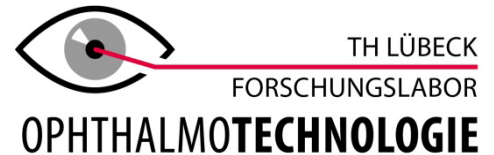


70. WVAO Jahreskongress

Bad Nauheim, 13.-14. April 2019

UV- und Blaulichtschutz – Kunden richtig beraten

Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. (FH)
Hans-Jürgen Grein

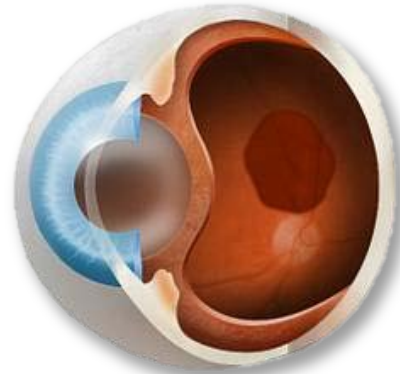




Sehen ist zwangsläufig mit dem Einfall von elektromagnetischer Strahlung auf und in unser Auge verbunden.

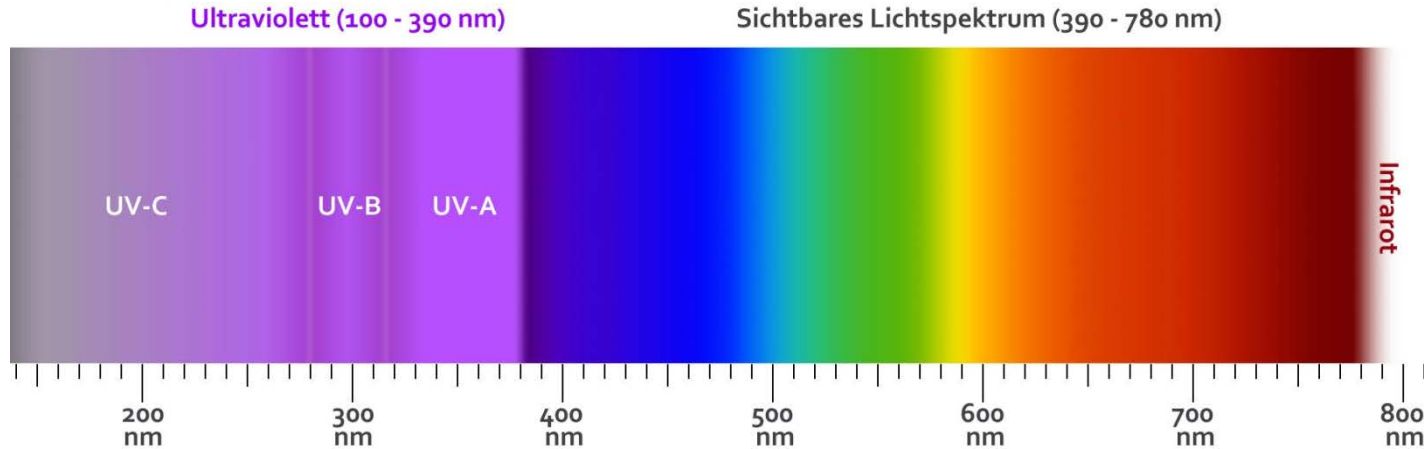


$$E = h \cdot \nu$$



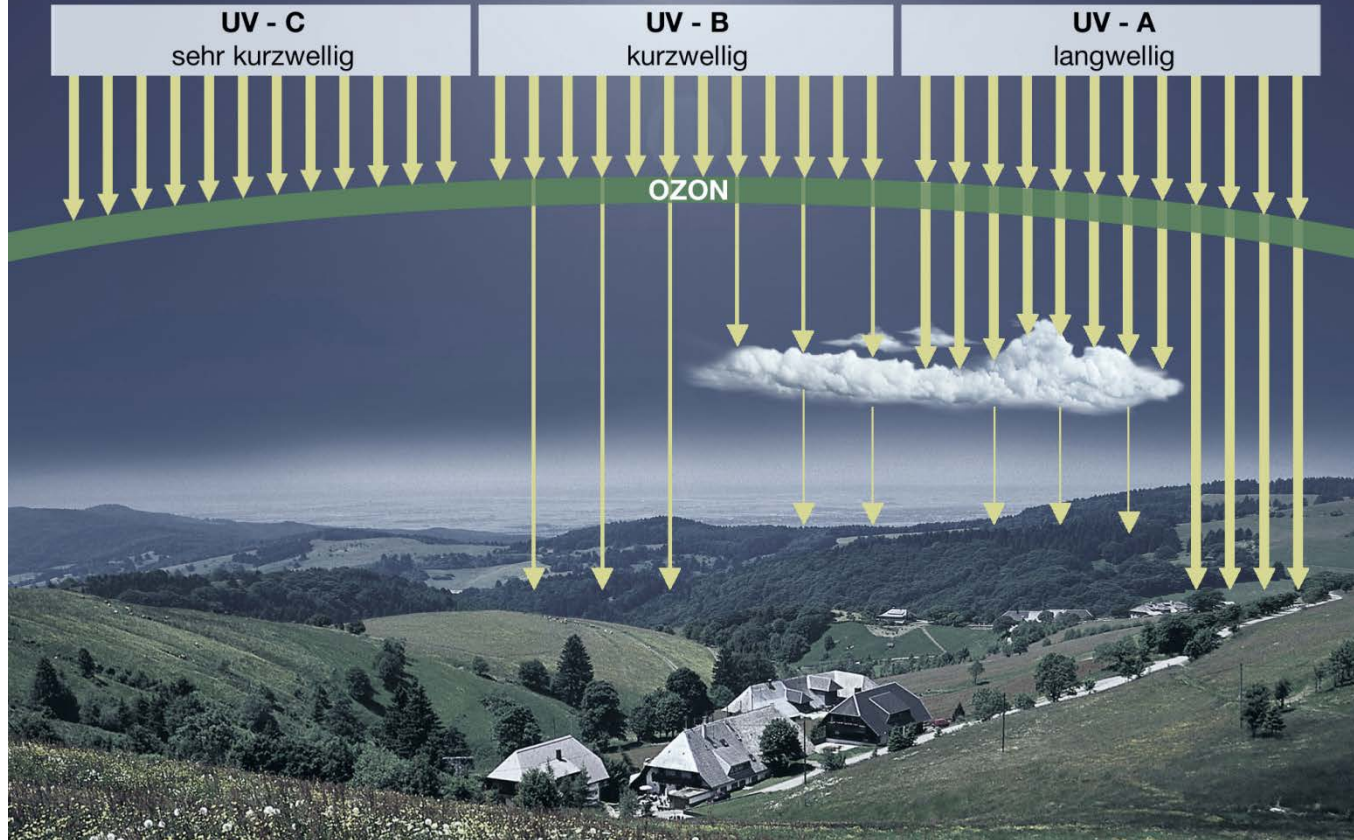
Absorption von Licht = Absorption von Energie

Was unterscheidet UV-Strahlung von blauem Licht?



