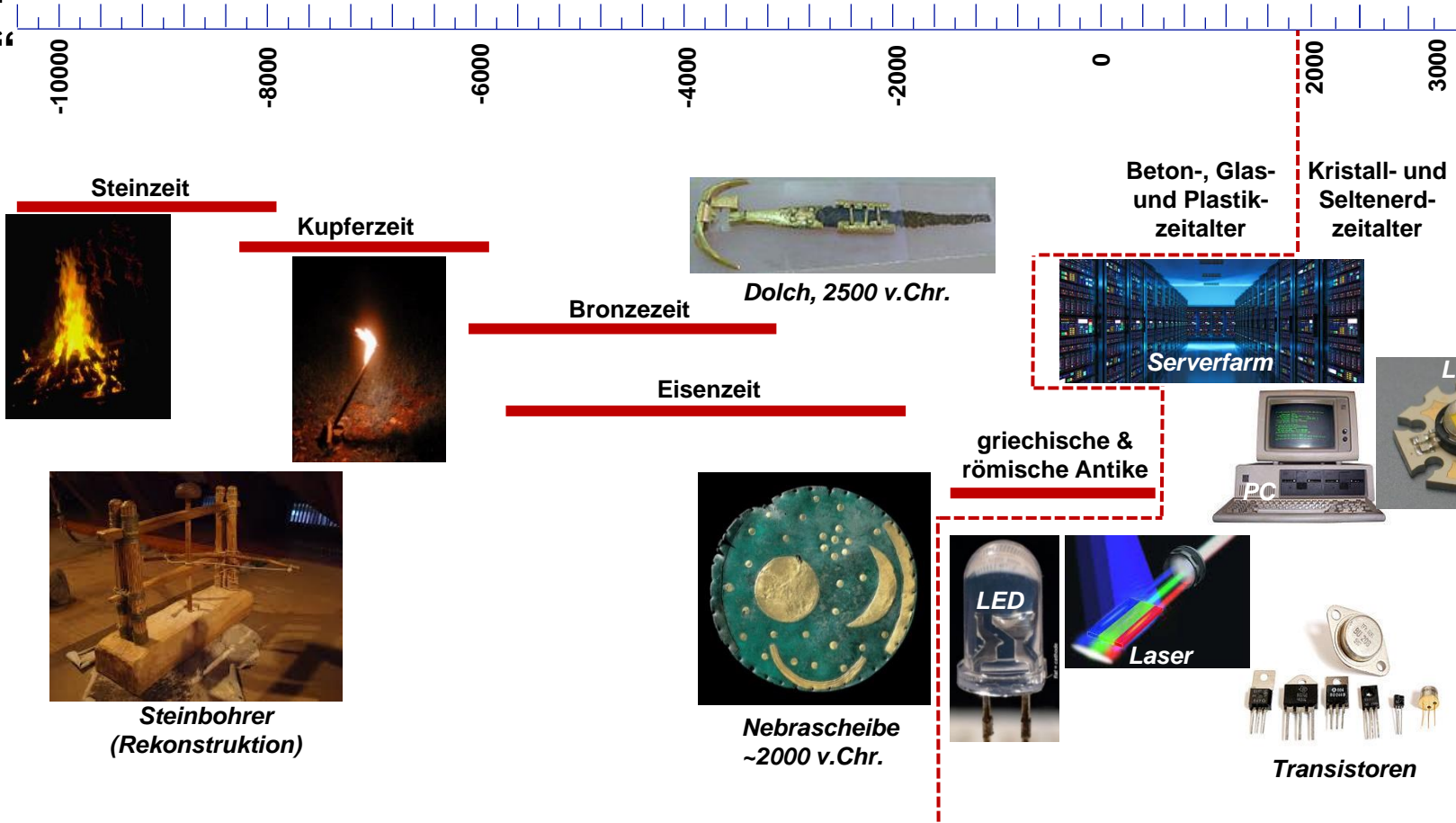
weiße LED

<https://www.alternate.lu/dynpics/274628.jpg>

# Chemie (Metallurgie) als Treiber des Fortschritts



Technologiezeitalter,  
Kulturen & Regionen  
werden durch „neue“  
Elemente und  
Materialien geprägt:  
Keramik-Kulturen  
Zypern  
El Dorado  
Argentinien  
Lithiumdreieck  
Steel belt  
Copper belt  
Silicon valley  
Rocky Mountains  
rare earth metal belt



# Licht als Treiber des Fortschritts: Umweltproblem



FH MÜNSTER  
University of Applied Sciences



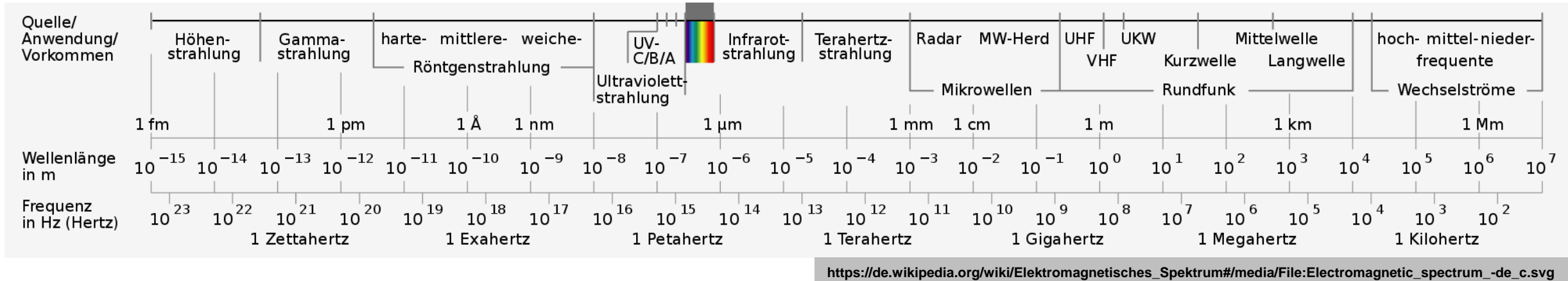
**Etwa 20 % der erzeugten elektrischen Energie wird für Beleuchtung eingesetzt (Quelle: NASA)**



The background of the slide features a photograph of a double rainbow arching over a green landscape. In the distance, several wind turbines are visible against a clear sky. The right side of the slide is decorated with blue geometric patterns, including diagonal stripes and a white rectangular box containing the title.

# Licht und Strahlung

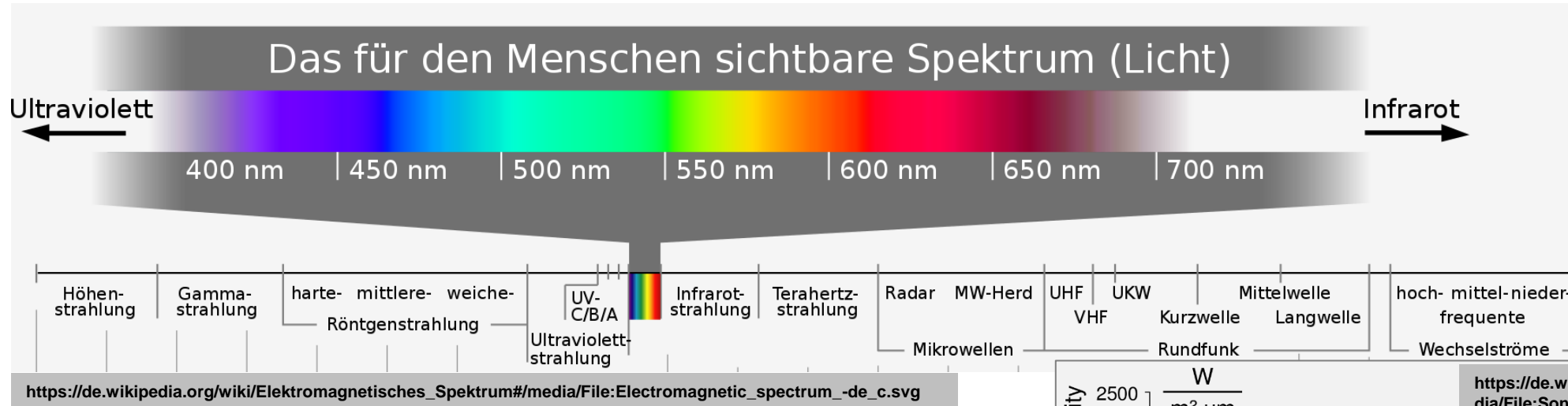
# Das elektromagnetische Spektrum



- **Strahlungsemission: Im thermischen oder nicht-thermischen Gleichgewicht**
- **Wechselwirkung von Licht mit Materie: Absorption, Brechung, Reflexion, Streuung, Transmission**
- **Strahlungskonversion:**

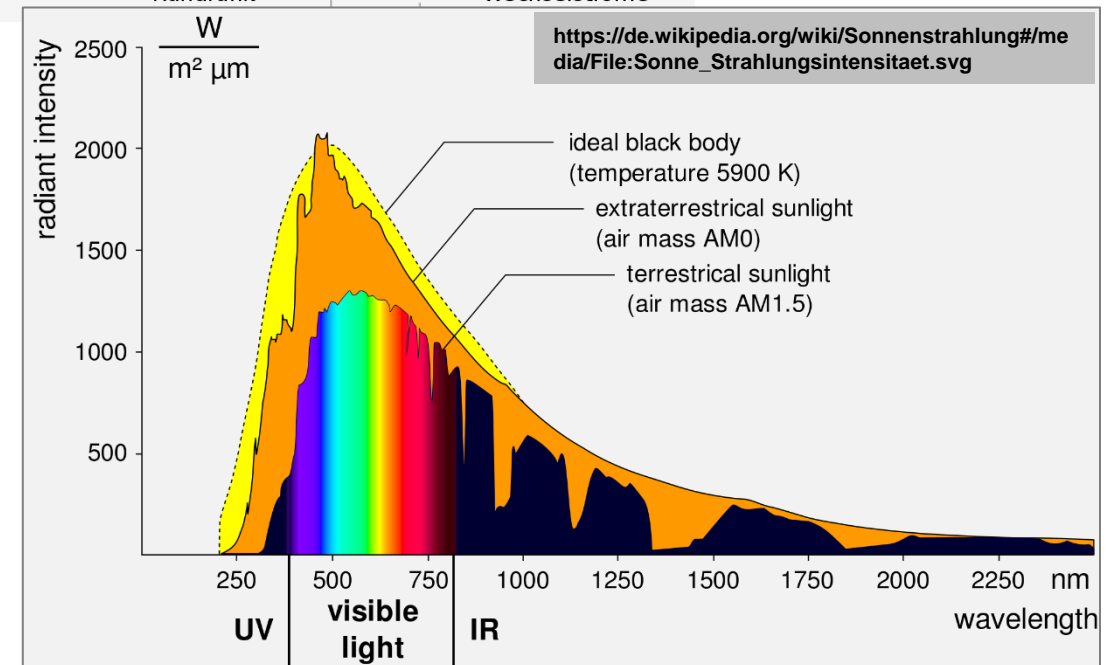
Thermische Energie	Solarthermie
Elektrische Energie	Photovoltaik
Chemische Energie	Photolyse & Photosynthese

# Licht als sichtbarer Teil des Spektrums



**Für Menschen ist der sichtbare Bereich in etwa deckungsgleich mit Strahlungsmaximum terrestrischer Solarstrahlung**

**→ Ergebnis der Evolution der Primaten**



The background of the slide is a satellite image of a city at night, showing a dense network of yellow and white lights against a dark blue background. The lights form a complex, branching pattern, resembling a neural network or a city's infrastructure. The image is partially obscured by a white rectangular box containing the title and a blue diagonal striped pattern in the bottom right corner.


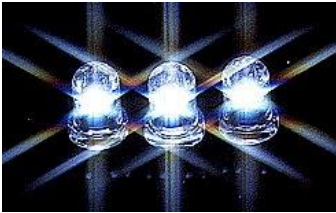


# Künstliche Lichtquellen & Beleuchtung

# Künstliche Lichtquellen & Beleuchtung

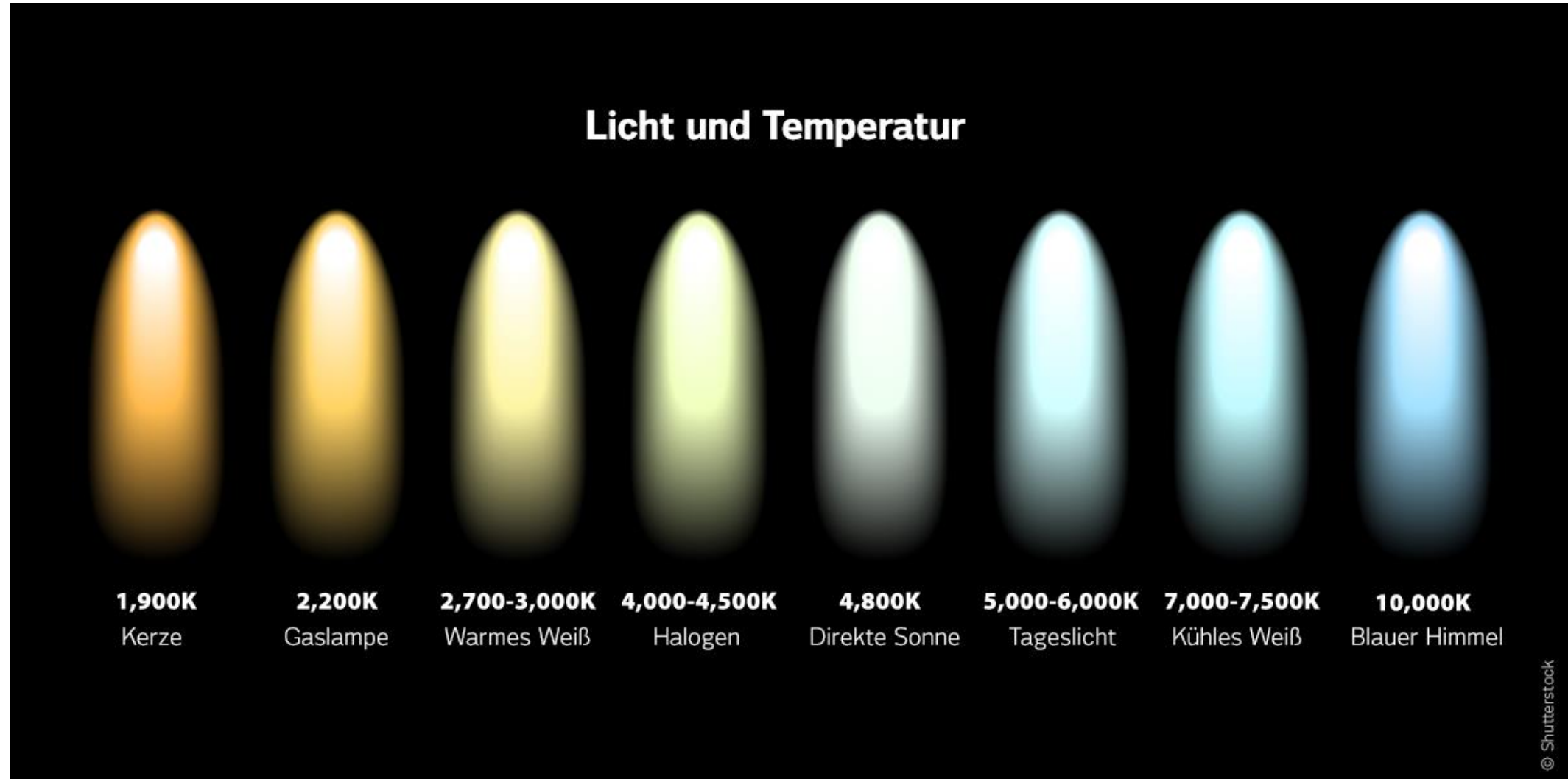
Worum geht es eigentlich?

