

Biologische Wirkungen des Lichtes.

Zahnmedizinische Anwendungen.

Dr. Balázs Kiss

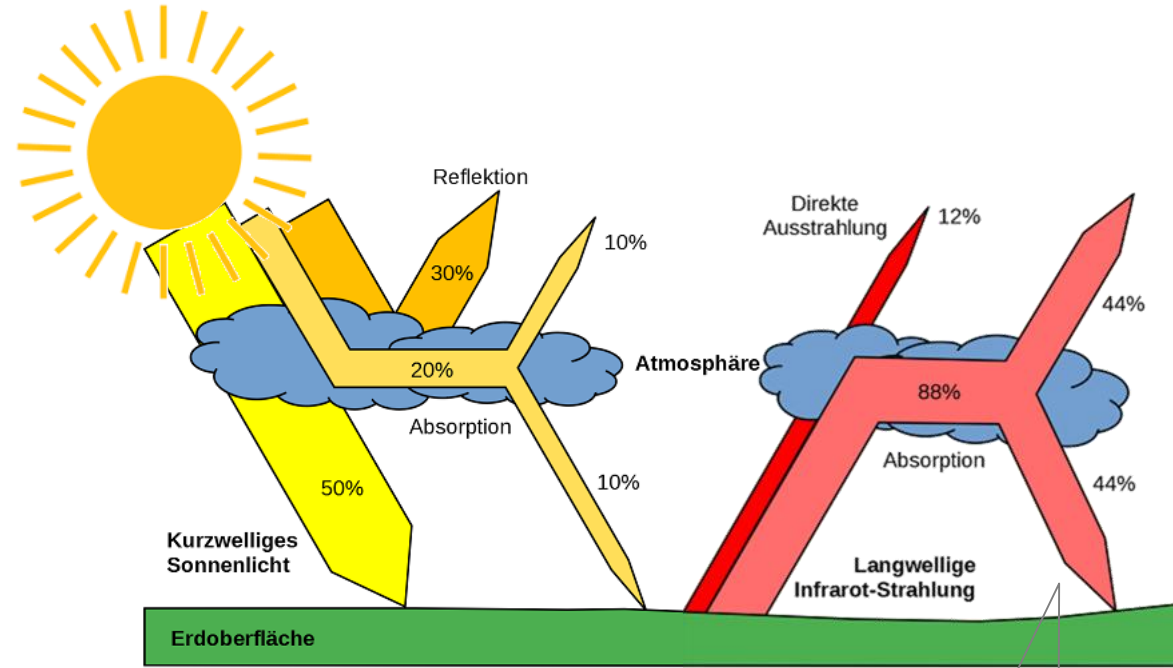
Myofilament-Mechanobiophysik Forschungsgruppe,
Institut für Biophysik und Strahlenbiologie.