- Beides ist elektromagnetische Strahlung!
- UV-Strahlung ist für uns unsichtbar, blau ist sichtbar
- UV-Strahlung hat höhere Energie als blaues Licht
- Übergang zwischen 380 und 400 nm (genaue Grenze?)

Einteilung der UV-Strahlen nach Wellenlängenbereichen

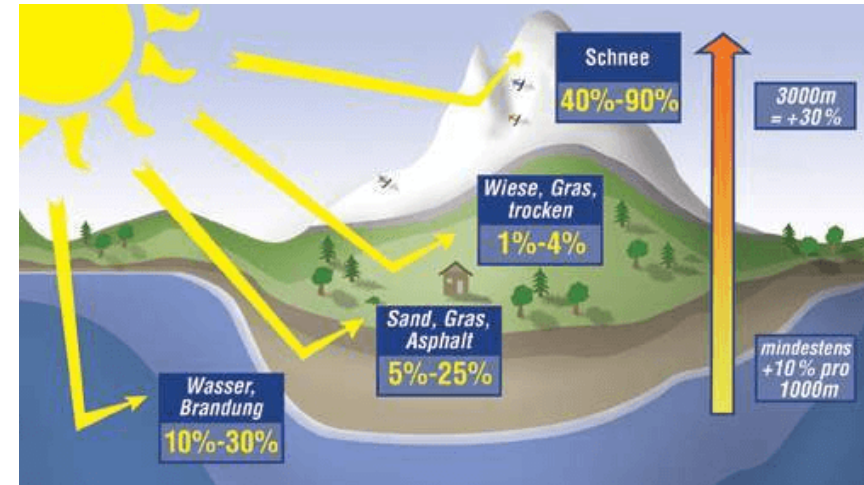




Die UV-Belastung hängt auch vom Umfeld ab

- Belastung zwischen 11:00-15:00 am größten
- Kaum Reduktion durch dünne Wolken
➔ evtl. sogar erhöhte Streustrahlung
- 0,5m unter Wasser immer noch 40% der UV-Intensität an der Oberfläche
- Schatten kann UV-Belastung erheblich reduzieren

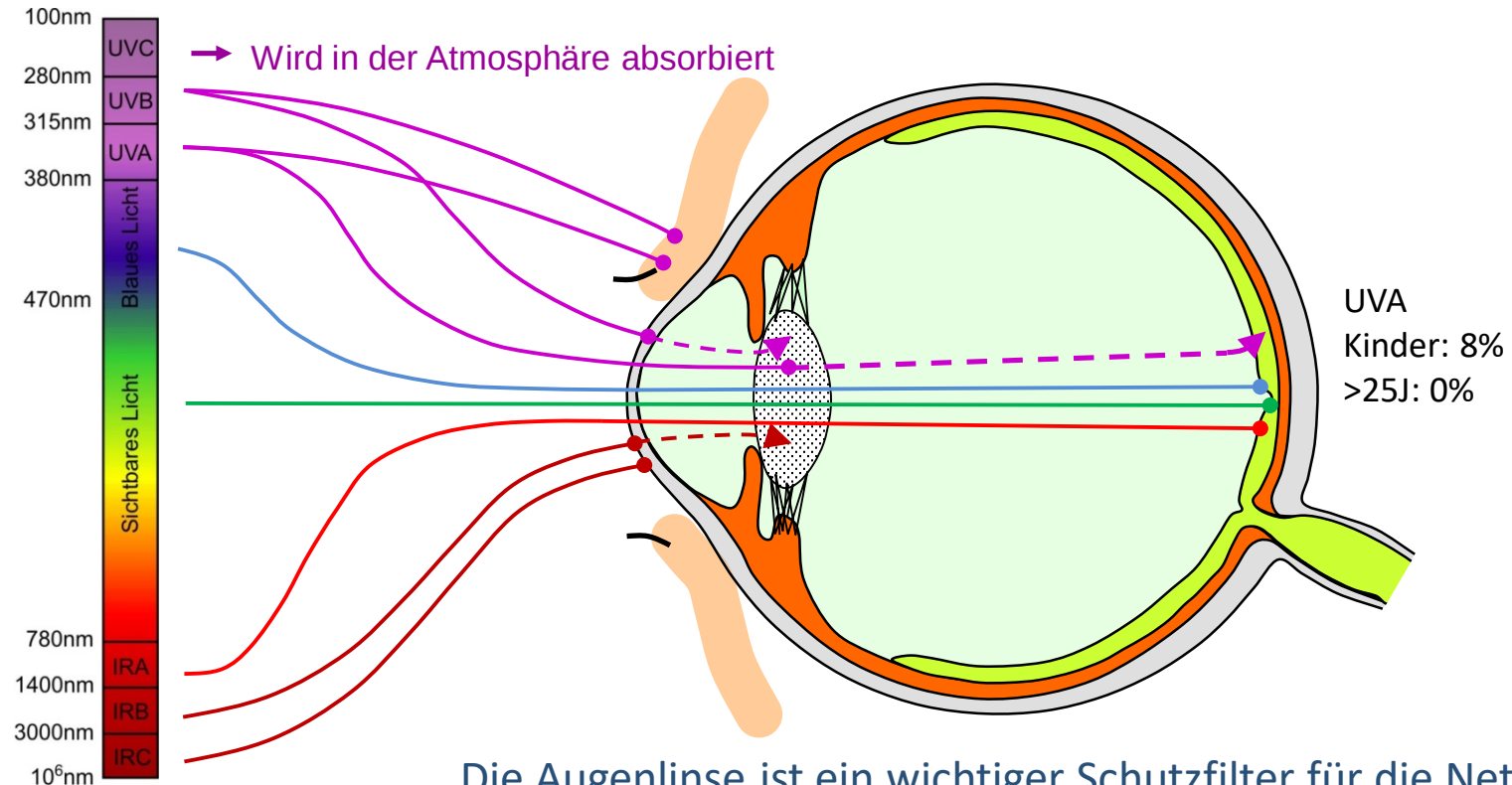
Reflexion von UV-Strahlung





Nur die Strahlung, die absorbiert wird, kann Schäden auslösen!