⇒

„5L“ einer Lichtquelle

- **Lebensdauer:** Abnahme des Lichtstroms auf 80% → L80  
Ausfall bis zum Ende der Lebensdauer: 10% → B10
- **Lichtstrom:** 10 lm → 100 lm → 1000 lm → 10000 lm  




- **Lichtausbeute:** 0 ... 683 lm/W
  - Stark abhängig von Art und Spektrum der Lichtquelle
  - Auch abhängig vom Empfänger und der Beleuchtungssituation
- **Lichtfarbe:** Farbtemperatur  $T_c = 2700 - 8000$  K
- **Lichtqualität:** Farbwiedergabe  $R_a = 0 \dots 100$  → physiologische Wirkung

# Künstliche Lichtquellen - Farbtemperatur

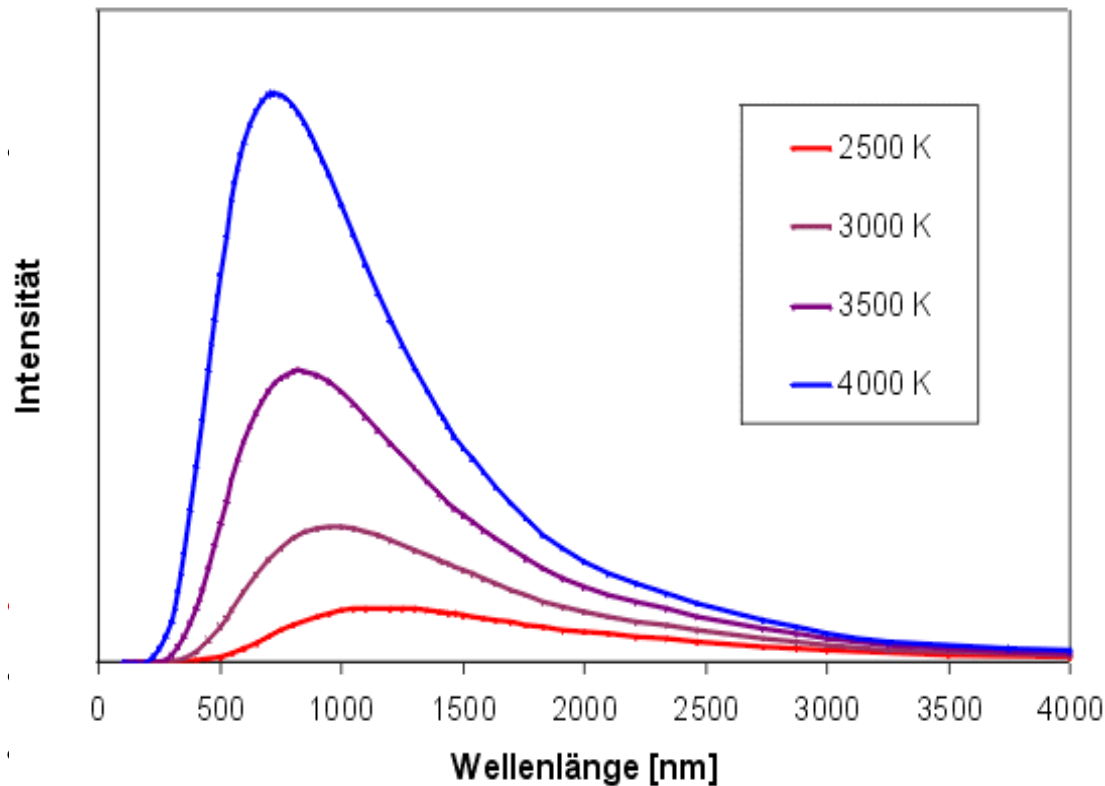


[https://elife.vattenfall.de/wp-content/uploads/2016/02/150\\_elife\\_LichtUndTemperatur.png](https://elife.vattenfall.de/wp-content/uploads/2016/02/150_elife_LichtUndTemperatur.png)

# Künstliche Lichtquellen & Technik und Chemie

## 1. Thermische Strahler: **Erwärmung von Materialien**

- Die Intensität und die spektrale Verteilung der emittierten Strahlung eines Körpers ist stark temperaturabhängig (→ Planck'sches Strahlungs- und Wien'sches Verschiebungsgesetz)



### Erwärmung durch

**chemische Reaktion  $C + O_2 \rightarrow CO_2$   
(Oxidation)**

Lagerfeuer, Fackeln, Kerzen,  
Öllampen, Gaslampen

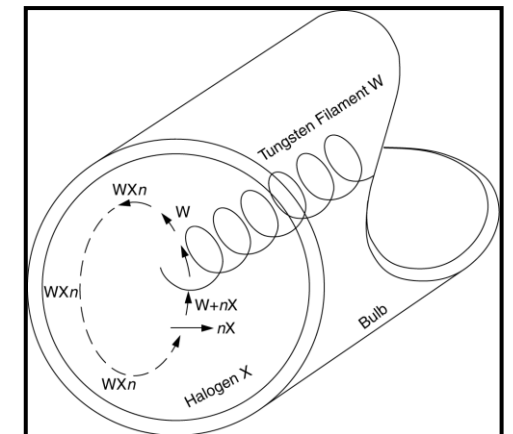
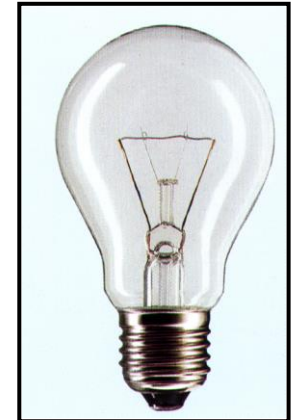
**Widerstandsverlust  $P = R \cdot I^2$   
(Stromfluss)**

Glühlampen (W-Wendel)

Halogenglühlampen



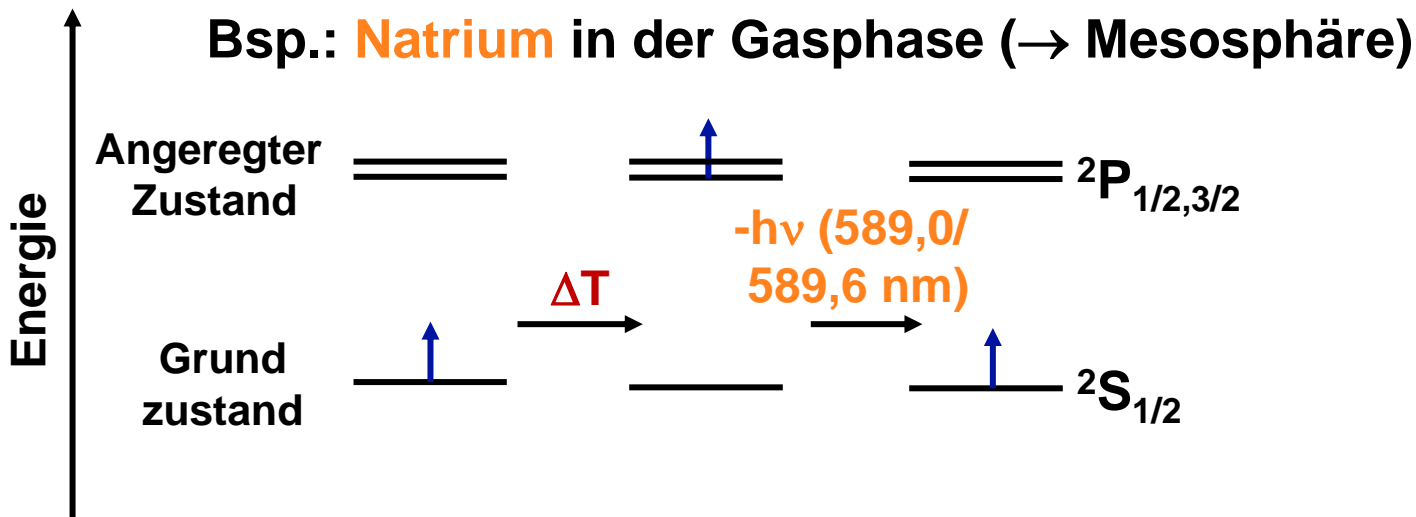
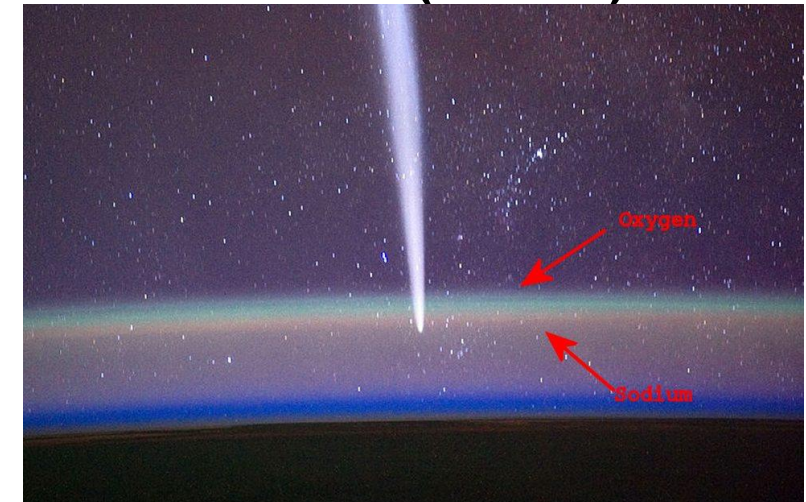
„Chemischer Transport“



# Künstliche Lichtquellen & Technik und Chemie

## 2. Gasentladungsstrahler: **Anregung von Gasen**

- Atome, Ionen und Moleküle nehmen nur diskrete Energiezustände an, wobei höhere Energiezustände durch Strahlungsabsorption oder unelastische Stöße (Wärme) erreicht werden können
- Bei der Rückkehr in den Grundzustand wird die überschüssige Energie in Form von Licht oder Strahlung abgegeben → **Emissionsspektren**



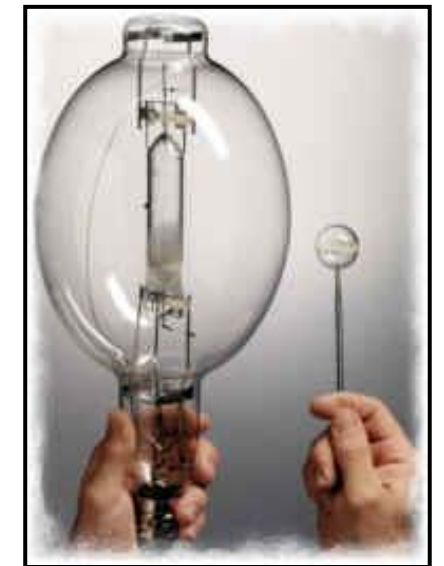
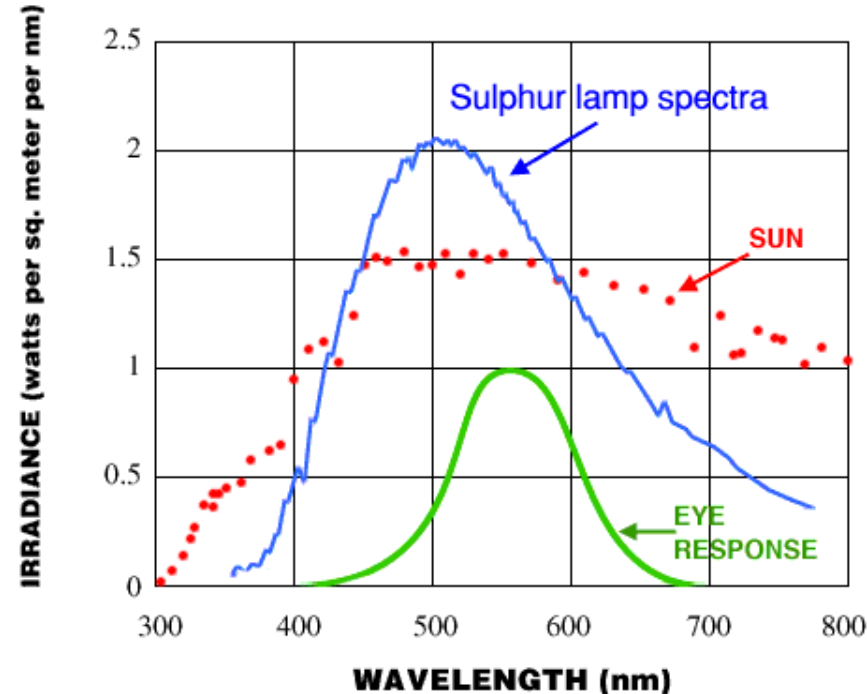
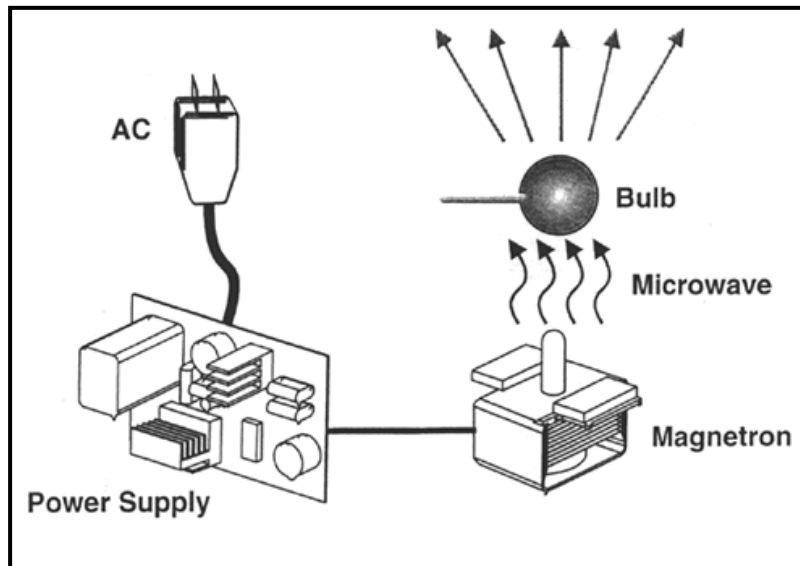
Atome	Hg	Na
Ionen	Ne <sup>+</sup>	Ar <sup>+</sup>
Moleküle	S <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>



# Künstliche Lichtquellen & Technik und Chemie

## 2. Gasentladungsstrahler: Die Schwefellampe seit etwa 1990

Gasentladung mit Ar als Puffergas und  $S_2 - S_8$  als molekulare Emmitter → Breitbandspektrum

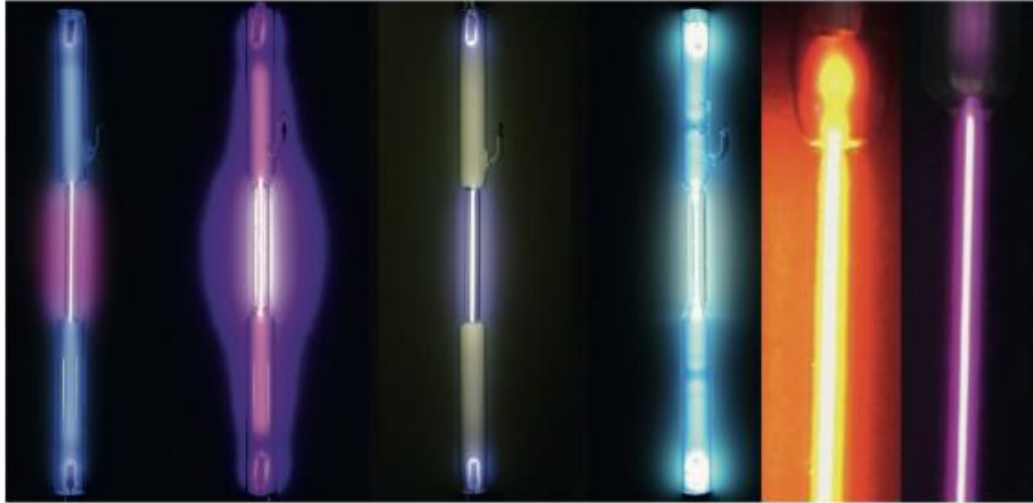


Effizienz: Vergleichbar mit Leuchtstoffröhren (also 100 lm/W)

Problem: Energieeinkopplung → Elektrodenlose Lampe → Mikrowellengenerator (2,45 GHz)