11. November 2025.

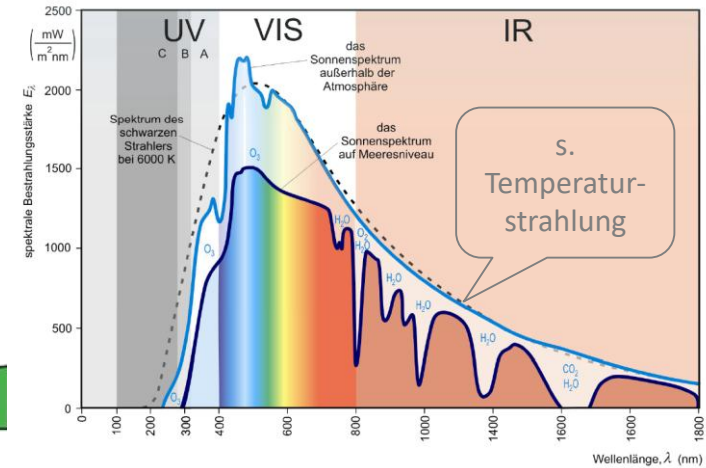


SEMMELWEIS
UNIVERSITY 1769

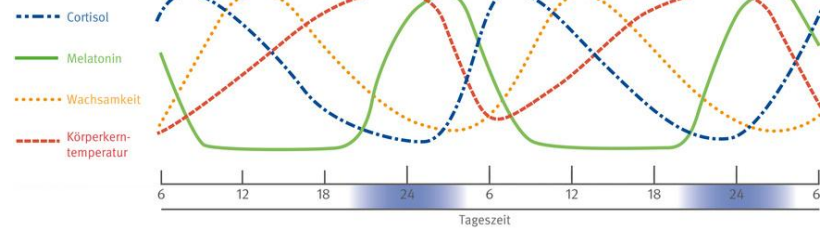
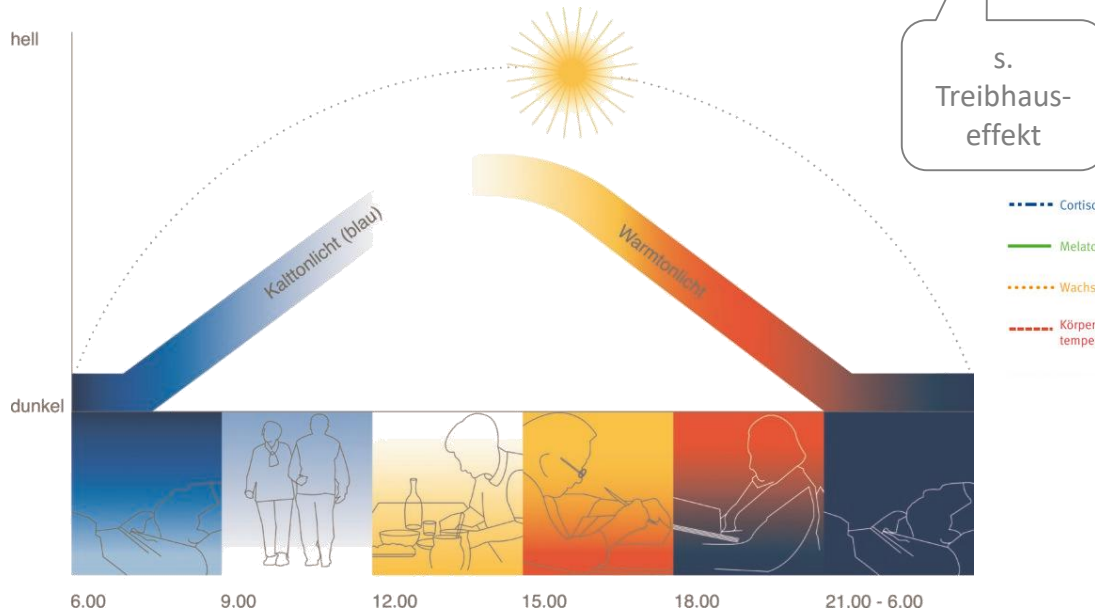
Natürliche Lichtquelle: die Sonne



Auf die Erdoberfläche einfallendes Sonnenspektrum



- Ozon (O_3): kurzwellige Herausfilterung
- H_2O : langwellige Herausfilterung



Wirkung ist abhängig von:

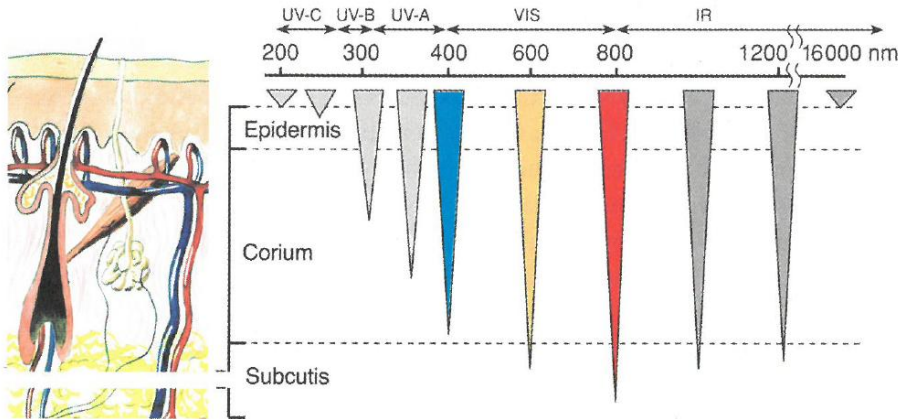
- Wellenlänge (λ)
- Intensität (J)
- Expositionszeit (t)

Zielorgane des Sonnenlichtes

Haut

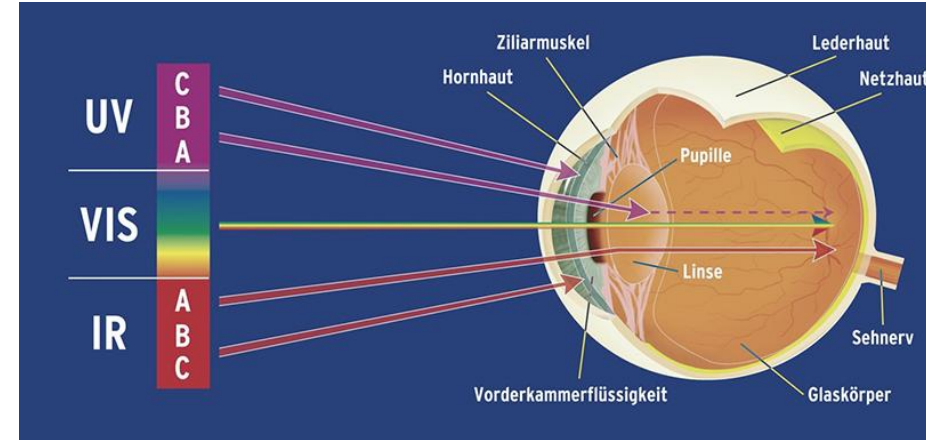
Die Eindringtiefe hängt von der Wellenlänge ab:

- Absorption: $\alpha(\lambda)$
- Reflexion: $\rho(\lambda)$



Maximale Eindringtiefe: **rotes** Licht

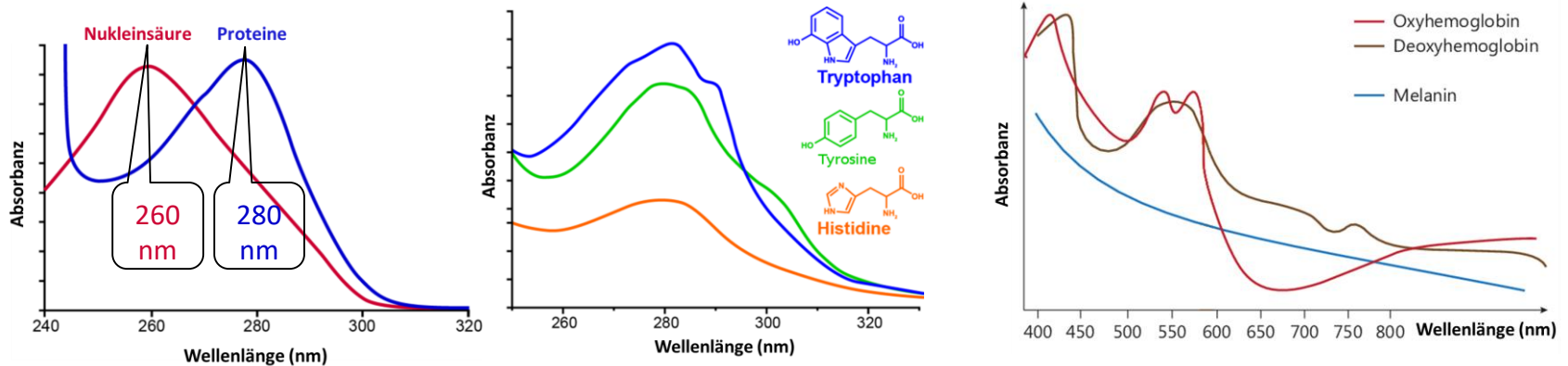
Auge



Maximale Eindringtiefe: **sichtbares** Licht („VIS“)

Welche Moleküle absorbieren das Licht? Die Chromophoren.

Endogene Chromophoren: Nukleinsäuren, Proteine, Melanin, Opsin, Hämoglobin, ...



Photobiophysik

Photophysischer Prozess → Photochemische Reaktion → Photobiologische Wirkung

Photophysischer Prozess

- Lichtabsorption**

$10^{-17} - 10^{-12} \text{ s}$

Angeregter Zustand

Lumineszenz

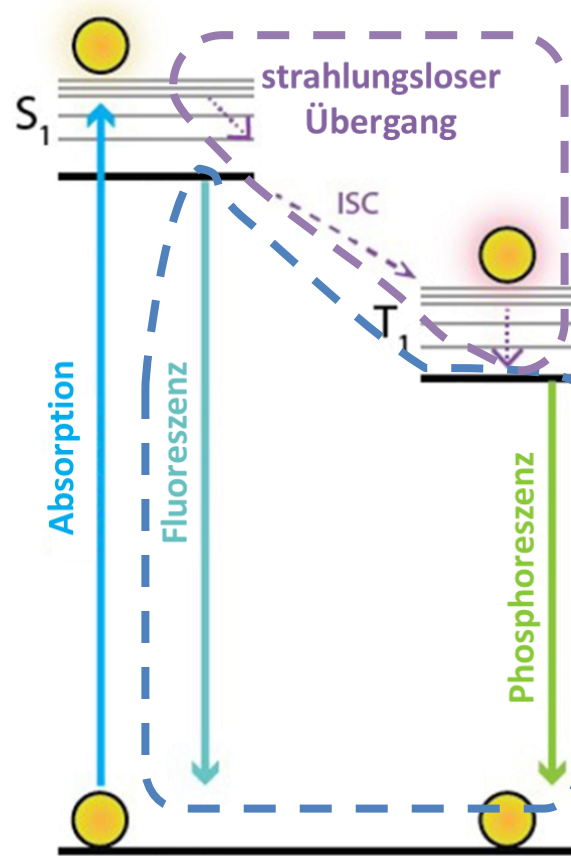
- Fluoreszenz
- Phosphoreszenz

strahlungs- loser Übergang

(„thermischer
Übergang“)