Wo wirkt optische Strahlung am Auge?

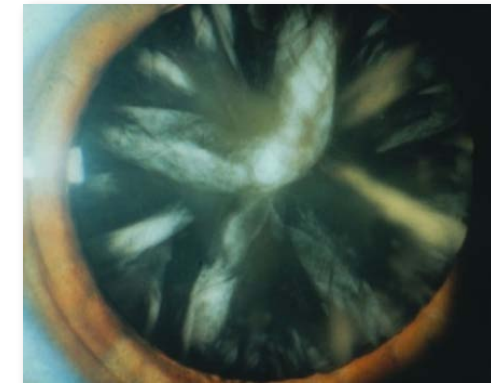


Die Augenlinse ist ein wichtiger Schutzfilter für die Netzhaut!



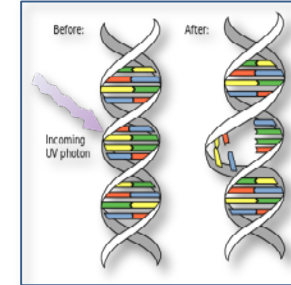
Gewebeschäden durch UV- Strahlung sind vielfältig

- Gesichtshaut / Augenlider → Sonnenbrand, Basaliom
- Bindehaut → Flügelfell, Lidspaltenfleck
- Hornhaut → Schneeblindheit
- Augenlinse → Katarakt
- Netzhaut → Degeneration



Lichtschäden an der Netzhaut

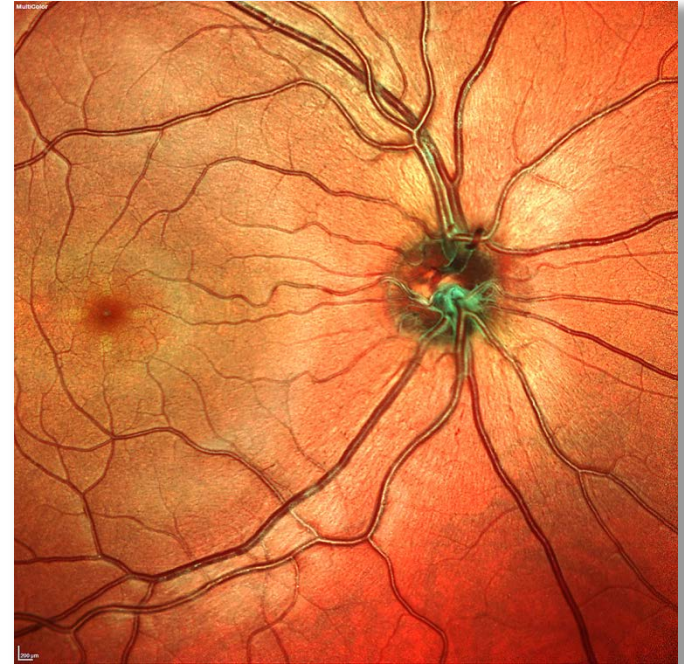
- Photothermischer Schaden
→ Verbrennung auf der Netzhaut
- Photochemischer Schaden
→ Gewebeschaden durch freie Radikale
- Photomechanischer Schaden
→ Gewebetrennung mit Laser



Photochemische Schäden an der Netzhaut

Kritische Wellenlängen:

- Kinder: UV-und Blaulicht
- Erwachsene: Nur Blaulicht



Wie schädigt Licht das Gewebe?

Stichwort „Freie Radikale“



„gesundes“ Atom

freies Radikal

Antioxidans
„Radikalfänger“



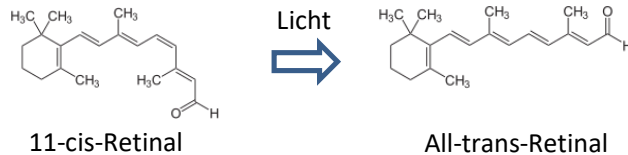
Radikalfänger
z.B. Vitamin A, C, E,
Lutein u.a.

- Moleküle mit ungepaarten Elektronen
- Holen sich Elektronen von anderen Molekülen → Zell- und Gewebsschäden
- Antioxidantien (Radikalfänger) „schenken“ den Radikalen ein Elektron
- Besonders durch UV- und Blaulicht erzeugt → **UV-Blau-Phototoxizität**

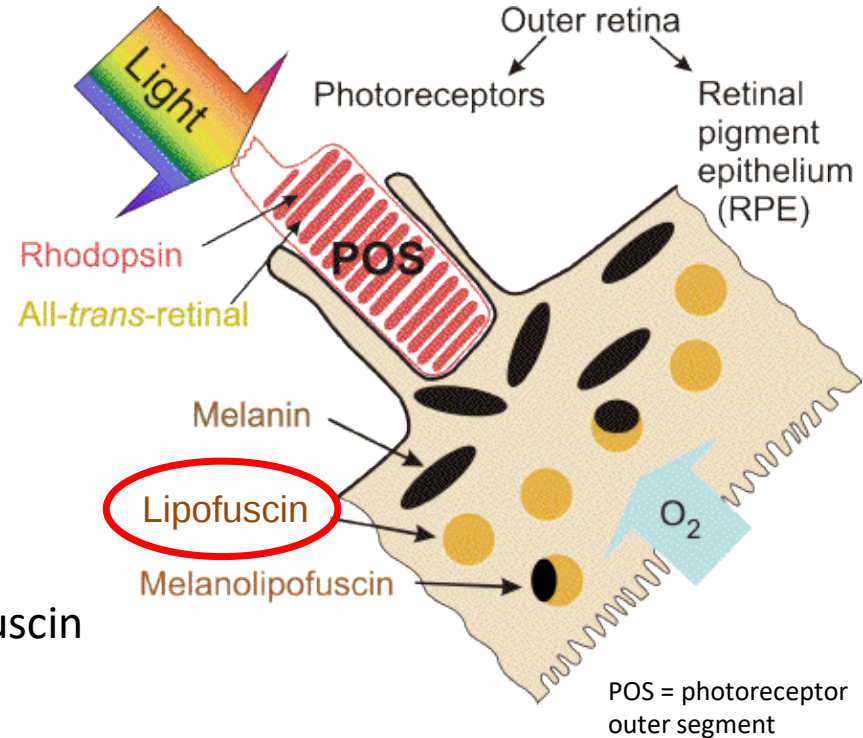
Lichtschäden an der Netzhaut entstehen durch freie Radikale