# Künstliche Lichtquellen & Technik und Chemie

## 2. Gasentladungsstrahler: Emission von Gasen (und anorg. Leuchtstoffen)



Wasserstoff    Stickstoff    Sauerstoff    **Quecksilber**    Neon    Argon



### Standard: Hg-Gasentladungen (Niederdruck oder Hochdruck)



### PDP: Xe/Ne-Gasentladung



# Künstliche Lichtquellen & Technik und Chemie

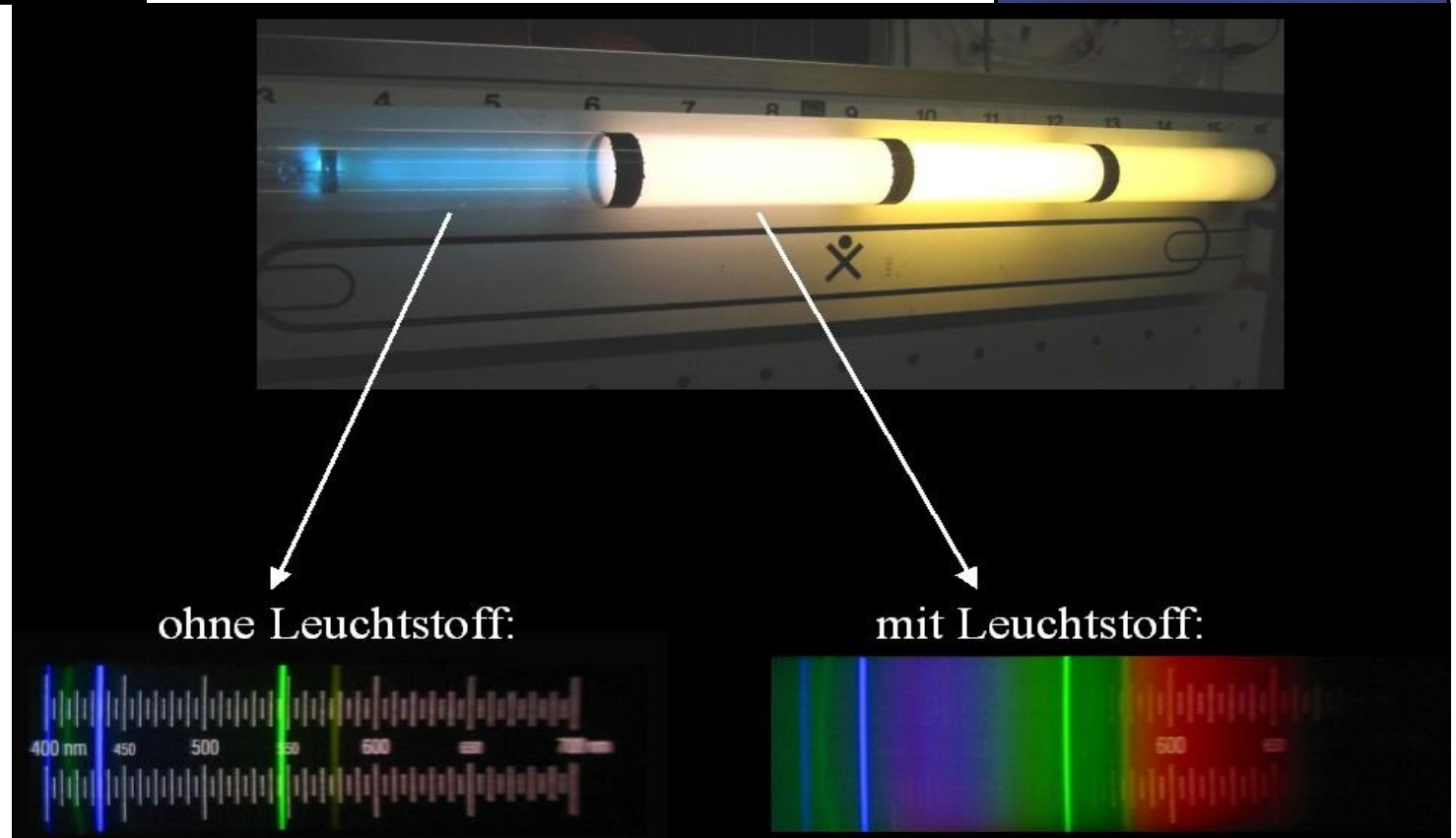
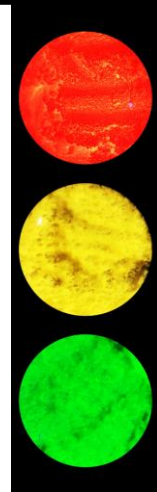
## 2. Gasentladungsstrahler: Leuchtstofflampen



**Eu<sup>2+</sup>-Leuchtstoff**

**Emissionswellenlänge**

CaS:Eu	655 nm
CaAlSiN <sub>3</sub> :Eu	650 nm
Sr <sub>2</sub> Si <sub>5</sub> N <sub>8</sub> :Eu	615 nm
SrS:Eu	610 nm
Ba <sub>2</sub> Si <sub>5</sub> N <sub>8</sub> :Eu	580 nm
Sr <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> :Eu	575 nm
SrSi <sub>2</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub> :Eu	540 nm
SrGa <sub>2</sub> S <sub>4</sub> :Eu	535 nm
SrAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> :Eu	520 nm
Ba <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> :Eu	505 nm
Sr <sub>4</sub> Al <sub>14</sub> O <sub>25</sub> :Eu	490 nm
SrSiAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> N:Eu	480 nm
BaMgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> :Eu	450 nm
Sr <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> :Eu	420 nm
BaSO <sub>4</sub> :Eu	374 nm
SrB <sub>4</sub> O <sub>7</sub> :Eu	368 nm

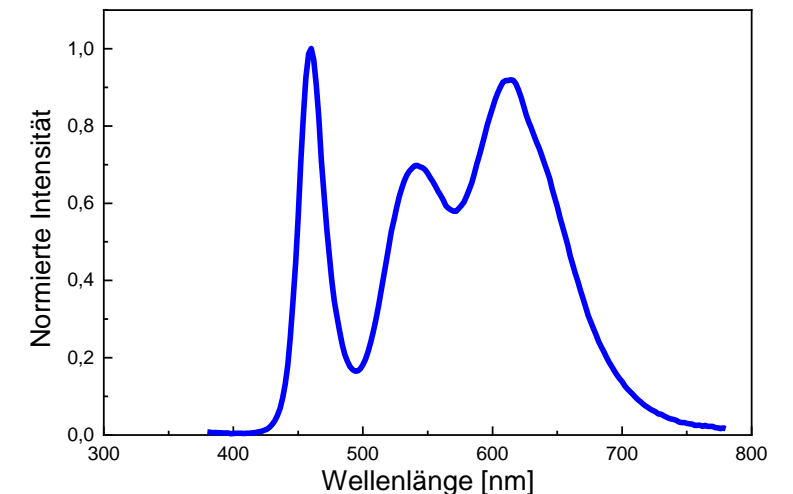
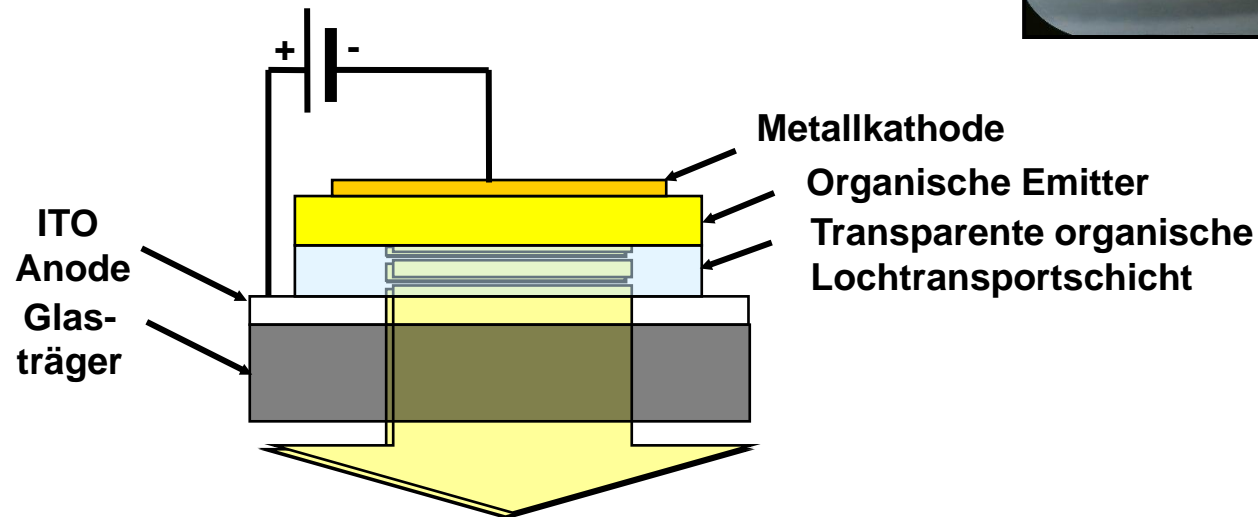
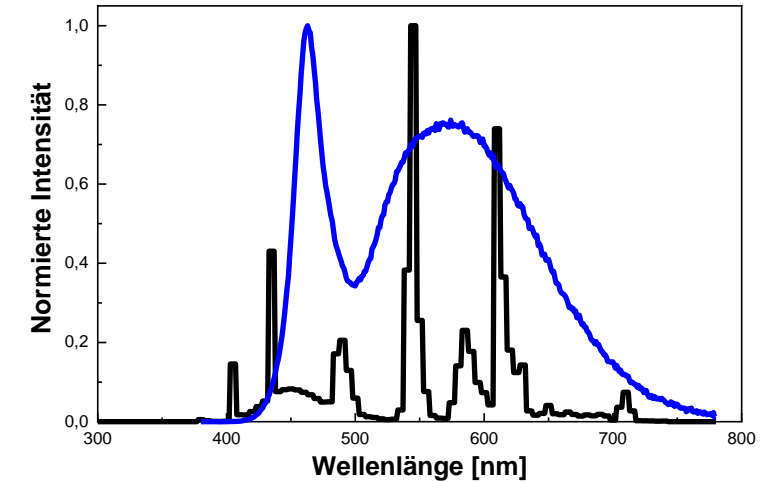
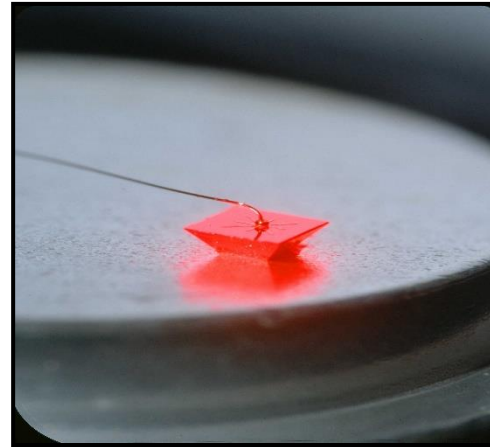


# Künstliche Lichtquellen & Technik und Chemie

## 3. Anorganische und organische LED: Elektrolumineszenz

- Rekombination von Ladungsträgern in Festkörpern
- Breitbandige Emissionsspektren
- Materialien

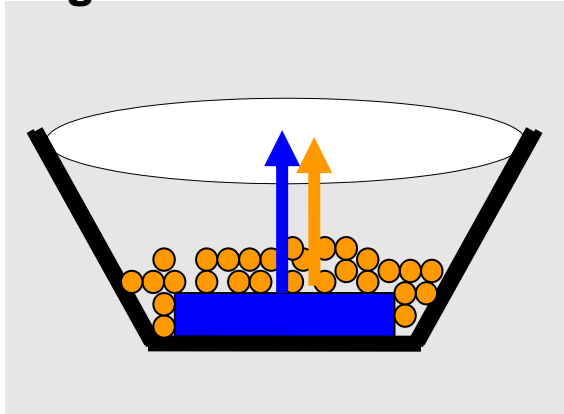
- $(Al_{1-x-y}In_xGa_y)P$ ,  $(Al_{1-x-y}In_xGa_y)N$   
→ LED-Lichtquellen
- Polymere, Metallkomplexe ( $Ir^{3+}$ )  
→ OLED-Bildschirme



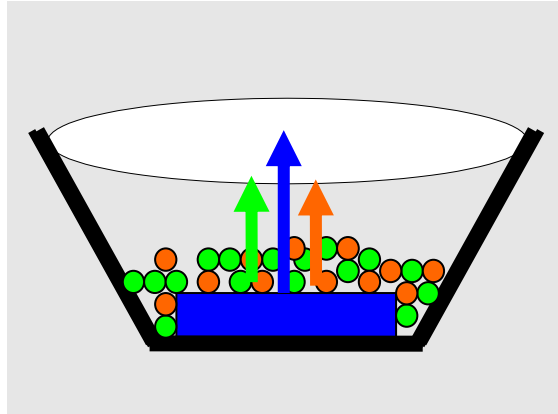
# Künstliche Lichtquellen & Technik und Chemie

## 3. Anorganische LED: Ansätze für Weißlichtquellen

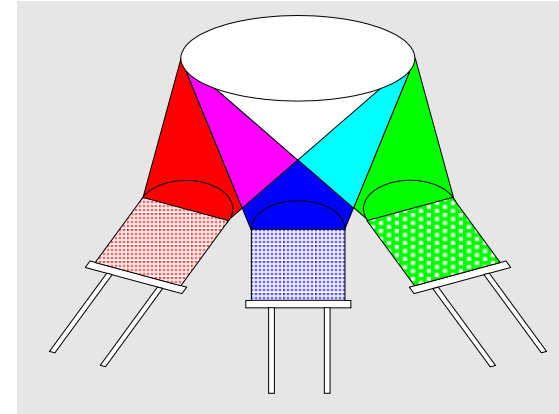
Blaue LED +  
gelber Leuchtstoff



Blaue LED + grüner  
+ roter Leuchtstoff

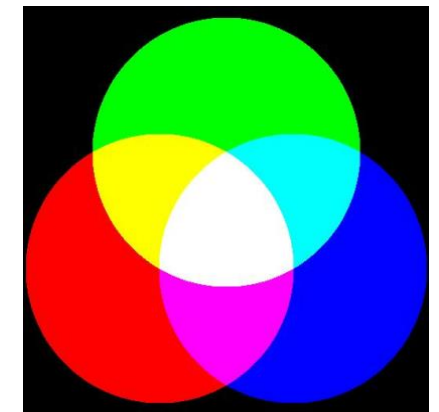
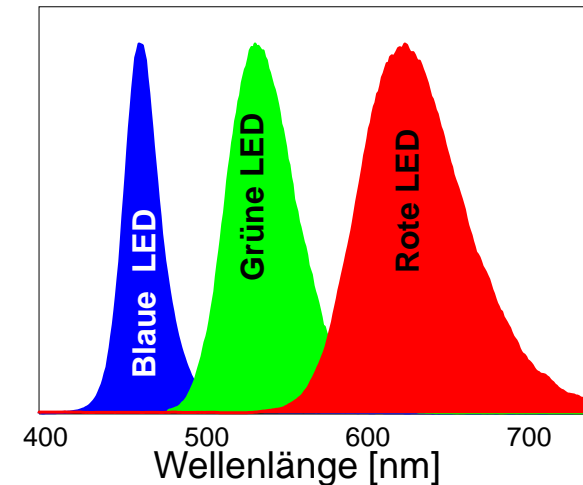
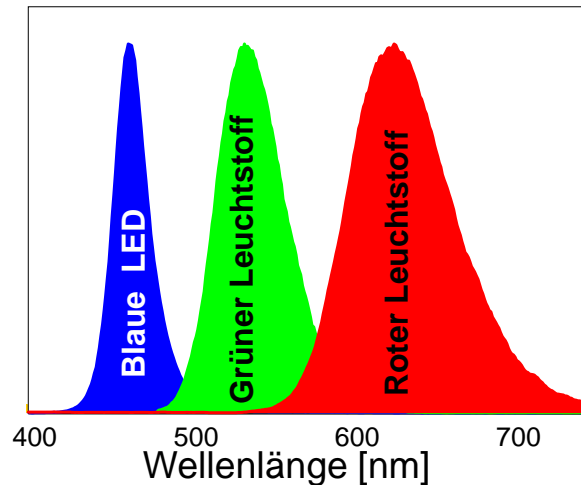
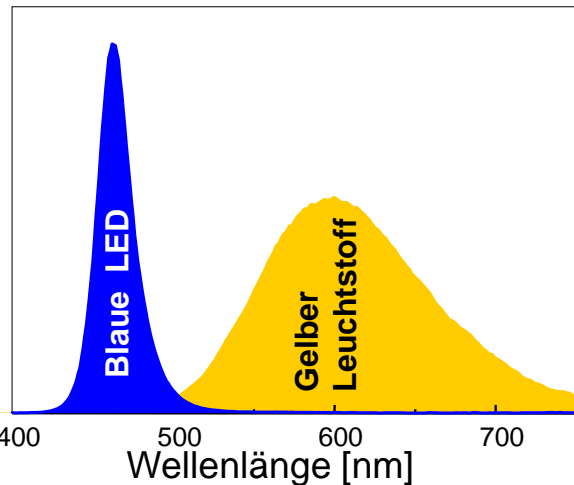