photo- chemische Reaktion

Energie



direkte photochemische Reaktion

Singulett-
Sauerstoff



Triplett-
Sauerstoff



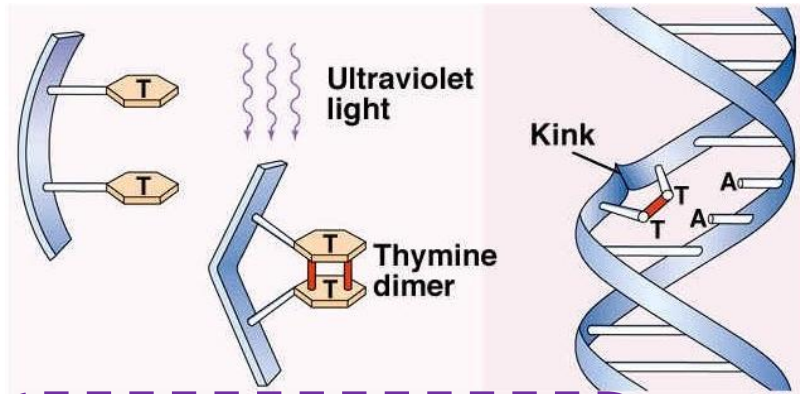
indirekte photochemische Reaktion

Quantenausbeute, Φ [%]: Wahrscheinlichkeit der einzelnen Prozesse: Reziprok der Anzahl der zum Prozess benötigte absorbierten Photonen. $\sum \Phi = 1$

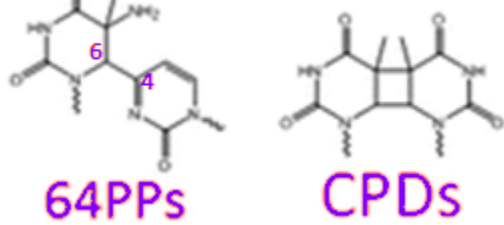
Photochemische Reaktionen

Direkt

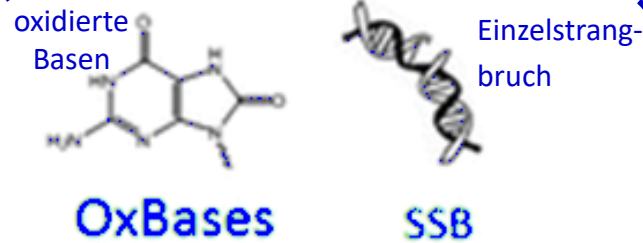
Entstehung von kovalenten Bindungen, z. B. DNS-Schäden



6-4 Photoprodukt Zylobutan-Pyrimidin-Dimer



UVB,
UVC

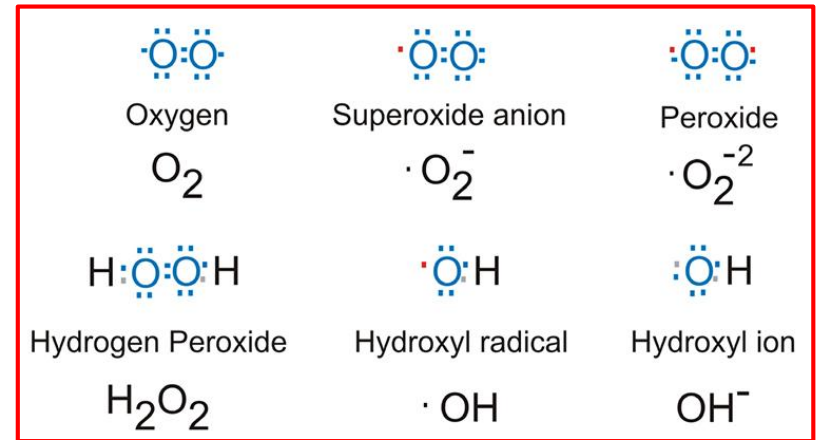


UVA

Indirekt

Entstehung von freien Radikalen

- durch die Übergabe von Elektronen
- durch die Übermittlung von Energie



**Oxidative Schädigung
der Makromoleküle**

- Zellmembran
- Golgi-Apparat
- Nukleus
- Mitochondrium
- Endosomen/Lysosomen

Physikalische Größen

Bestrahlungsstärke, E:

$$E = \frac{\Delta P}{\Delta A}$$

- auf eine Flächeneinheit des bestrahlten Körpers einfallende Leistung [W/m²]

spektrale Bestrahlungsstärke, E_λ:

$$E_{\lambda} = \frac{\Delta E}{\Delta \lambda}$$

Maßeinheit: W/(m² · nm)

physikalische Dosis, D:

$$D = E \cdot t$$

- auf die Flächeneinheit des Körpers fallende Energie [J/m²]