Licht erzeugt

- den Sehreiz (Phototransduktion)

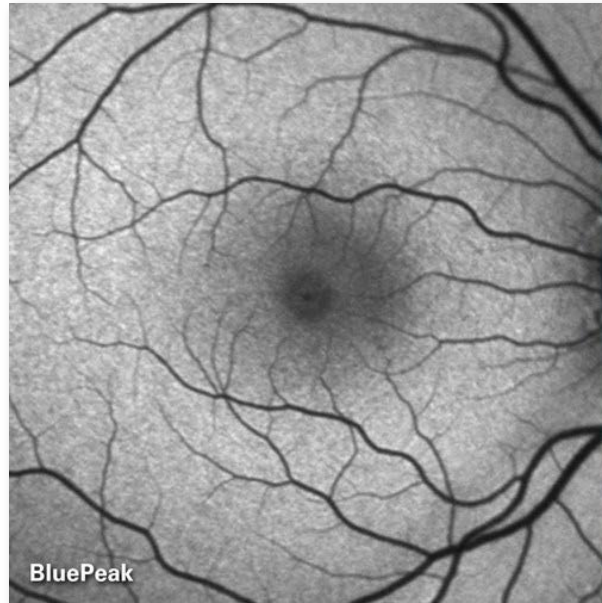


- freie Radikale
 - ➔ besonders bei Blaulicht
 - ➔ insbesondere bei Anwesenheit von Lipofuscin
 - ➔ bereits seit 1966 diskutiert!



Lipofuscin – Stoffwechsellmüll in der Netzhaut ist sichtbar

Fundus-Autofluoreszenz



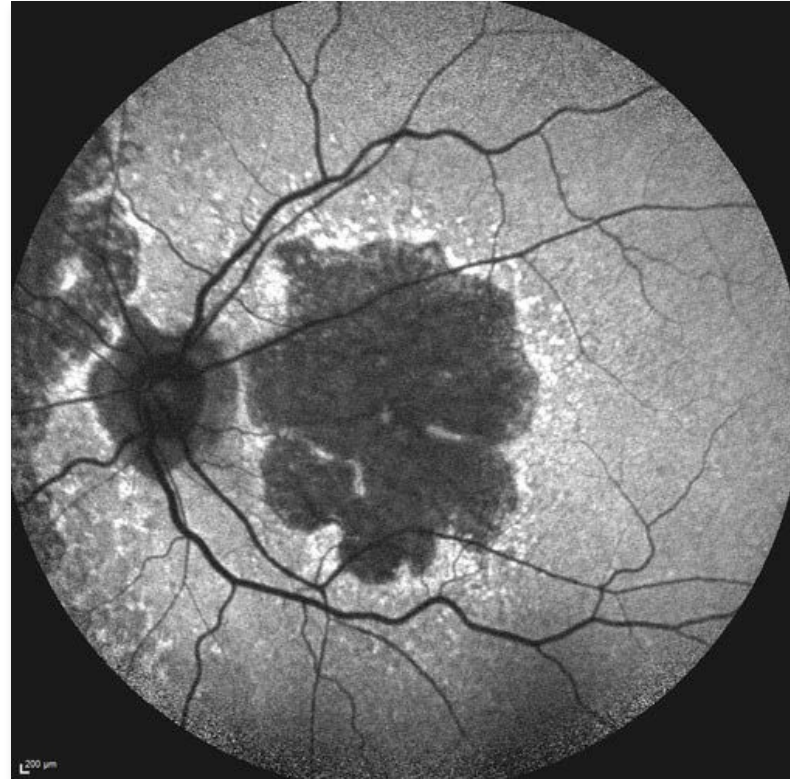
Autofluoreszenz in einer normalen Netzhaut

Netzhautbild mit Funduskamera

Lipofuscin – Stoffwechselmüll in der Netzhaut

Pathologie:
Hyper- und hypofluoreszente
Gebiete

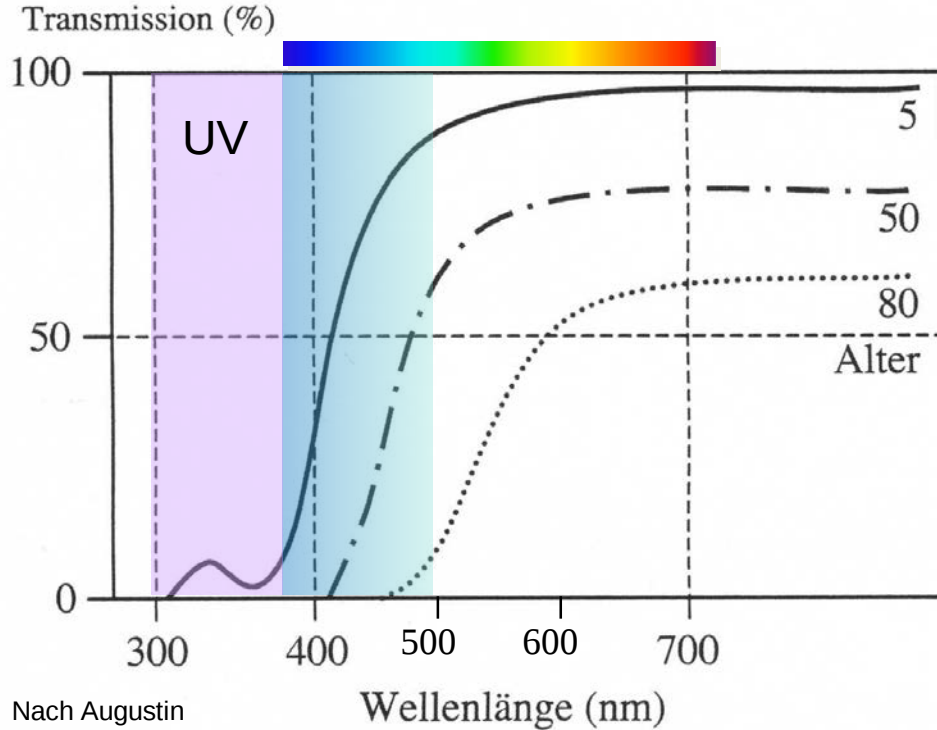
Geographische Atrophie (AMD)