Blaue + grüne  
+ rote LED



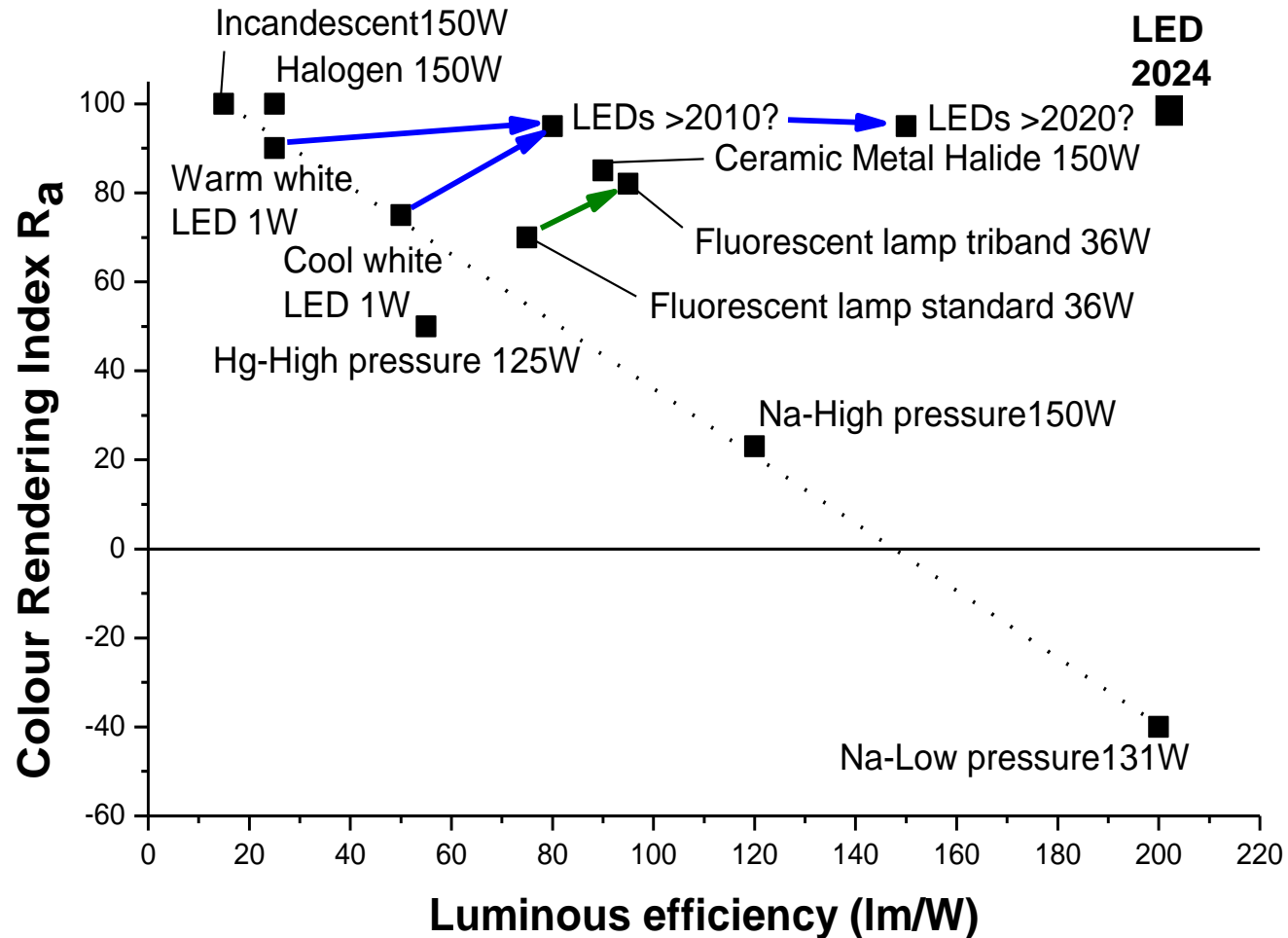
+ Sekundäroptik

= Additive  
Farbmischung



# Künstliche Lichtquellen & Technik und Chemie

## Farbwiedergabe über Lichtausbeute: (O)LED als ultimative Lichtquelle!



### Chemie der künstlichen Lichtquellen

- Chemische Transportreaktionen
- Plasmachemie
- Glas-Beschichtungstechnologie
- CVD und Plasma-CVD
- Halbleitertechnologie
- Wolframverarbeitung
- Glastechnologie
- Transparente Keramik / Glaskeramik
- Einkristallzucht
- Temperaturfeste Elektroden & Emitter
- Leuchtstoffe
- Koordinationsverbindungen:  $\text{Ir}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^+$
- Leitfähige Polymere
- Farbfilter, z.B.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oder  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$

# Künstliche Lichtquellen - Status 2024

## Anwendungsbereiche

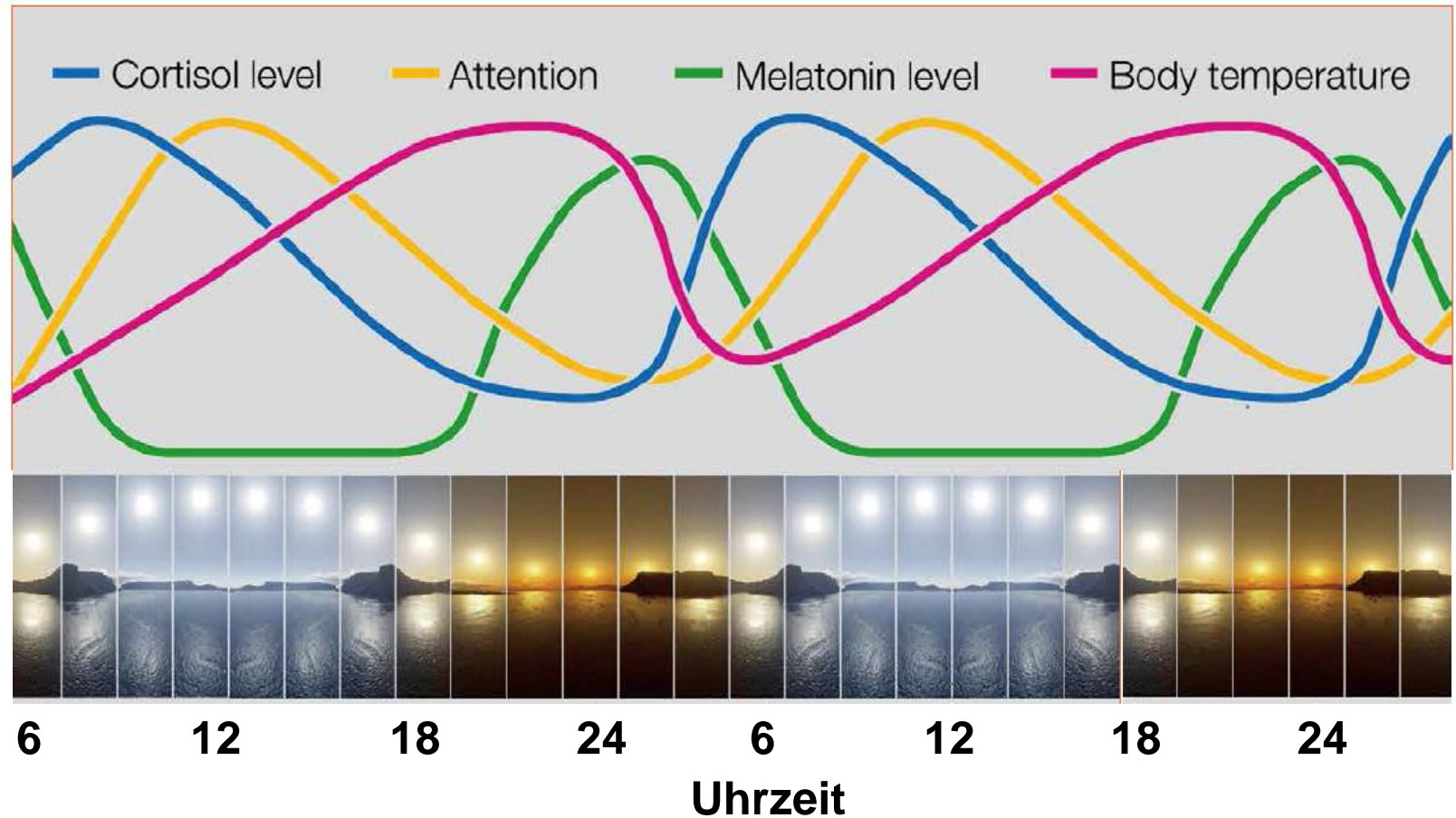
- Hintergrundbeleuchtung (LC Displays)  
→ Hg-Niederdrucklampen → Xe-Excimerlampen → LED
- Innenraumbelichtung  
→ Halogenglühlampen → Energiesparlampen → LED
- KFZ-Beleuchtung  
→ Halogenlampen → Xe/Hg/Zn-Lampen → LED → Laserdioden
- Signalbeleuchtung  
→ Glühlampen mit Farbfilter → LED → Laserdioden
- Öffentliche Gebäude, Geschäftsräume, Fabriken  
→ Leuchtstoffröhren → LED
- Straßenbeleuchtung  
→ Natriumlampen → Hg-Hochdrucklampen, LED
- Werbebeleuchtung  
→ Leuchtstoffröhren → LED



# Künstliche Beleuchtung - Neue Trends

Unterstützung des natürlichen Biorhythmus durch passende Modulation der Beleuchtungsszenarien

- Spektrale Modulation
- UV / VIS / NIR-Anteile
- Lichtstärke
- Zeitliche Modulation



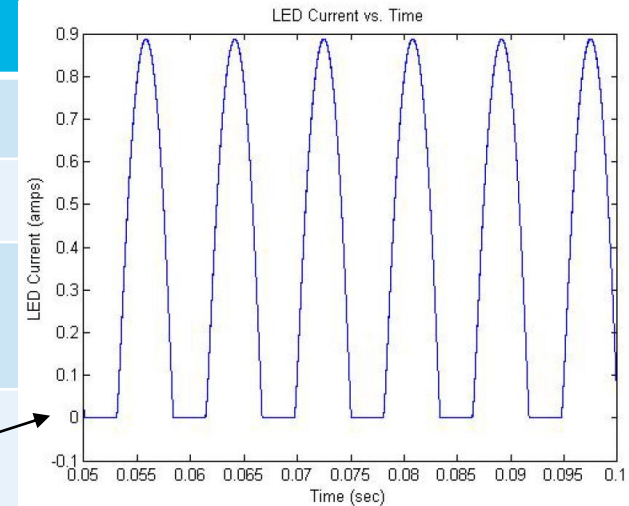


# Künstliche Beleuchtung - Tageslicht vs. LED-Licht

Metabolismus adaptiert auf natürliche Beleuchtung

→ künstliche Beleuchtung nicht deckungsgleich

Lichtquelle	Tageslicht (Sonne)	LED
Spektrale Modulation	1.500 bis 10.500 K	2.000 bis 6.500 K
UV / VIS / IR	5 % / 60 % / 35 %	0 % / > 90 % / < 10 %
Lichtstärke	10.000 bis 100.000 lux (100 - 1000 W/m <sup>2</sup> )	500 bis 1.000 lux (5 - 10 W/m <sup>2</sup> )
Zeitliche Modulation	Minuten (Wolken) Stunden (Zenitwinkel)	Millisekunden (Netzfrequenz)



**LED bei 120 Hz**  
(doi:10.1109/ECCE.2010.5618050)

# Künstliche Beleuchtung - Neue Trends

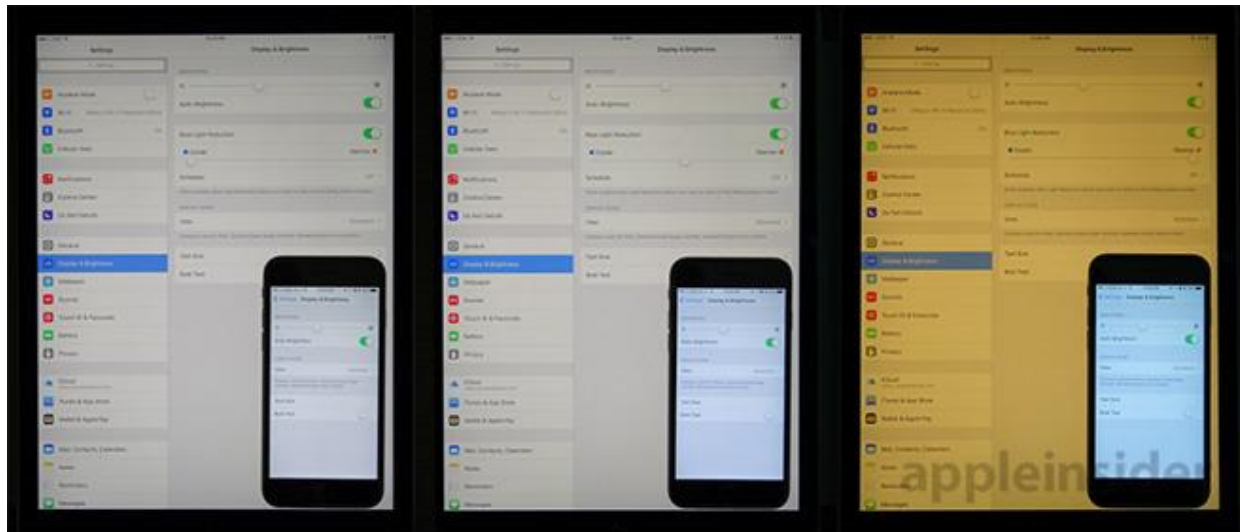
## Leuchtmittel mit variabler spektraler Zusammensetzung „Human Centric Lighting“



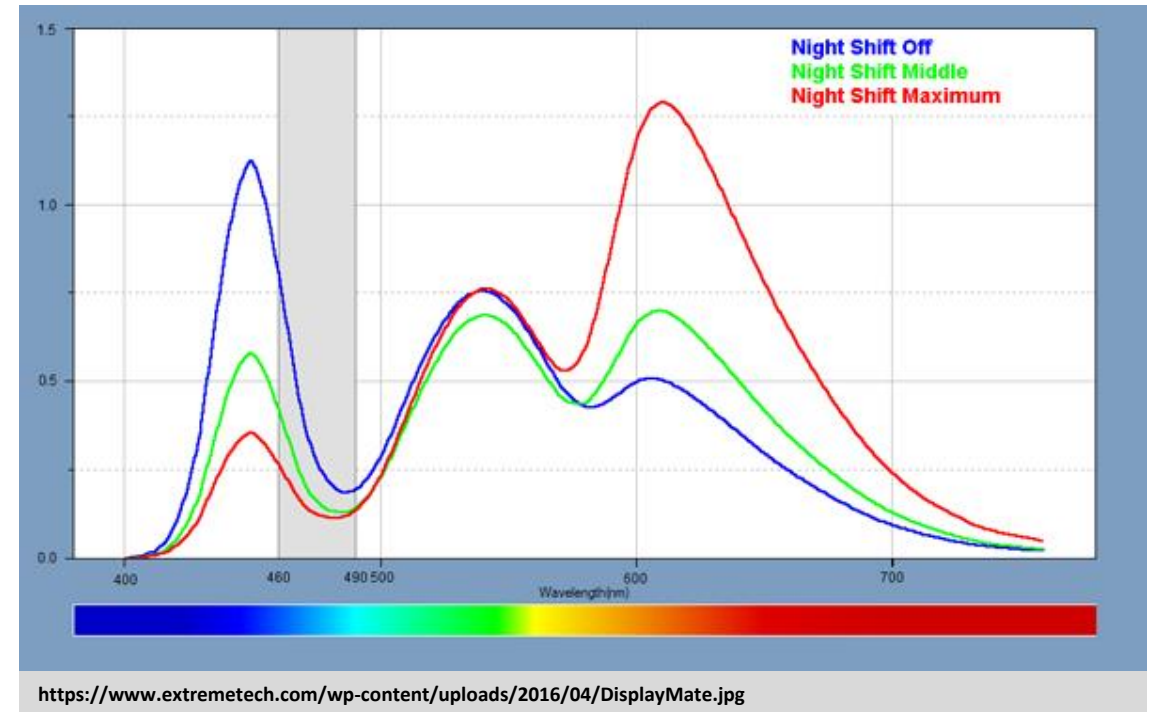
<http://lavision.ch/wp-content/uploads/2015/06/Bild4.png>

# Künstliche Beleuchtung - Abendstunden


- **Lampen:** Beleuchtung mit geringem Blauanteil wählen
- **Bildschirme:** Helligkeit und Blauanteil reduzieren



[https://www.extremetech.com/wp-content/uploads/2016/04/15561-11948-160112-Night\\_Shift-1.jpg](https://www.extremetech.com/wp-content/uploads/2016/04/15561-11948-160112-Night_Shift-1.jpg)



<https://www.extremetech.com/wp-content/uploads/2016/04/DisplayMate.jpg>

A photograph of a dirt path winding through a lush green forest. Sunlight filters through the trees, creating a dappled light effect on the path. A person is sitting on a wooden bench on the left side of the path, looking towards the distance. The right side of the image features a blue and white geometric pattern with diagonal lines.