Empfindlichkeit, S:

o. Wirkungsquerschnitt

$$S = \frac{1}{D_{min}}$$

- der Reziprok der minimalen physikalischen Dosis, welche die gegebene biologische Wirkung gerade auslöst [m²/J]

biologisch wirksame Dosis, H:

$$H = S \cdot D = S \cdot E \cdot t$$

minimale Erythemdosis

(Minimal Erythema Dose): MED

- die minimale physikalische Dosis, die gerade eine Rötung der Haut verursacht

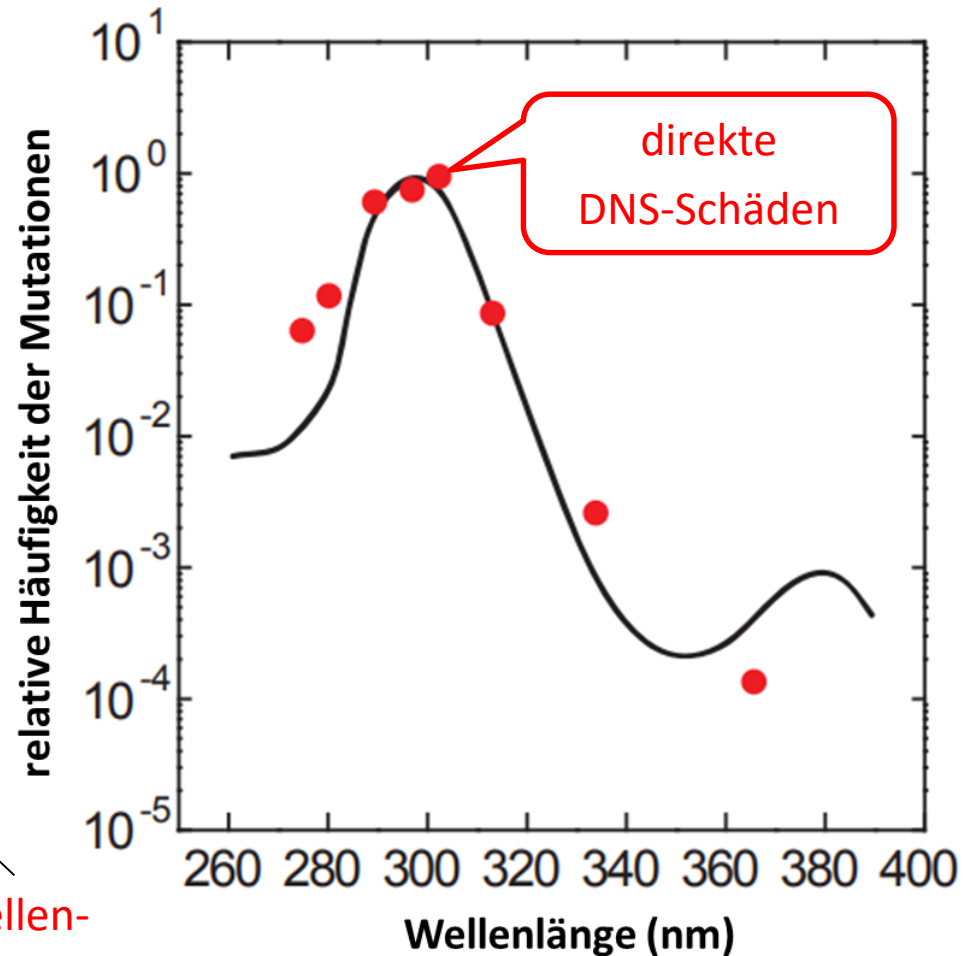


Wellenlängeabhängigkeit: Wirkungsspektrum

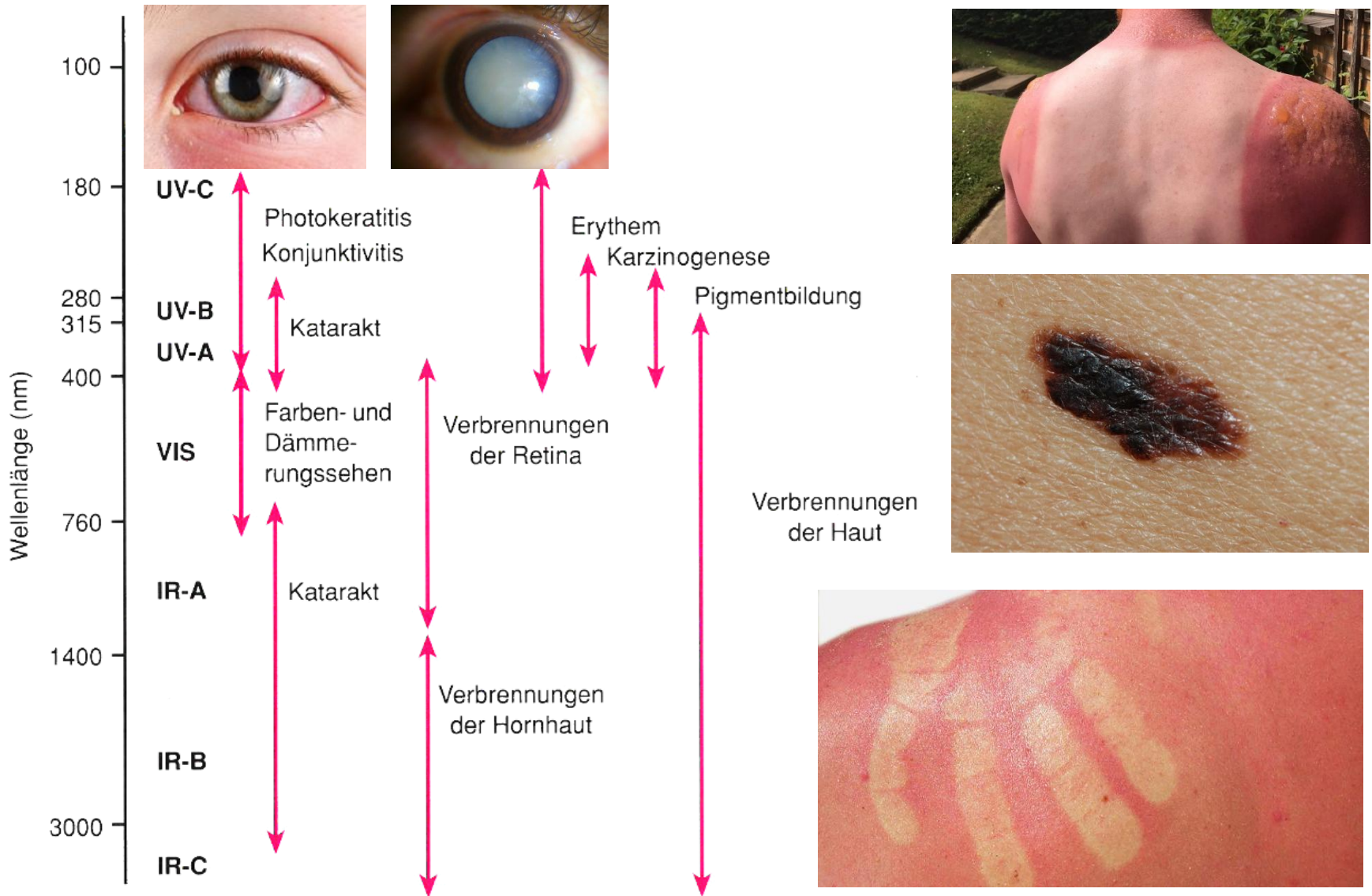
- Die biologische **Wirkung ist von der Wellenlänge abhängig**