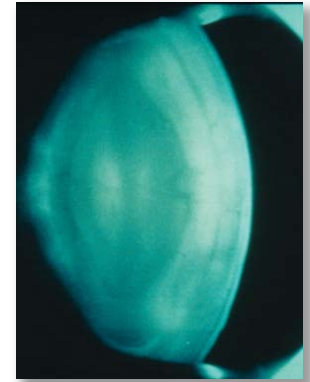
Wie schützt sich das Auge
vor zu viel Blaulicht?

Im Auge gibt es zwei Blaufilter

1. Die Augenlinse



Augenlinse eines jungen Menschen



Augenlinse eines älteren Menschen

→ filtert blaues Licht

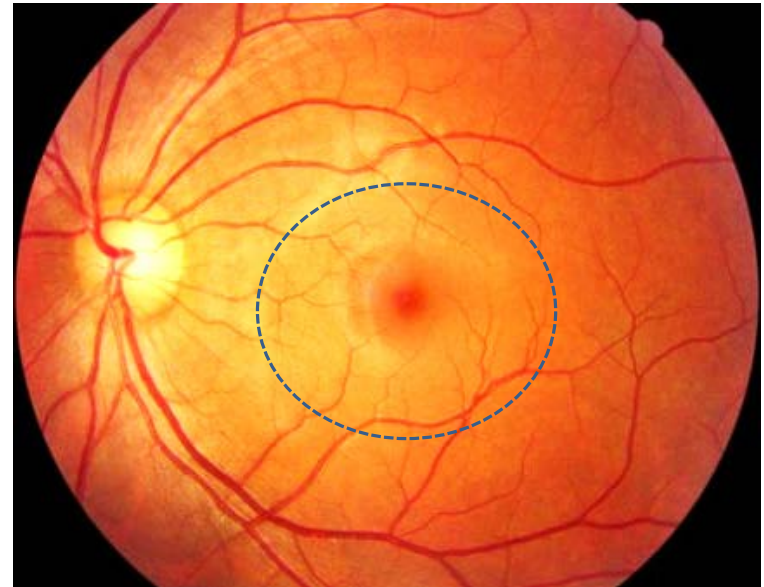
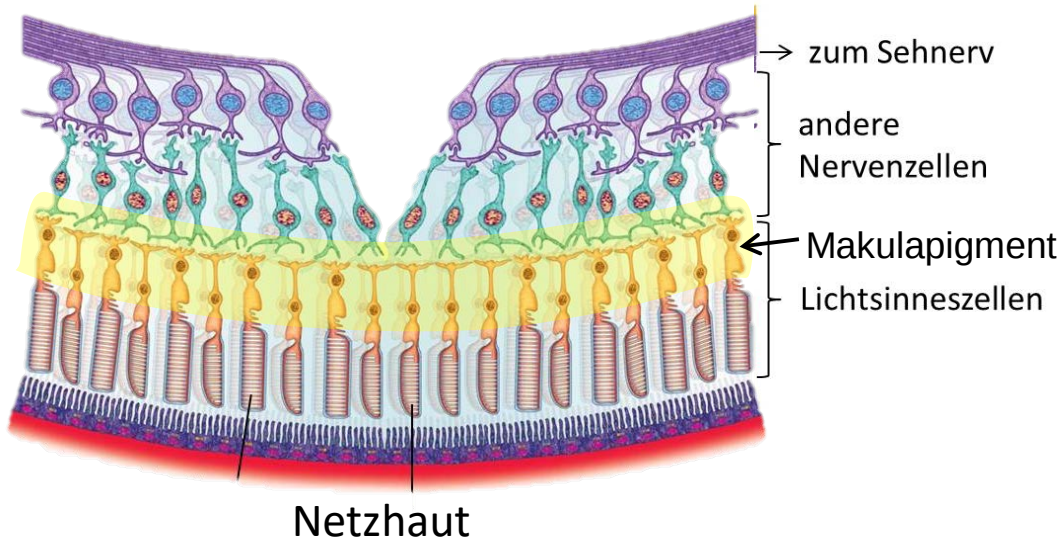
Die Augenlinse wird im Alter zum Blaufilter