# Photochemie der Lichtwahr- nehmung

# Licht und Mensch - Fakten, Fakten, Fakten

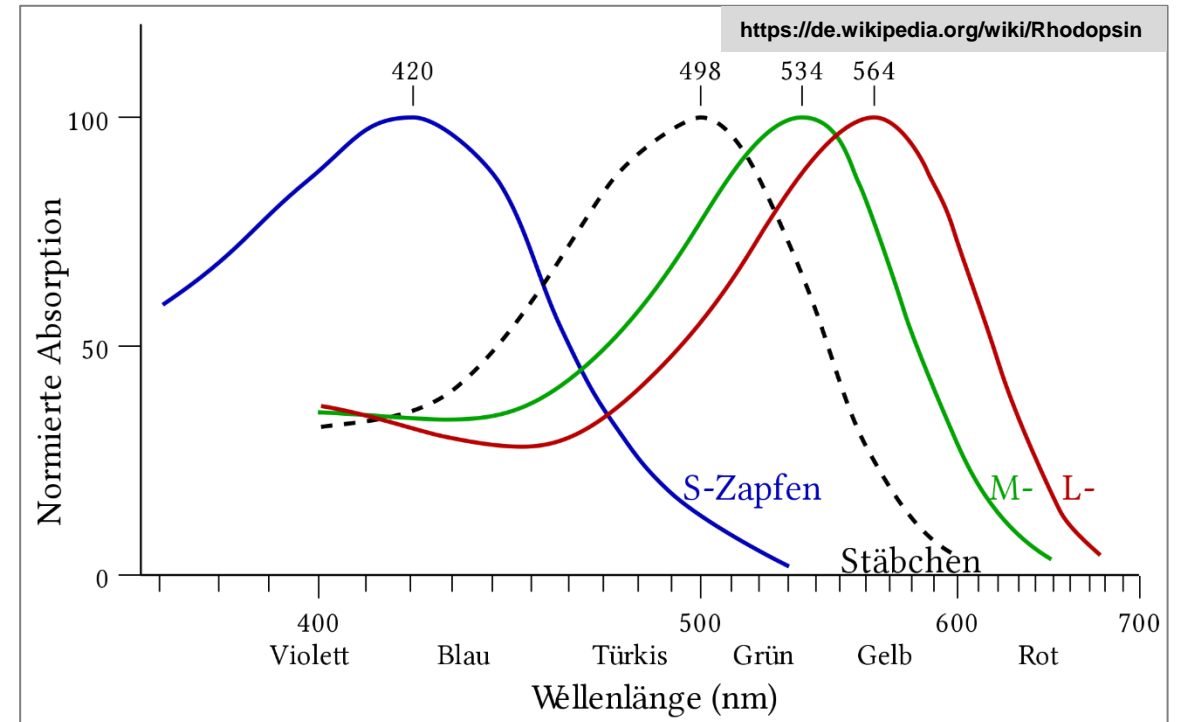
- **Solarstrahlung: Beleuchtung, Photochemie, Photobiologie & Photomedizin**
- **Voraussetzung für wichtigsten Sinn: Visuelle Wahrnehmung**
- **Orientierung im Raum, Steuerung des Tag-Nacht-Rhythmus, Kommunikation**
- **Ausgewählte Leistungsdaten des menschlichen Auges**
  - **Sehschwelle  $0,000003 \text{ cd/m}^2$  ( $\sim$  Stern 6. Größenordnung)**  
(sternklarer Nachthimmel:  $0,001 \text{ cd/m}^2$ )
  - **Blendung ab  $100.000$  bis  $1.000.000 \text{ cd/m}^2$**   
(Sonnenscheibe am Horizont  $6.000.000 \text{ cd/m}^2$ )
  - **Zeitliche Auflösung: bis  $90 \text{ Hz}$  (Wahrnehmung  $\sim 800 \text{ Hz}$ )**  
(dunkeladaptiert:  $22$  bis  $25 \text{ Hz}$ ): Kino!
  - **Augenbewegung (Sakkaden): bis  $600^\circ/\text{s}$**



# Licht und Mensch - Visuelle Wahrnehmung

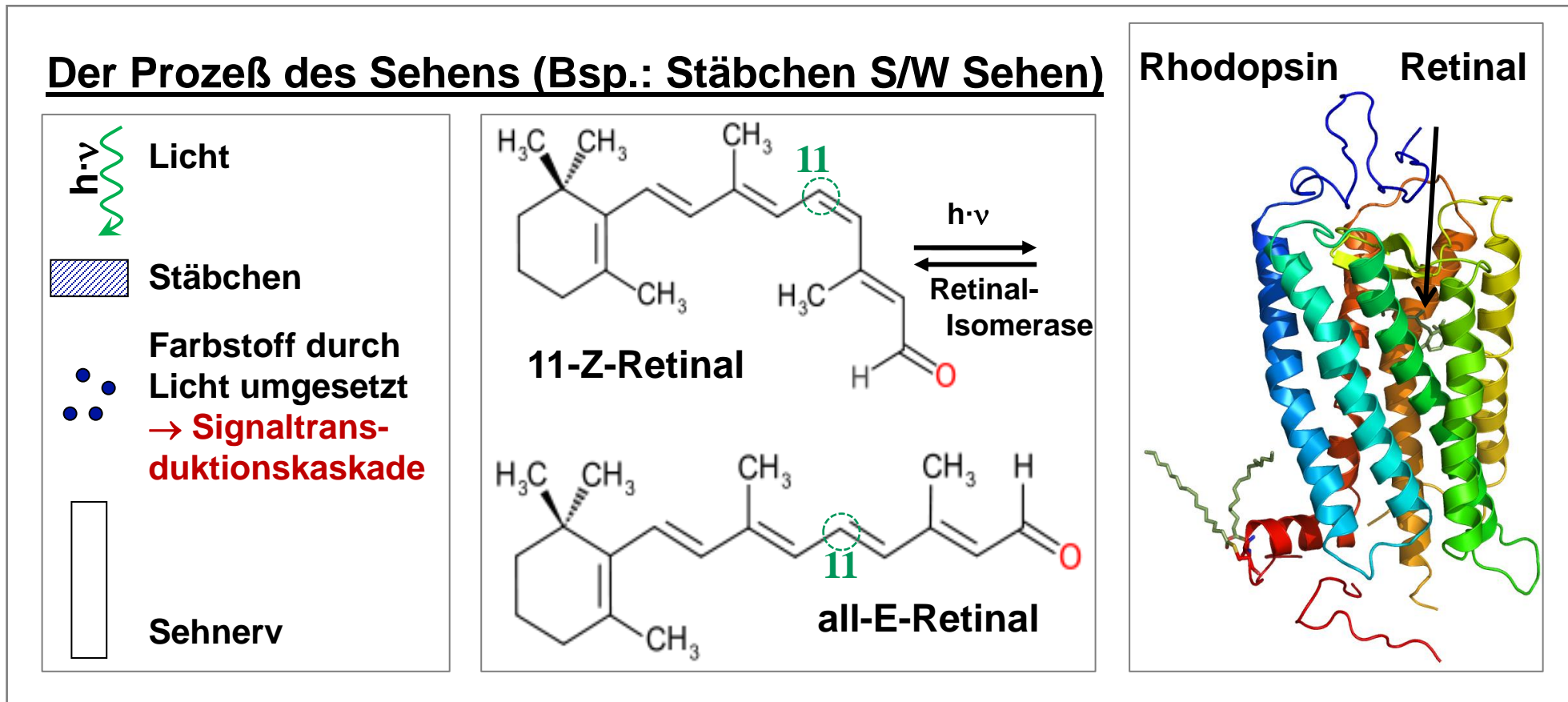
Sehprozess = komplexes Zusammenspiel von chemischen und physikalischen Prozessen unter Beteiligung von drei Rezeptortypen:

- Stäbchen (Dämmerungssehen)
- Zäpfchen (S, M, L für Farbsehen)
- Ganglienzellen (Biorhythmus)



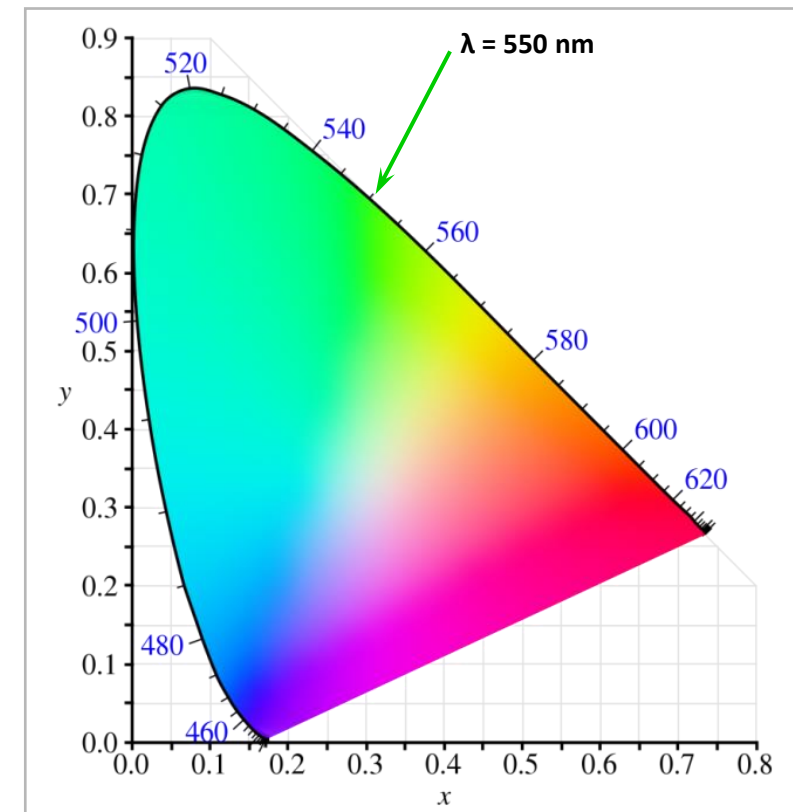
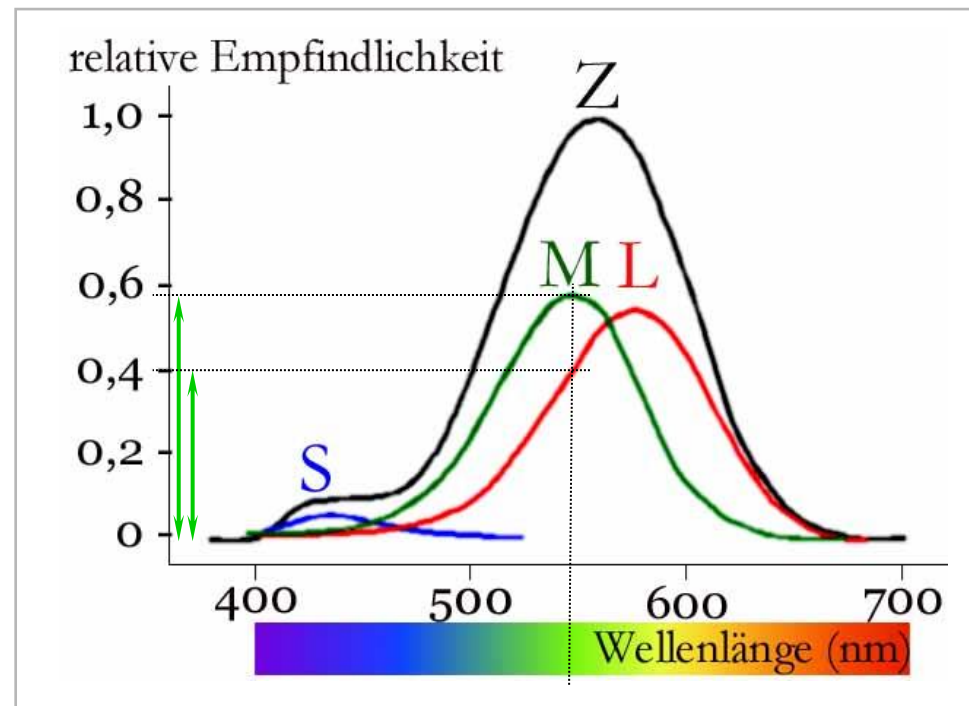
# Licht und Mensch - Nachtsehen

## Stäbchen – hohe Empfindlichkeit bei breiter spektraler Ansprechbarkeit



# Licht und Mensch – Tagsehen (Farbe)

- Trichromat mit drei Typen von Zäpfchen: S (blau), M (grün), L (rot)
- Jede Wellenlänge des sichtbaren Spektrums erzeugt Signal in mindestens zwei Rezeptoren
- Farbeindruck entsteht aus dem Verhältnis der Impulse (Datenverarbeitung im Gehirn)





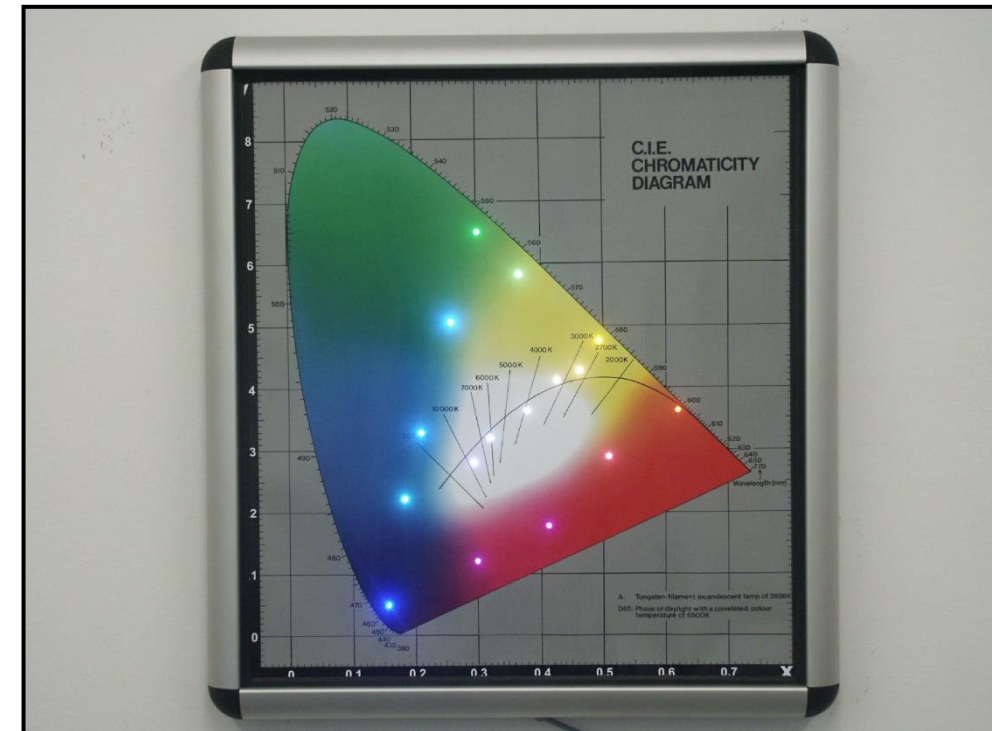
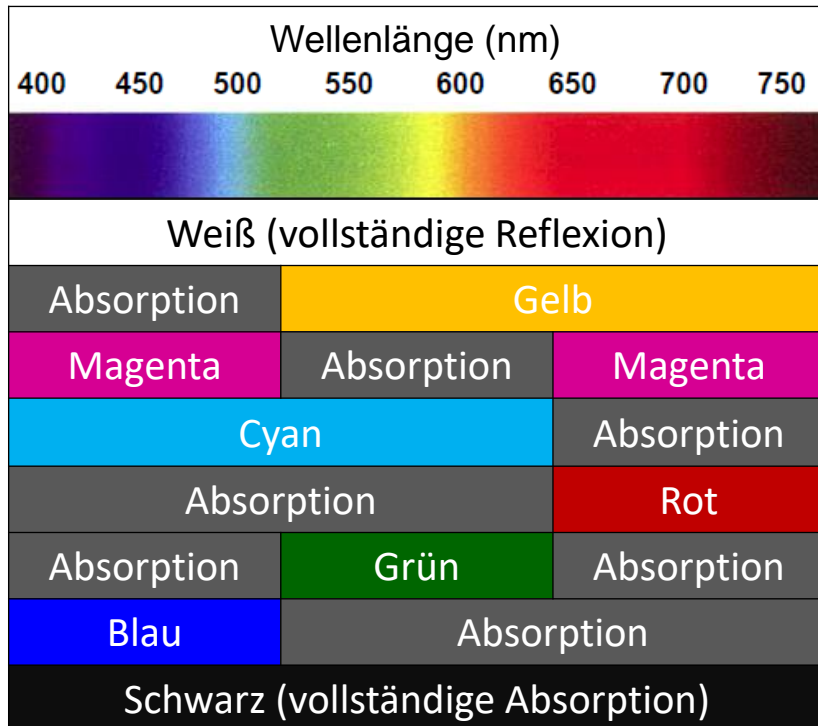
# Licht und Mensch – Farbsehen