- Beispiel: die im DNS absorbierten Photonen sind höchstwahrscheinlich verantwortlich für die biologische Wirkung (z. B. Hautkarzinom)
- **allgemeine Definition der biologisch wirksamen Dosis:**

$$H = t \cdot \sum_{i=1}^n S(\lambda_i) \cdot E_{\lambda}(\lambda_i) \cdot \Delta\lambda$$

Zeit spektrale Empfindlichkeit spektrale Bestrahlungsstärke Wellenlänge



Biologische Schäden beim Auge und der Haut



Phototherapie: Blaulichttherapie

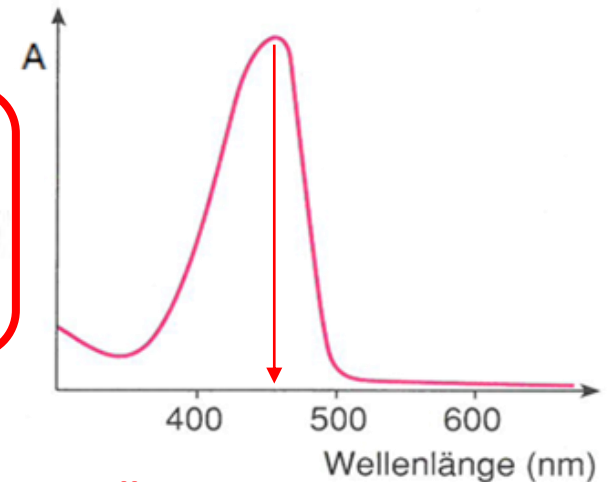
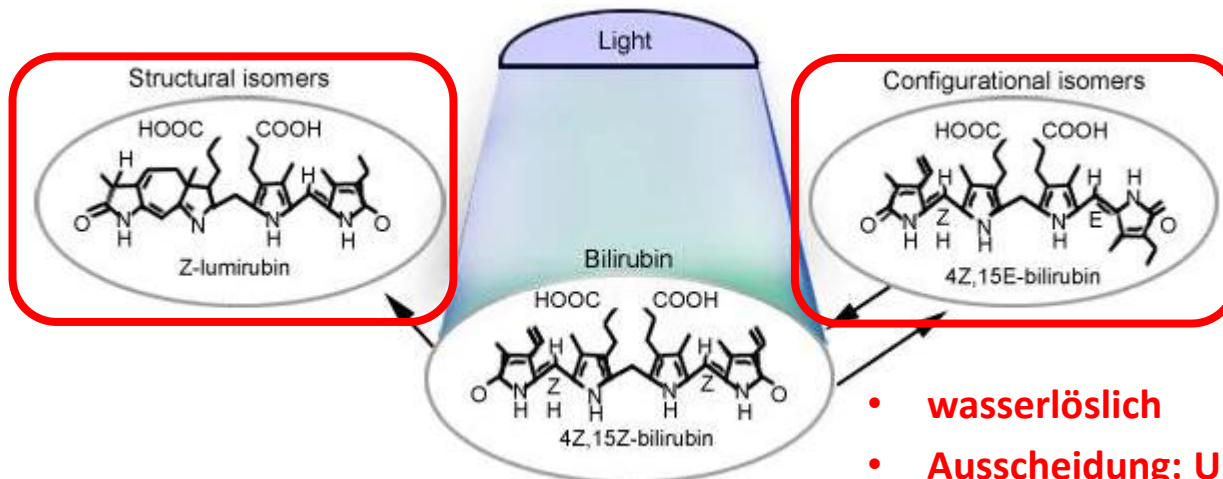
- Chromophor: **endogen**
- Therapeutisches Mittel: **das Licht**