Im Auge gibt es zwei Blaufilter

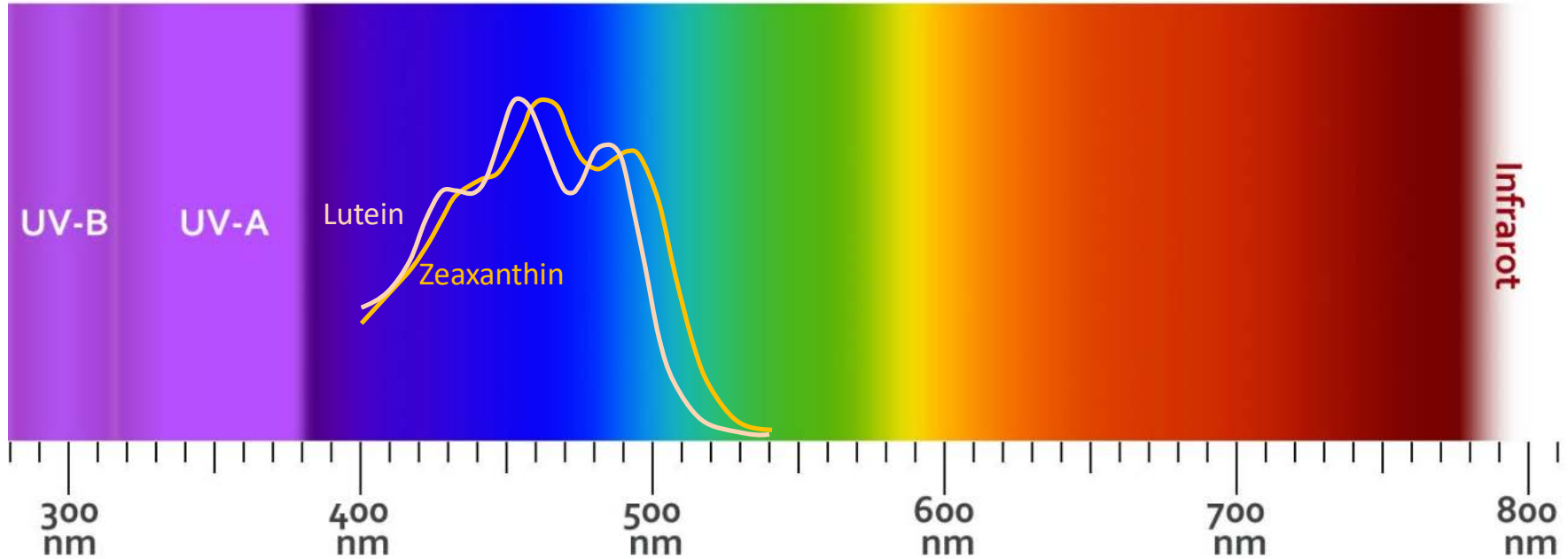
2. Das Makulapigment

Die gelbliche Farbe der Makula lutea wirkt wie eine innere Sonnenbrille

➔ Absorbiert blaues Licht



Absorptionsspektrum des Makulapigments



Bei welcher Wellenlänge entstehen Blaulichtschäden?

- Versuche mit RPE-Zellen von Schweinen (Arnault et al. 2013)
- Bestrahlung mit Blaulicht (18h) unterschiedlicher Wellenlänge (10nm-Schritte)
- Ohne A2E (Lipofuscin) keine Schäden
- Mit A2E maximale Schäden bei **435nm** (415-455nm)

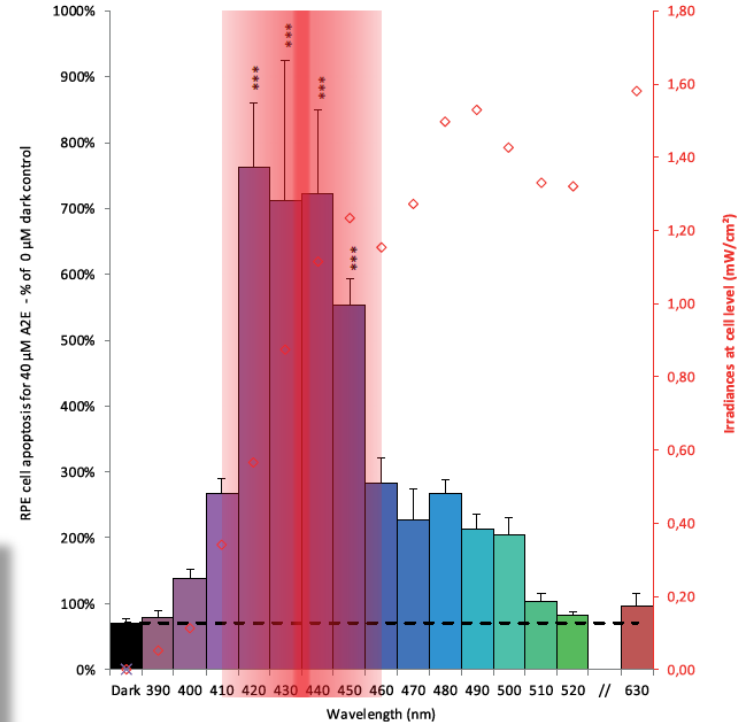
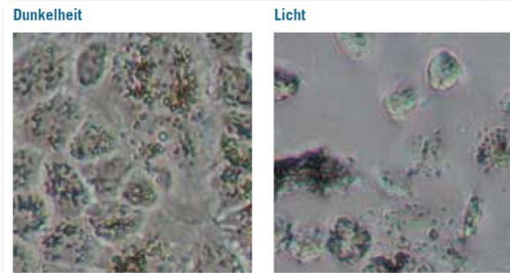
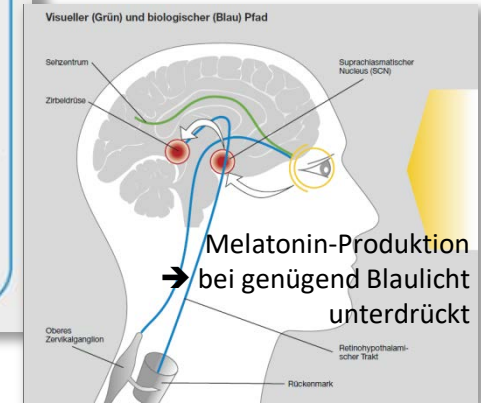
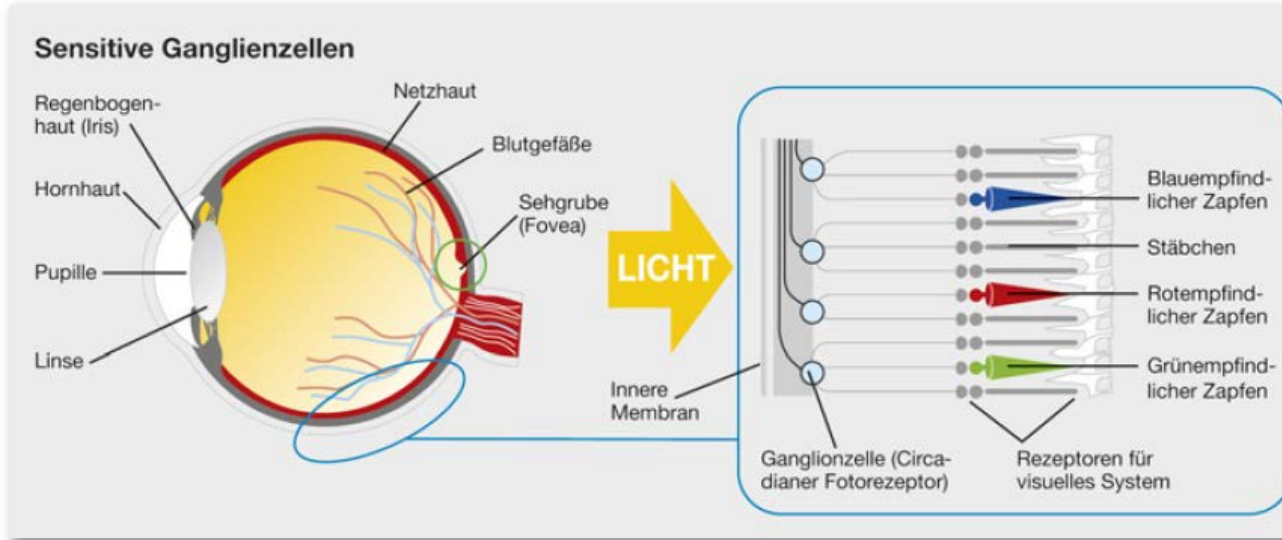