**Kurzfassung: Nur Licht im Auge bestimmt den wahrgenommenen Farbeindruck**

→ **Zwei Konsequenzen:**

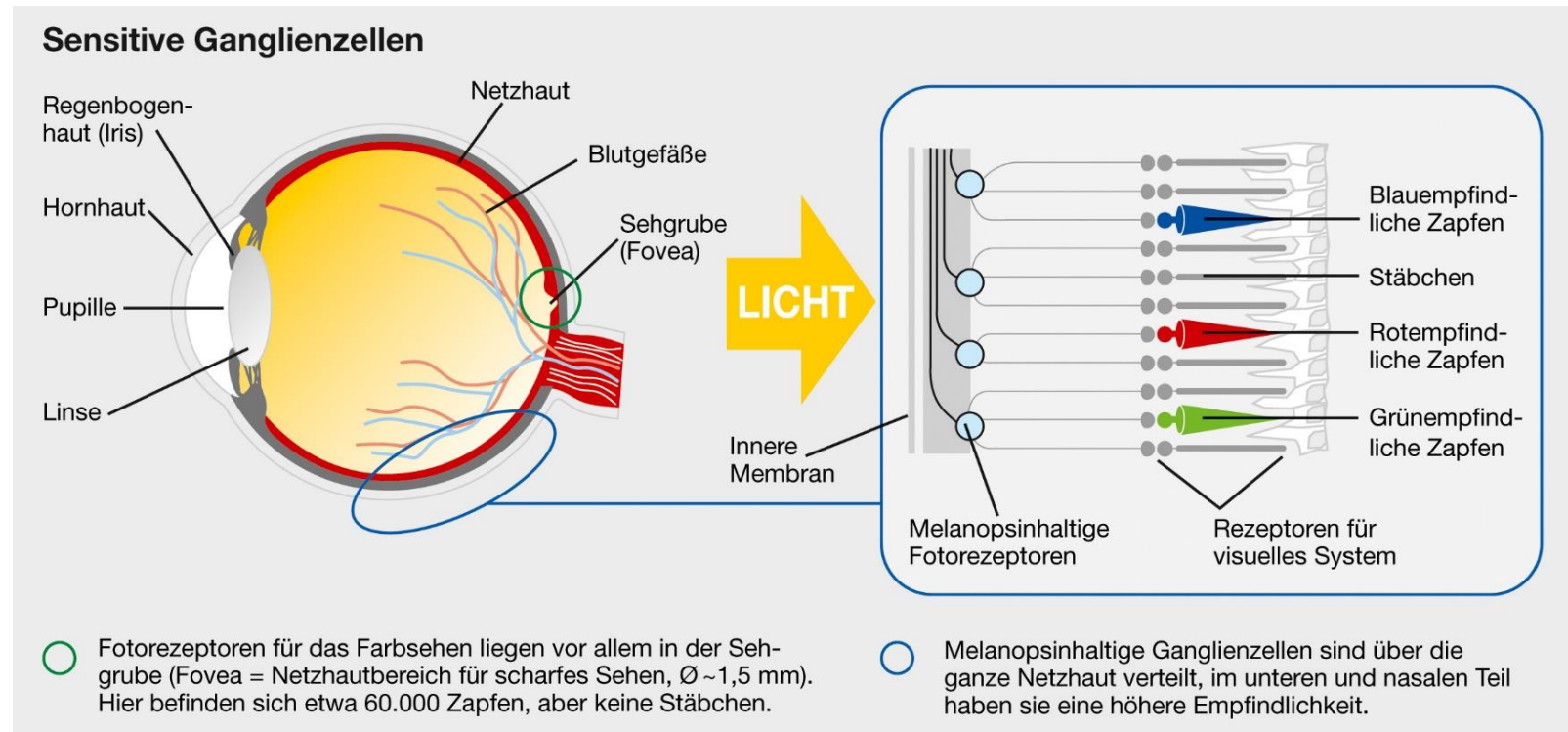
**Beleuchtung: Vollspektrumlampen**

**Bildschirme: Großer Farbraum!**



# Licht und Mensch – Umgebungshelligkeit

- Photosensitive Ganglienzellen machen nur 1 bis 3% der Ganglienzellen der Netzhaut aus (Großteil der Ganglienzellen ist nicht lichtempfindlich)
- Nicht am Sehen beteiligt, da langsame Reaktion
- Wahrnehmung der Umgebungshelligkeit
- Höchste Empfindlichkeit bei 480 nm (blau)



[https://de.wikipedia.org/wiki/Fotosensitive\\_Ganglienzelle](https://de.wikipedia.org/wiki/Fotosensitive_Ganglienzelle)

# Licht und Mensch – Umgebungshelligkeit

- **Erste Beschreibung der photosensitiven Ganglienzellen [1] 1991 für Mäuse, Identifikation des Photopigments Melanopsin [2] erst 2007**
- **Drei Hauptfunktionen:**
  - **Synchronisation der zirkadianen Rhythmik (körpereigener Tag-Nacht-Rhythmus) mit 24-stündigem Hell-Dunkel-Zyklus (direkte Verbindung zum Taktgeber im Hypothalamus)**
  - **Steuerung des Pupillenlichtreflexes und der Anpassung der Pupillenweite an die Lichtverhältnisse**
  - **Regelung der photonischen Suppression der Ausschüttung von Melatonin aus der Zirbeldrüse**

Literatur:

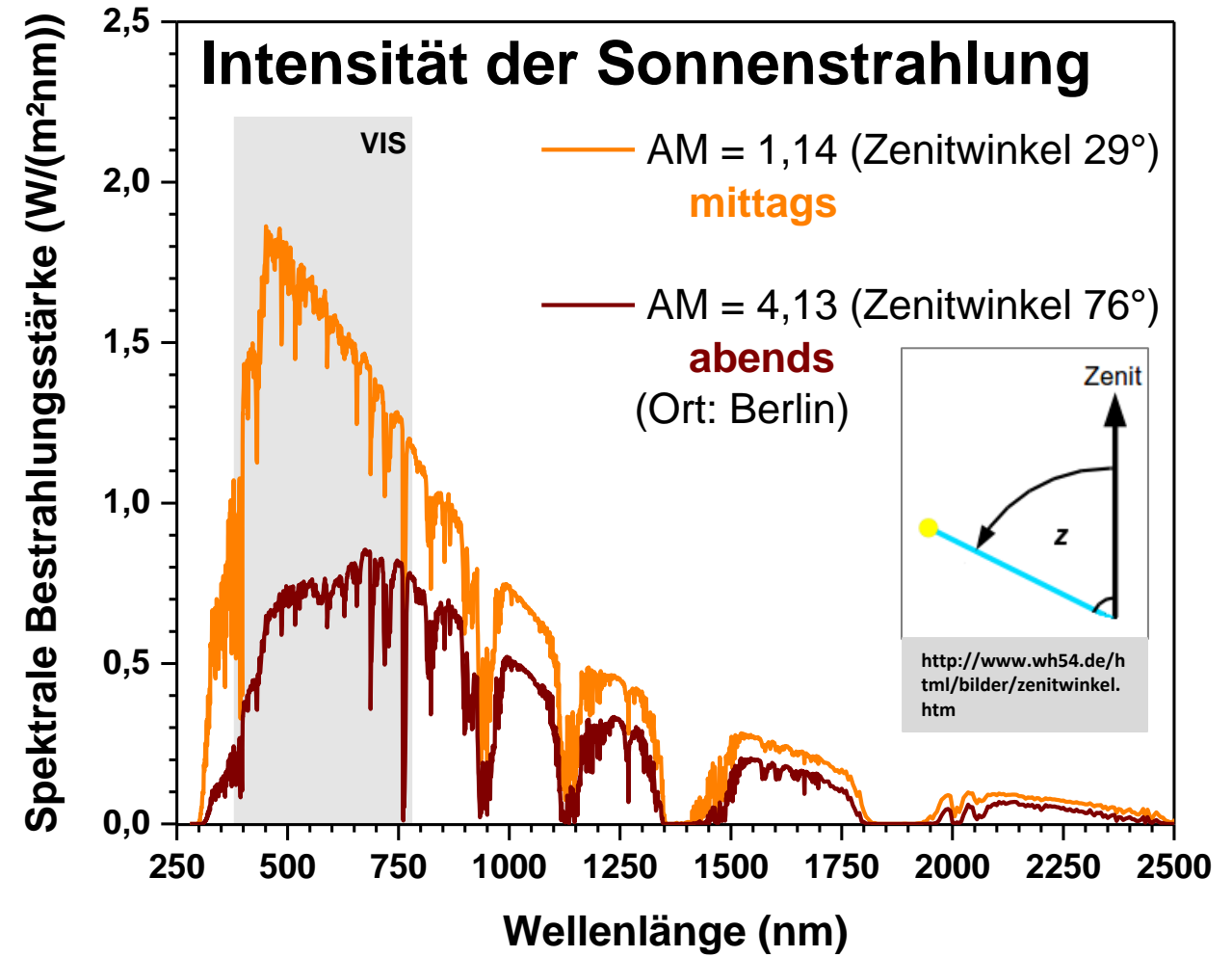
[1] doi:10.1007/BF00198171

[2] doi:10.1562/2006-07-11-RA-964

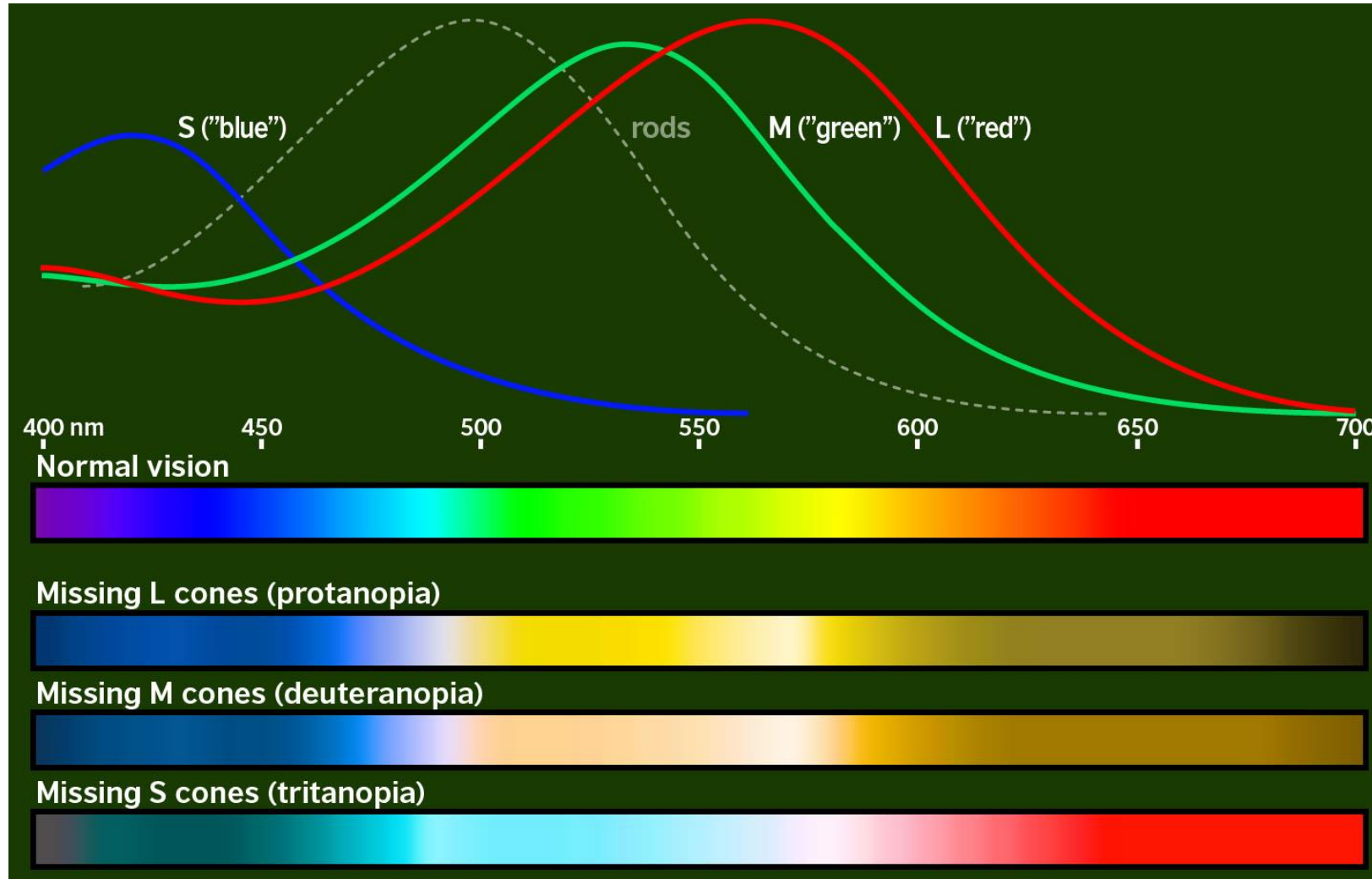
# Licht und Mensch – Umgebungshelligkeit

## Abnehmender kurzwelliger Anteil bei tiefstehender Sonne

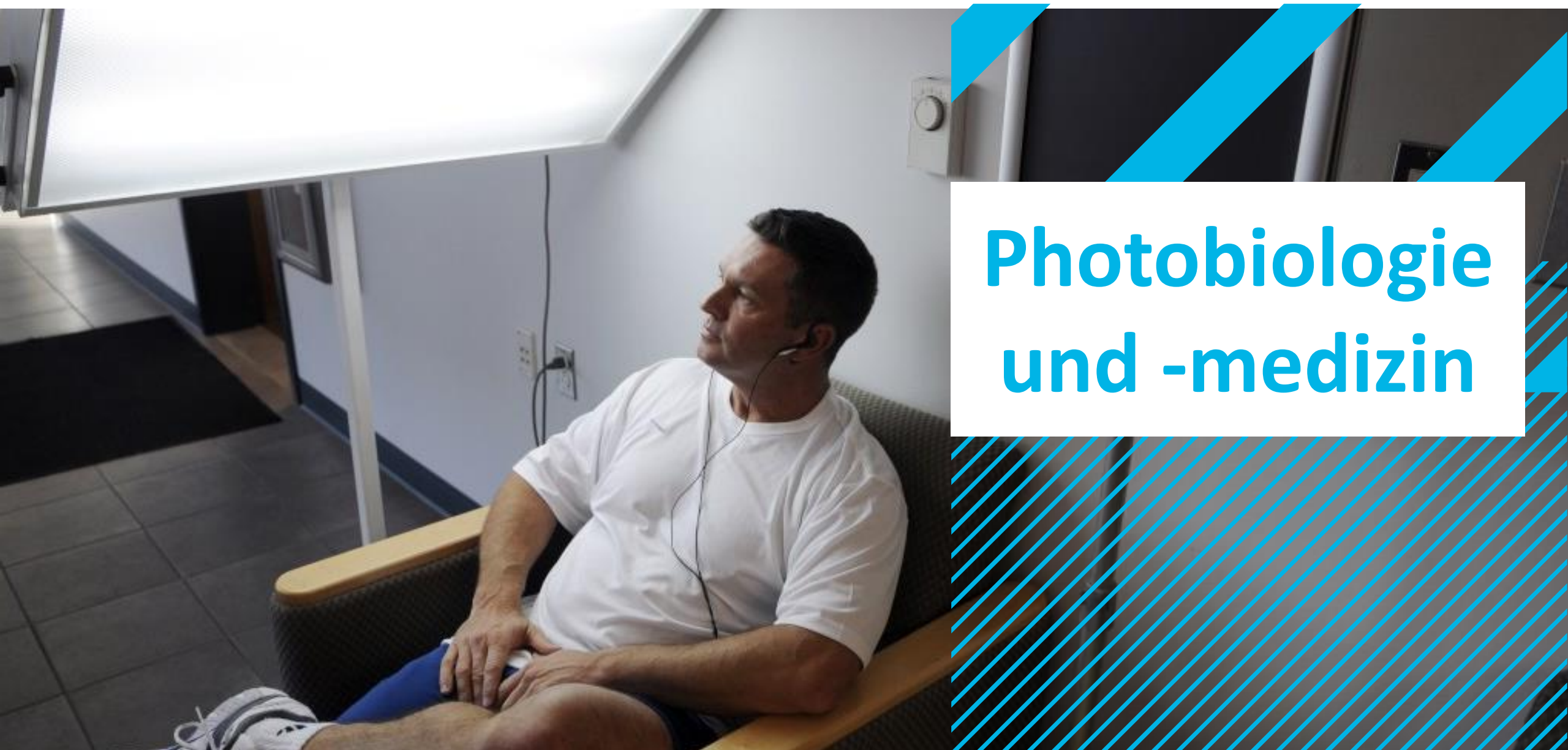
- Suppression der Melatonin-ausschüttung an blaues Licht gekoppelt
- Bei spektraler Änderung hin zu geringem Blauanteil wird das Schlafhormon Melatonin ausgeschüttet



# Licht und Mensch - Fehlsichtigkeit



[http://www.scifun.ed.ac.uk/pages/about\\_us/shows/cb/cb-spectra-bars.jpg](http://www.scifun.ed.ac.uk/pages/about_us/shows/cb/cb-spectra-bars.jpg)



# Photobiologie und -medizin

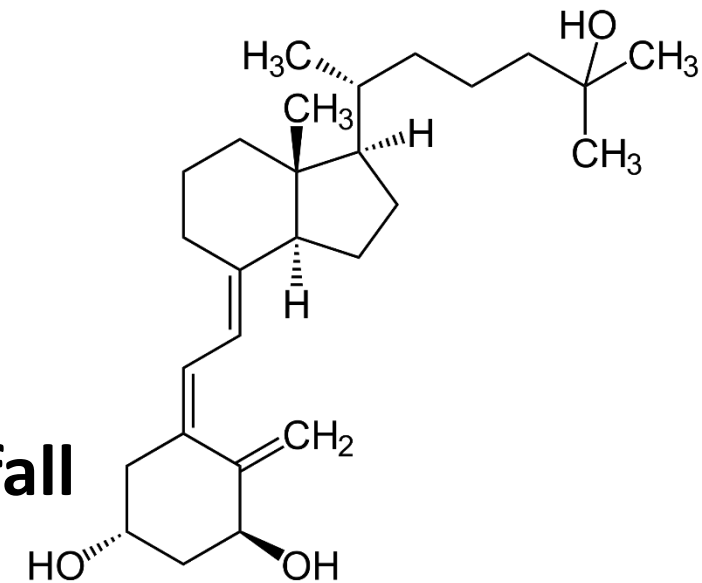
# Wirkorte von Licht

- Auge
- Haut
  - Eindringtiefe hängt von Wellenlänge ab (Rot und IR-A: 4 bis 5 mm)
  - Wirkung durch Wellenlänge bestimmt