Behandlung der **Gelbsucht (Ikterus) von Neugeborenen**:



- hohe Zahl von kurzlebigen Erythrozyten
- Zerfallsprodukt von **Hämoglobin**: Gallenfarbstoff **Bilirubin**
- Ausscheidung durch Leber (bei Neugeborenen: inaktiv / schwach)
- hohe Blutkonzentration: Bilirubinzephalopathie
- **Blaulicht-Therapie mit der wirksamen Wellenlänge von 455 nm**

Bilirubin: Struktur und Absorptionsspektrum



- **wasserlöslich**
- **Ausscheidung: Urin, Galle**

Ist das blaue Licht immer gesund?



 frontiers

Frontiers in **Endocrinology**

TYPE Original Research
PUBLISHED 20 June 2023
DOI 10.3389/fendo.2023.1190445

 Check for updates

OPEN ACCESS

Is blue light exposure a cause of precocious puberty in male rats?

Photochemotherapie: PUVA

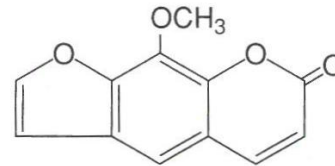
- Chromophor: **exogen**
- Therapeutisches Mittel: lichtabsorbierendes **Molekül**



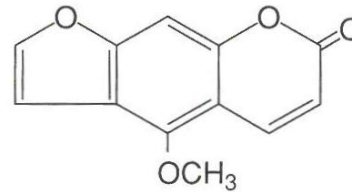
Psoralea Corylifolia



Wirkstoff: Psoralene (exogene Chromophoren)