FIG. 2| Toxic action spectrum of light on apoptosis for A2E-loaded RPE cells (40 μM A2E). ***p<0.001 as compared to control cells maintained in darkness.

Wir brauchen blaues Licht für die innere Uhr!



Melanopsinhaltige Ganglienzellen steuern den Tag-Nacht-Rhythmus

(Foster R.G.: Bright blue times; Nature 2/2005)

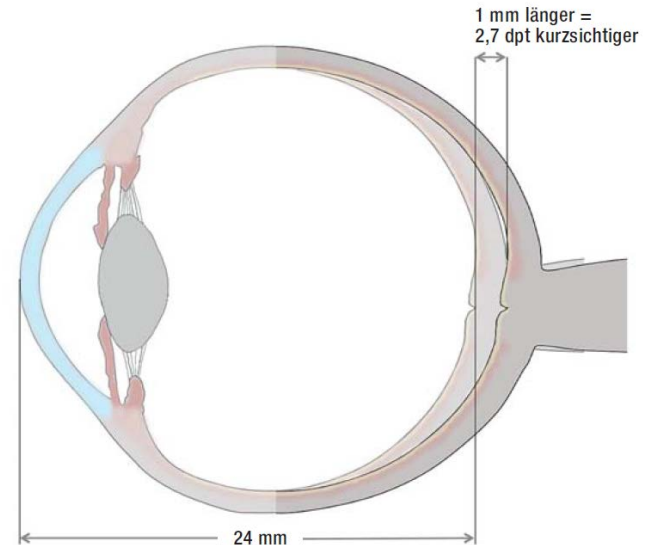


Wir brauchen blaues Licht für die Myopiekontrolle

Der Netzhautbotenstoff Dopamin

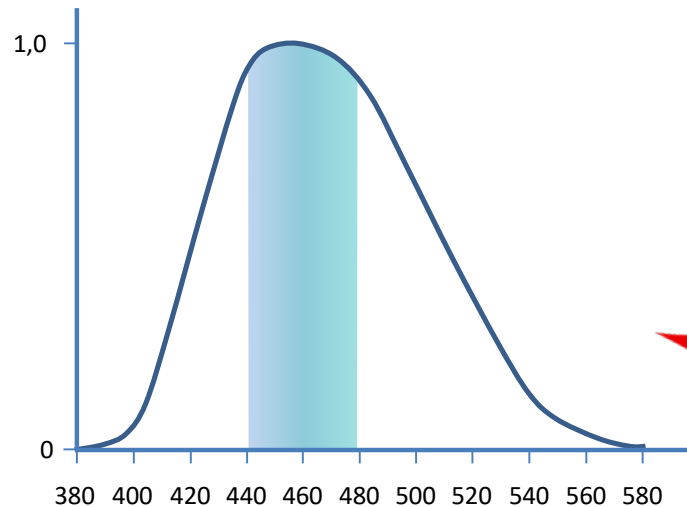
- wird abhängig von der Bildhelligkeit (Blaulichtanteil) freigesetzt
- hemmt das Augenlängenwachstum

➔ Der Mangel an Tageslicht ist ein größerer Risikofaktor für Myopie als die Dauer von Naharbeit

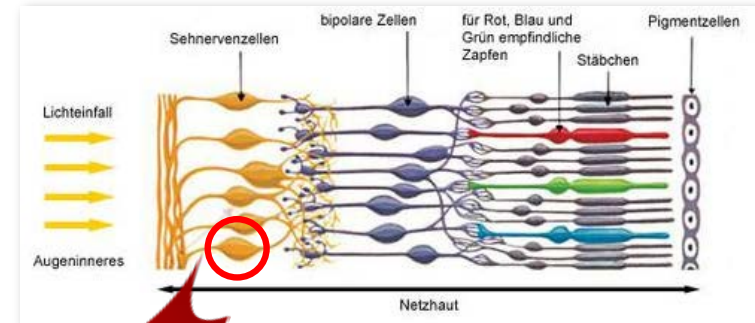


Wir brauchen blaues Licht !