UV-C	UV-B	UV-A	Blau	Rot / IR-A
+ Reduktion der Keimzahl - <b>Erbgutschäden</b>	+ Bildung von Vitamin D + Bildung von Melanosomen (Bräunung) - <b>Sonnenbrand</b>	+ Melaninoxidation (Bräunung) - <b>Sonnenallergie</b>	+ Bilirubinabbau + NO-Bildung (Schmerztherapie) + Photodynamische Therapie + Wundheilung, Entzündungshemmung - <b>Bildung freier Radikale</b>	+ Gefäßerweiterung verbessert Stoffwechsel + Wärmebehandlung - <b>Überhitzung</b>

# Bildung und Funktion von Vitamin D

- UV-B-Strahlung initiiert photochemische Reaktion in der Haut: 7-Dehydrocholesterol wird zum Prävitamin D<sub>3</sub> umgesetzt
- In weiteren Schritten dann Umsetzung zum physiologisch aktiven Calcitriol (auch 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>)
- Calcitriol wirkt
  - Osteoporose entgegen
  - das Immunsystem modulierend
  - protektiv gegen Krebserkrankungen
  - gegen Schuppenflechte und kreisrunden Haarausfall
  - fördernd auf die Mobilität von Spermien





# Bildung von Vitamin D - Sommer

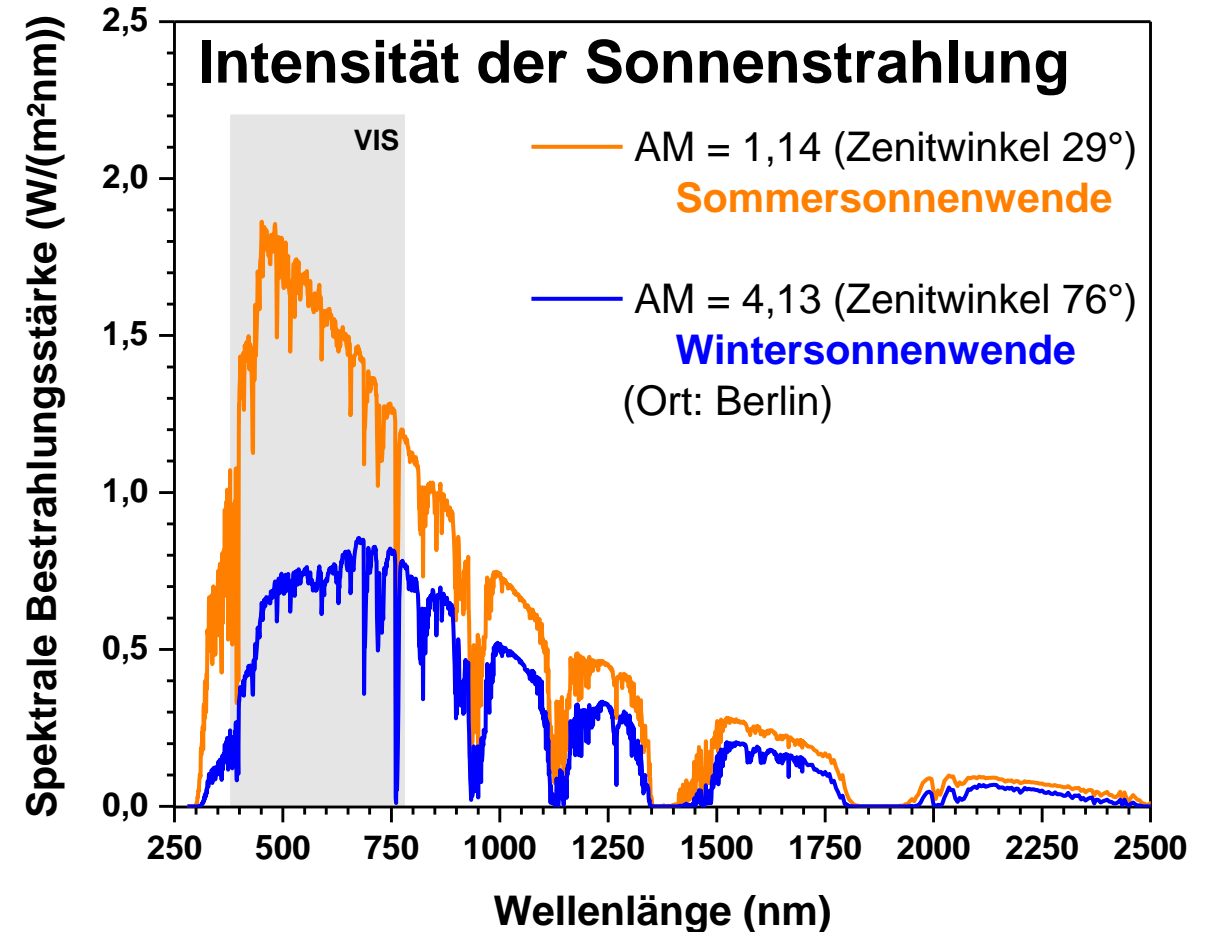
- Faustregel: Sonnenhöhe von mindestens 45° bei klarem Himmel nötig
- Nur den Mittagsstunden der Sommermonate erreicht (April - September)
- Notwendige Expositionsdauer unter folgenden Bedingungen

- Mittagszeit
- Sonniges Wetter
- Liegend
- Arme und Beine  
unbekleidet
- Ohne Sonnenschutzmittel
- Mangelvermeidung,  
nicht Optimum

Hauttyp	Hochsommer (Juni-August)	Frühling / Herbst (April / September)
1 (blass, rothaarig)	5 bis 10 min	10 bis 20 min
2 (nordeuropäisch)	10 bis 15 min	10 bis 25 min
3 (mitteleuropäisch)	15 bis 20 min	20 bis 30 min
4 (südeuropäisch)	10 bis 20 min	30 bis 40 min
5 (nordafrikanisch)	30 bis 40 min	40 bis 60 min
6 (zentralafrikanisch)	30 bis 40 min	40 bis 60 min

# Bildung von Vitamin D - Winter

- Abnehmender kurzwelliger Anteil bei tiefstehender Sonne in den Wintermonaten
- Fehlendes UV-B hemmt Umsetzung von 7-Dehydrocholesterol zu Vitamin D<sub>3</sub> als Vorstufe des aktiven Calcitriol
- Abhilfe: Urlaub in der Sonne (Speicherung für mehrere Wochen), Ernährung, Solarium



# Blaulicht-Therapie

## Behandlung von

- Akne
- Neurodermitis
- Gelbsucht
- Schmerzen
- .....

**Wirkungsoptimum für Hautkrankheiten  
bei 415 nm (blauviolett)**



**Spektral optimierte  
Fluoreszenzlampen  
mit  $\alpha\text{-Ba}_3\text{Y}(\text{BO}_3)_3\text{:Eu}$**

# Blaulicht-Therapie

## Behandlung der Gelbsucht mit blauem Licht

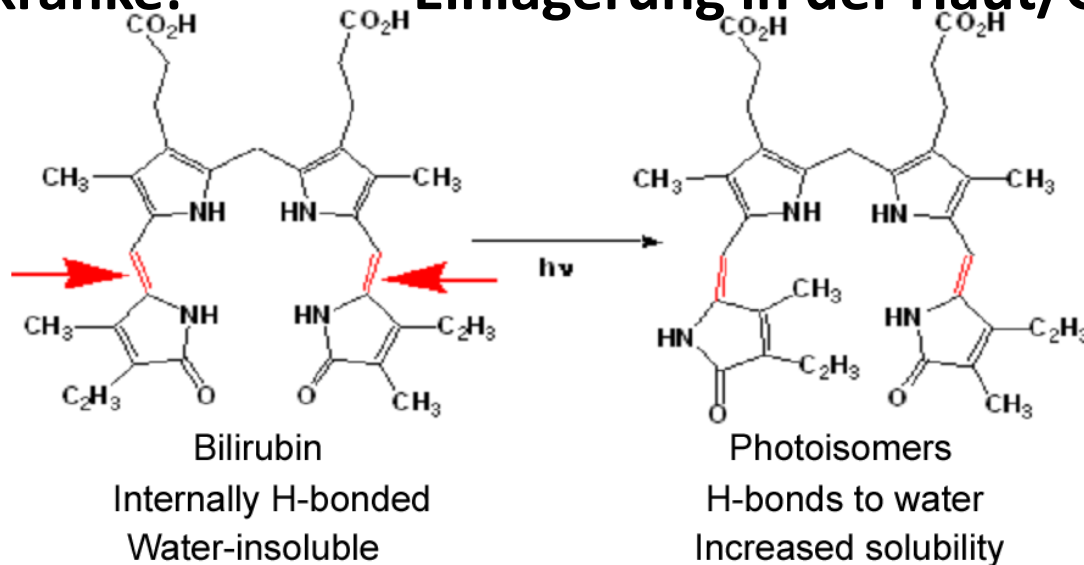
Das gelbe Bilirubin ist ein Abbauprodukt  
des Hämoglobinstoffwechsels

Gesunde:

Abbau in Leber + Ausscheidung

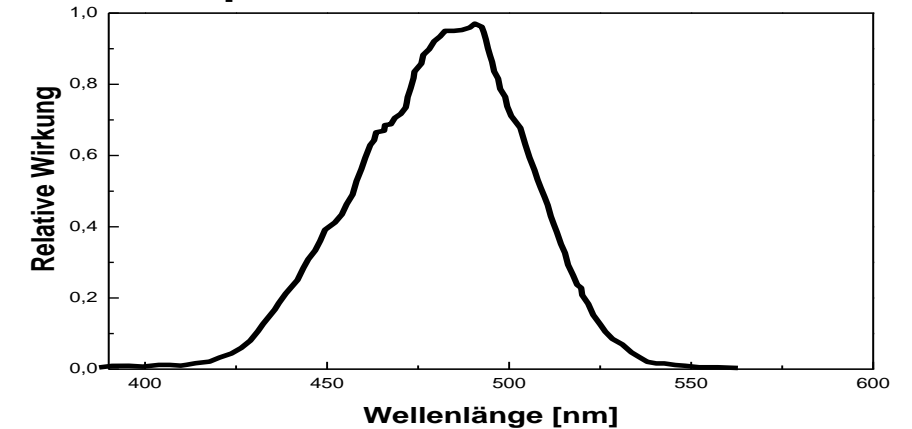
Leberkranke:

Einlagerung in der Haut/Gehirn

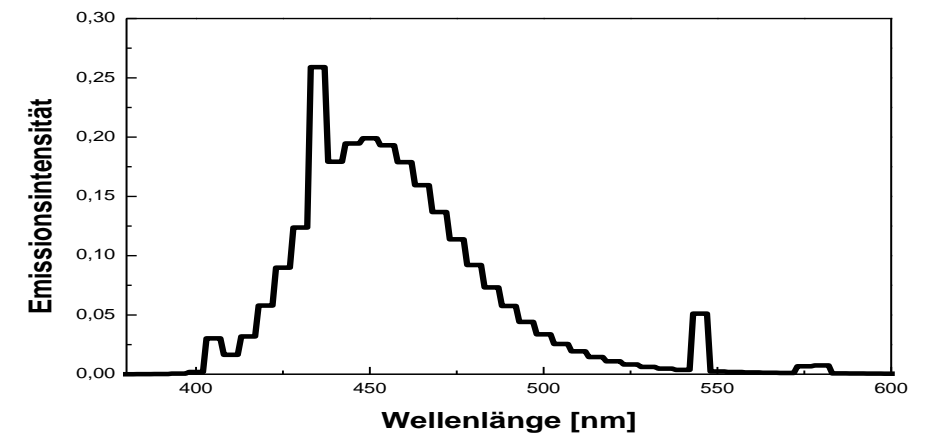


**Bilirubin (wasserunlöslich) → Lumirubin (wasserlöslich)**

Aktionsspektrum des Bilirubinabbaus



Emissionsspektrum einer „Bilirubinlampe“



# Blaulicht-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



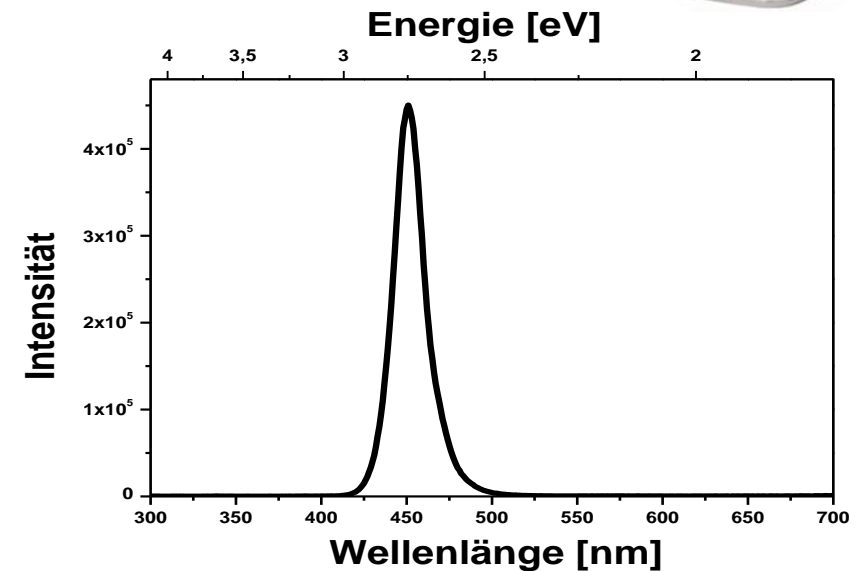
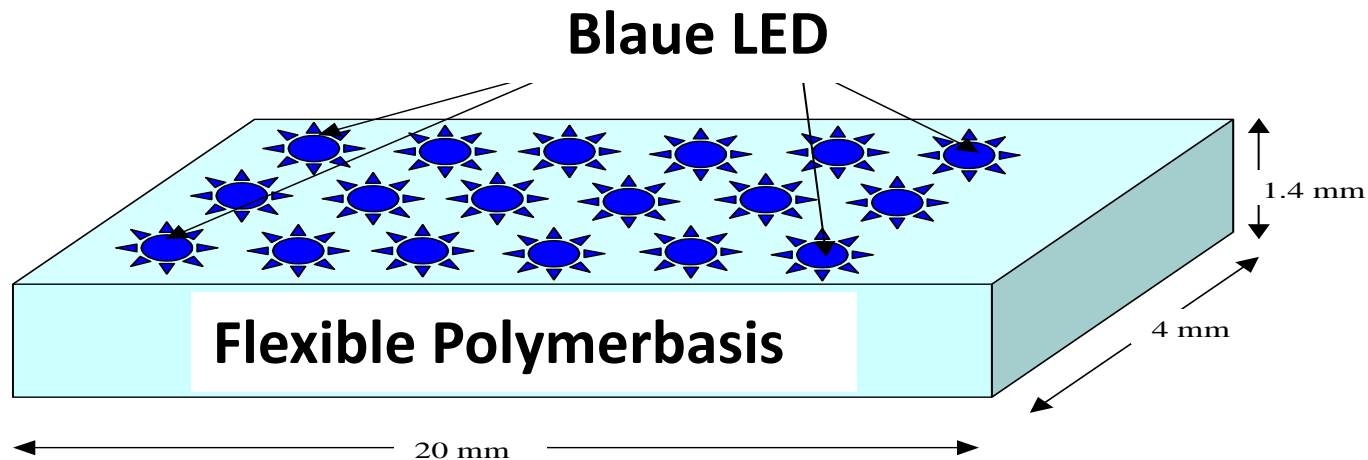
Philips Lampen F20T12/BB bzw. F40/BB



# Blaulicht-Therapie

## Schmerztherapie mit blauem Licht

→ Photochemische Bildung des Neurotransmitters Stickstoffmonoxid NO



A scenic landscape photograph showing a wide, shallow lake or reservoir in the middle ground, surrounded by green trees and rolling hills. The foreground is a dry, golden-brown field. The sky is blue with scattered white clouds. The right side of the image is overlaid with a white rectangular box containing the word 'Fazit' and a blue diagonal striped pattern.