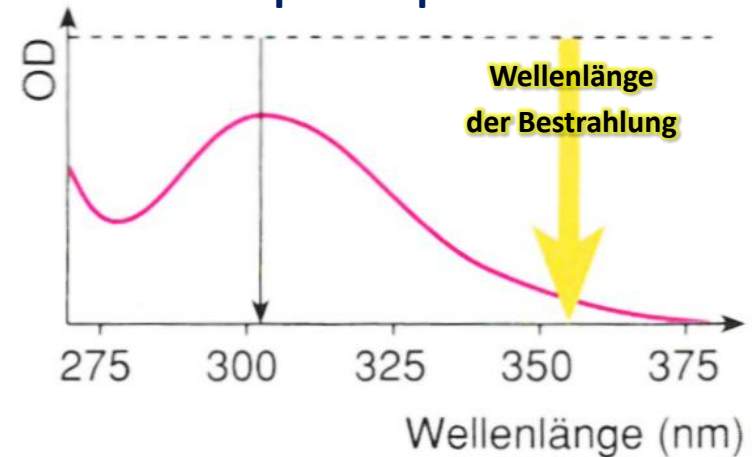


8-Metoxypsoralene



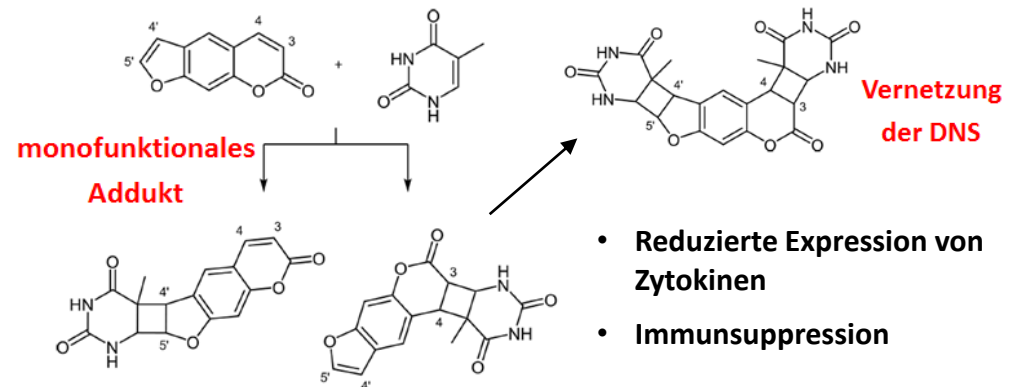
5-Metoxypsoralene

Absorptionsspektrum

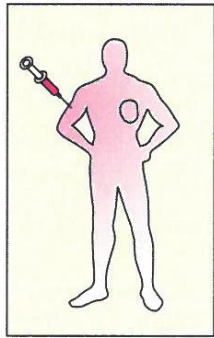


Anwendung: bei der Psoriasis (Schuppenflechte):

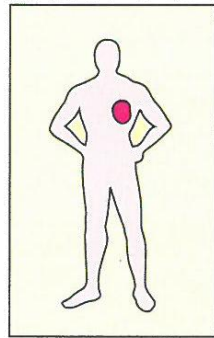
Basis der biologischen Wirkung



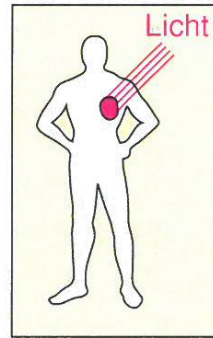
PDT: Photodynamische Therapie



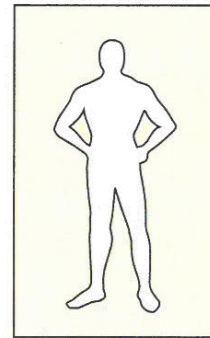
Applikation des Photosensibilisators



Anreicherung des Photosensibilisators im Tumor



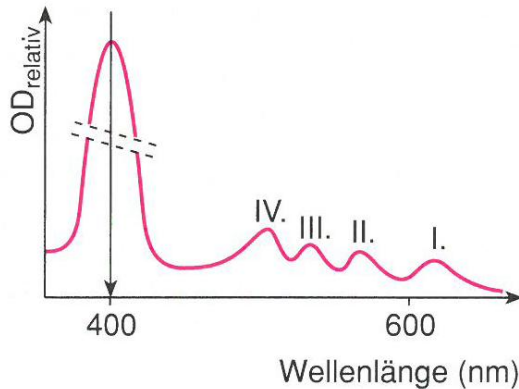
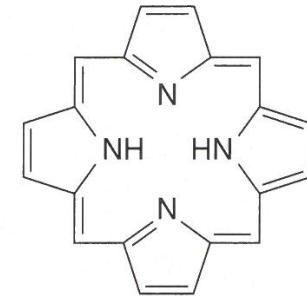
Bestrahlung



Selektive Tumordestruktion

Angewandte Moleküle:

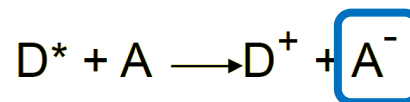
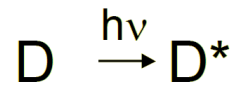
Porphyrine



- **Absorptionsmaximum bei ~400 nm**
- **Lokale Maxima im VIS-Bereich**
- **maximale Eindringtiefe bei 800 nm**

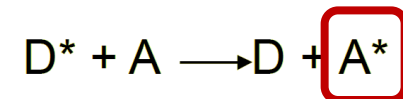
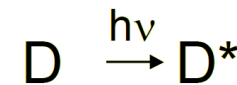
Basis der biologischen Wirkung

Übergabe von Elektronen



- **Entstehung von freien Radikalen**
- **Konfigurationsisomerie**

Übermittlung von Energie



- **Bildung von Singulett-Sauerstoff**
- **Wirkstoffaktivierung durch chemische Reaktion**

PDT: Anwendungen – #1

Geeignet zur Behandlung von:

- bösartige Tumoren (z. B. Haut, Lunge, Magen, usw.),
- gutartigen Wucherungen auf der Hautoberfläche,
- Reduktion von atherosklerotischen Plaquen,
- Inaktivierung von Mikroorganismen.

Behandlung von Plattenepithelkarzinom (squamous cell carcinoma, SCC):



Anfangszustand



m-THPC PDT, 24 Stunden



m-THPC PDT, 4 Monaten

5,10,15,20-Tetrakis(3-hydroxyphenyl)chlorin (**mTHPC, Temoporfin**)

PDT: Anwendungen – #2

Behandlung von Periodontitis:

Anwendung von **Photosensitizer (PS)**



Lichtbestrahlung
durch optischen Fasern



Zustand nach 6 Monaten

Hausaufgaben

Aufgabensammlung

9.1 - 9.6

Feedback