# Fazit

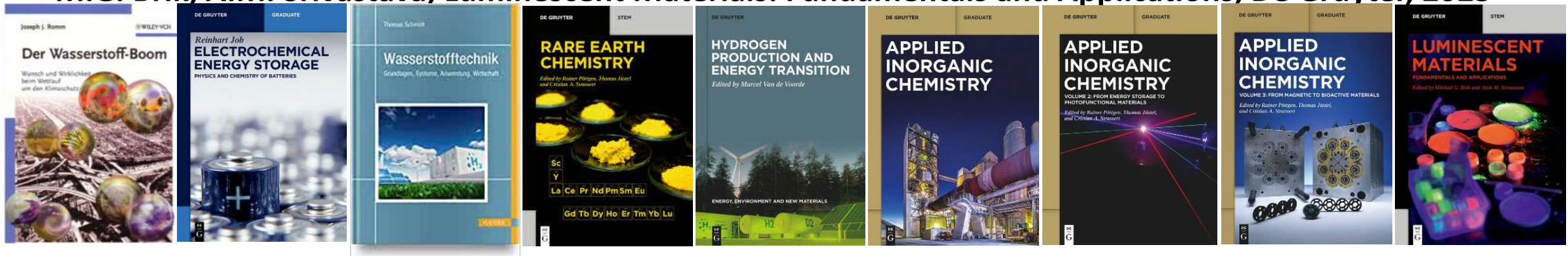
# Fazit

- **Entwicklungen in der Lichttechnik zunächst getrieben von Energieeffizienz, Lebensdauer und Kosten**
- **Entwicklung besserer künstlicher Lichtquellen wird durch das Verständnis chemischer Prozesse und neuer Materialien ermöglicht**
- **Komplexes Zusammenspiel von Licht und Organismen mit hoher Adaptation an natürliche Gegebenheiten**
- **Physiologische Konsequenzen für Mensch und Tier durch künstliche Beleuchtung erst in Ansätzen verstanden**
- **„Human Centric Lighting (HCL)“: Biologisch wirksame Beleuchtung unter Berücksichtigung der visuellen, emotionalen & physiologischen Wirkungen**



# 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)
- R. Pöttgen, T. Jüstel, C. Strassert, Rare Earth Chemistry, De Gruyter, 2020
- M van der Voorde, Hydrogen Production and Energy Transition, De Gruyter, 2021
- R. Job, Electrochemical Energy Storage, De Gruyter, 2020
- R. Pöttgen, T. Jüstel, C. Strassert, Applied Inorganic Chemistry, De Gruyter, 2022
- T. Schmidt, Wasserstofftechnik, Hanser, 2. Auflage, 2022
- M.G. Brik, A.M. Srivastava, Luminescent Materials: Fundamentals and Applications, De Gruyter, 2023





# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

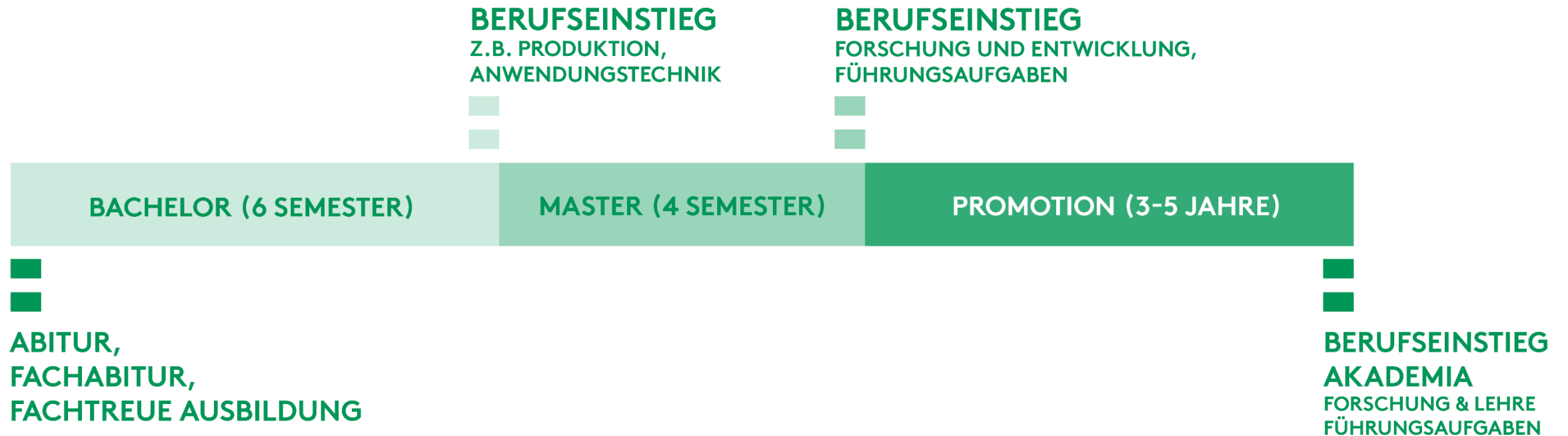


**Nebrascascheibe, 2024 n. Chr.  
durch 3D Druck mit Afterglow-  
Leuchtstoff auf PLA-Basis**

# STUDIERN AM TECHNOLOGIE- CAMPUS STEINFURT



## STUDIUM BACHELOR + MASTER







# STUDENTISCHES LEBEN AM TECHNOLOGIE-CAMPUS STEINFURT

## VORLESUNGEN UND ÜBUNGEN

**Moderne Hörsäle mit Streaming-Technik**  
**Präsenz- und Online-Lehre**  
**Kleine Übungsgruppen & enger Kontakt zur Professorenschaft**

## PRAKTIKA

**Analytische, chemische und technische Labore**  
**Campus-Cluster**  
**Laserzentrum**  
**Maker Space**

## TUTORIEN + MENTOREN

**Studierende „höherer Semester“ helfen den Studierenden im ersten und zweiten Semester**  
**Möglichkeit, um nebenbei Geld zu verdienen**



# STUDENTISCHES LEBEN AM TECHNOLOGIE-CAMPUS STEINFURT

## BIBLIOTHEK

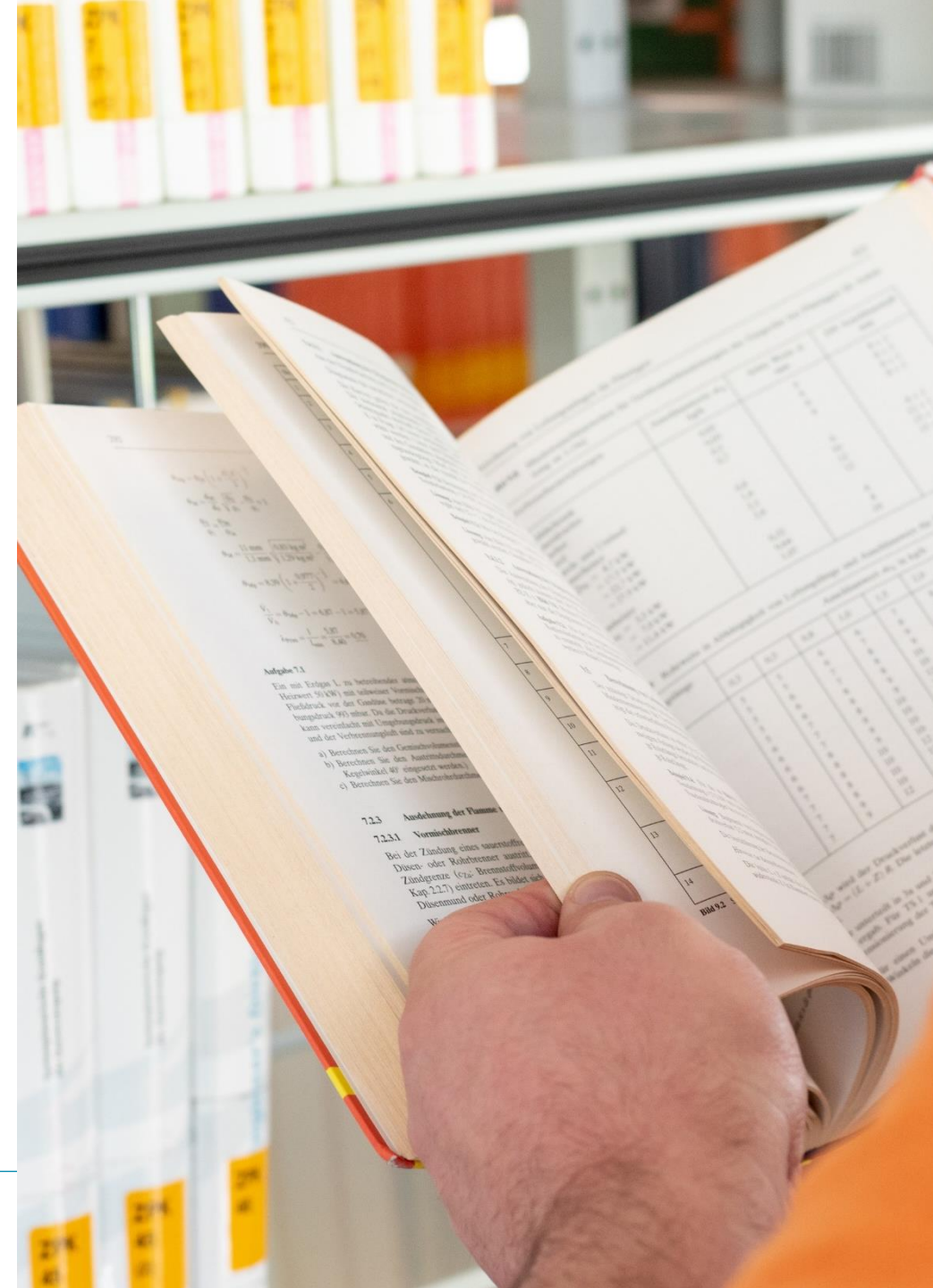
Unzählige Fachbücher  
Zugang zu elektronischen Ressourcen  
(Fachzeitschriften, Datenbanken)  
Schulungen

## MENSA

Treffpunkt mit Snacks, Getränken und Mittagessen  
Außenterrasse

## FACHSCHAFT / ASTA

Veranstaltungen, Kiosk, Beratung  
Freizeitgestaltung, Gemeinschaftsprojekte  
Student House mit Sportmöglichkeiten







FH MÜNSTER  
University of Applied Sciences

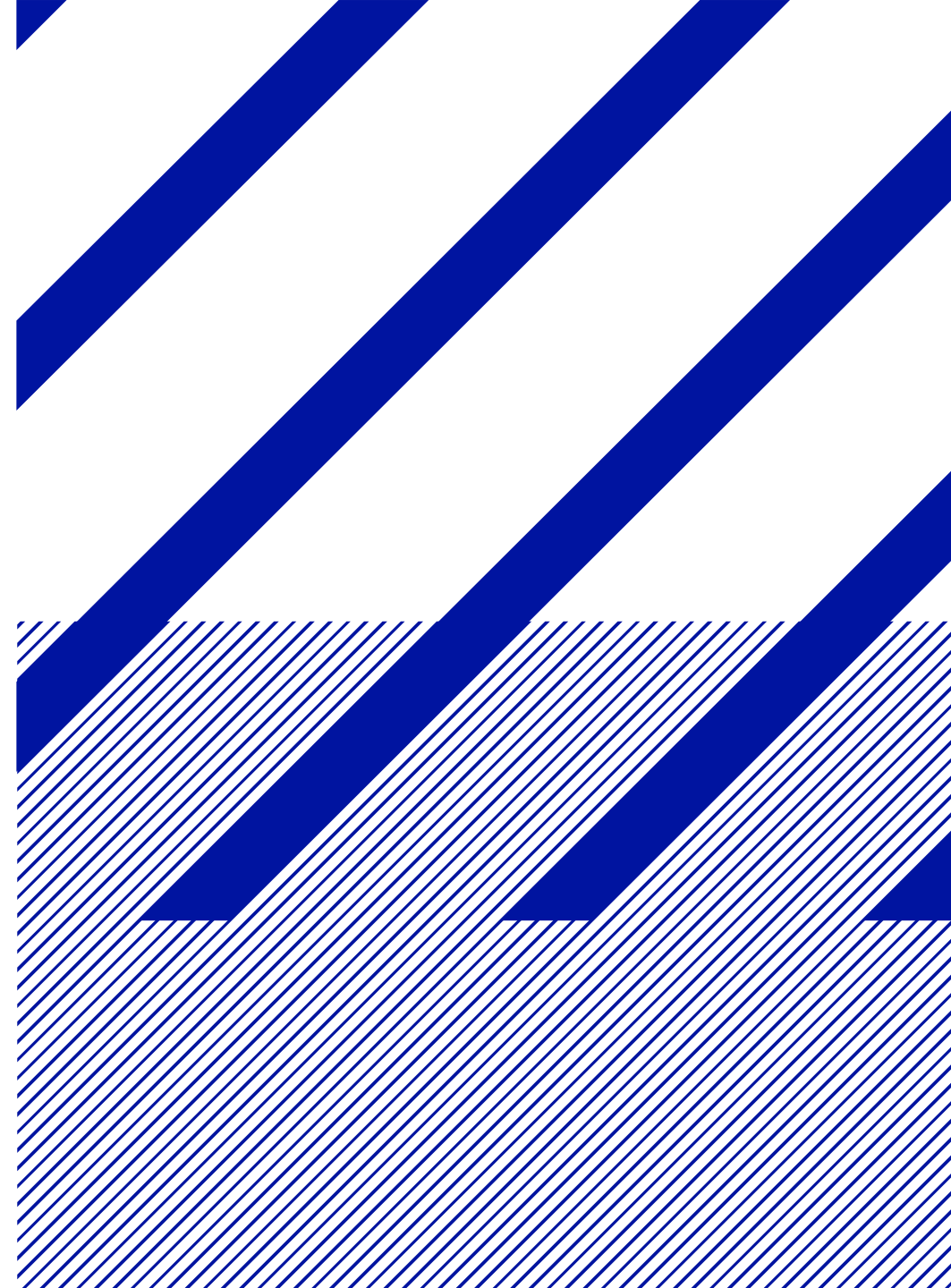
CIW

FB Chemieingenieurwesen  
Department of Chemical Engineering

# **Orientierungsstudium**

## **am Technologie-Campus Steinfurt**

**Ab Oktober 2024 (Wintersemester 2024/25)**



# Orientierungsstudium

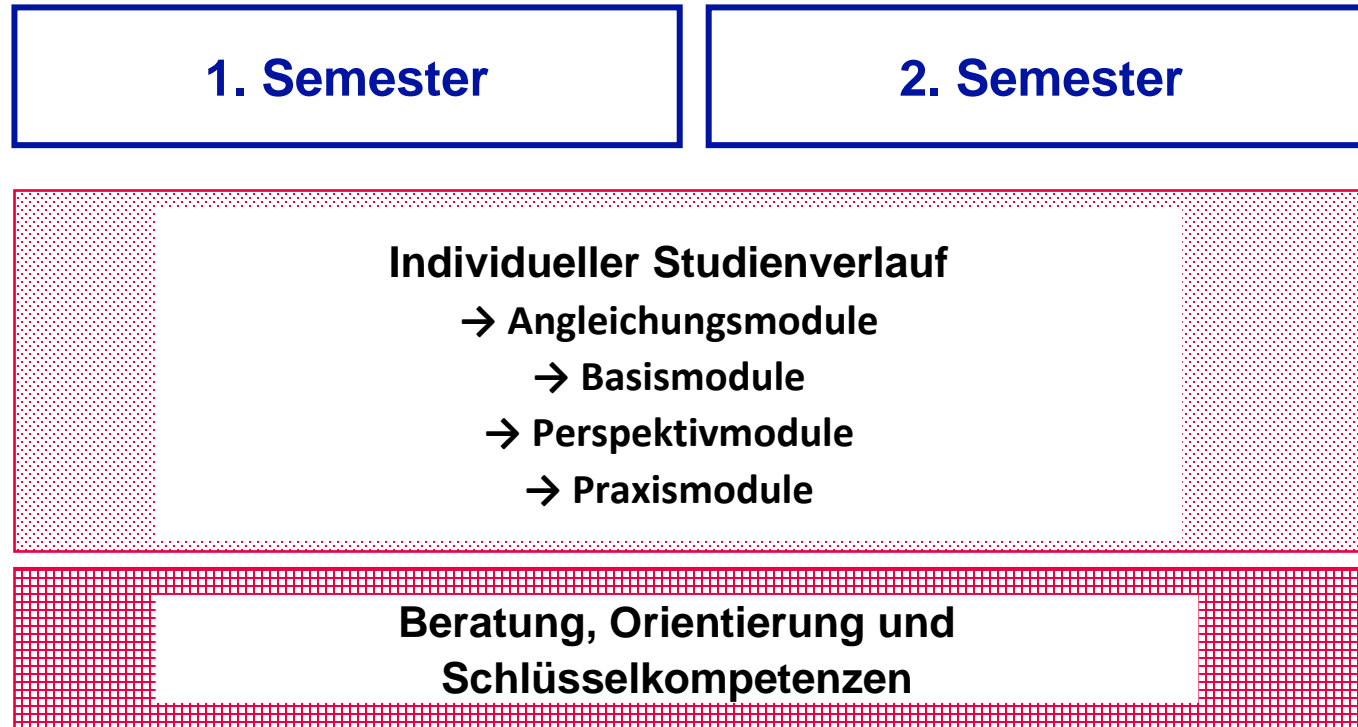
am Technologie-Campus Steinfurt

## **Das Orientierungsstudium bietet fachliche Orientierung für angehende Studierende !**

- **Erste Einblicke in die verschiedenen Studiengänge in Steinfurt**
- **Fachübergreifendes Grundlagenwissen ausbauen und vertiefen**
- **Mehr Zeit zur Studienentscheidung**
- **Realistische Einblicke ins Berufsleben**
- **Schlüsselkompetenzen**

# Orientierungsstudium

am Technologie-Campus Steinfurt



# Orientierungsstudium

am Technologie-Campus Steinfurt

**Informationen zum Orientierungsstudium finden Sie auf unsere Webseite:**



**Auf dieser Seite können Sie sich in die Interessiertenliste eintragen.  
Frau Stefanie Schäfer wird Sie zeitnah über die Details zum Studium informieren.**