Die maximale Empfindlichkeit der Melatonin steuernden Ganglienzellen (Tag-/Nacht-Rhythmus und Augenlängenkontrolle) liegt **um 460 nm** (440 bis 480 nm; blau-türkises Licht)



Nach Thapan und Brainard



Gemittelte spektrale Wirkungskurve der Melatonin steuernden Ganglienzellen

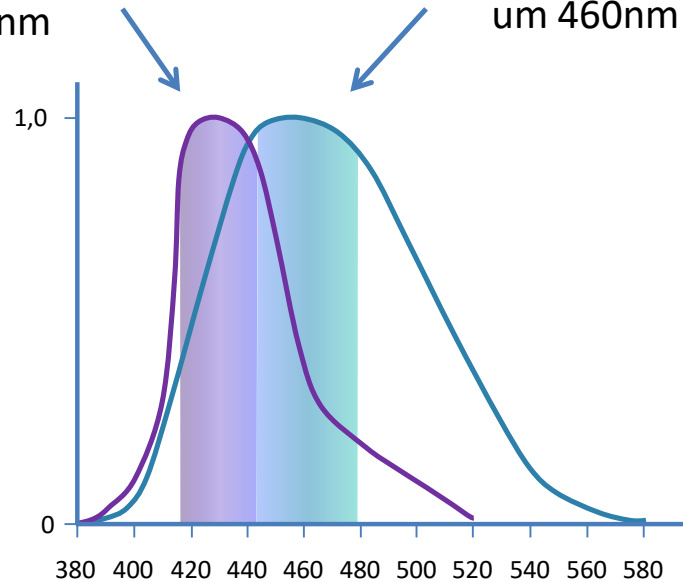
Schlechtes Blau – Gutes Blau

Schäden in RPE-Zellen

um 435nm

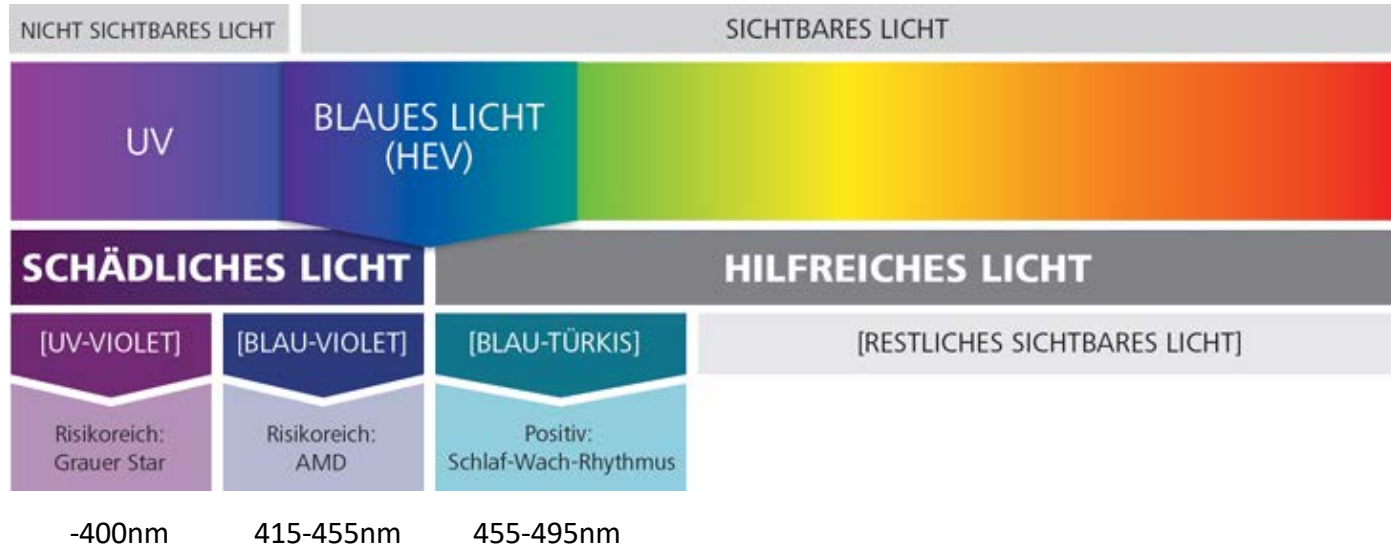
Steuerung des Tag-Nacht-Rhythmus

um 460nm



Nach Thapan und Brainard

Schlechtes Blau – Gutes Blau



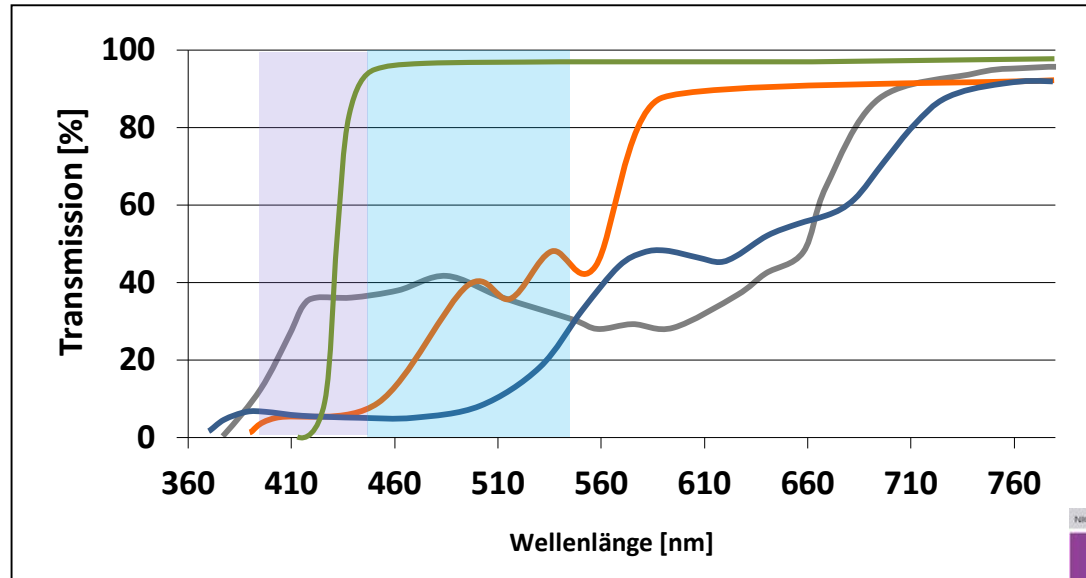
HEV = High Energy Visible



Schutz der Augen durch Blaufilter



Sonnenschutz: Welches ist die geeignete Charakteristik?

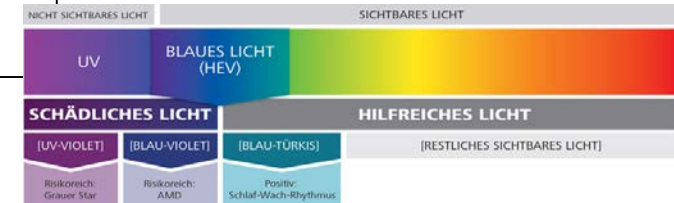


selektiver Blauabschwächer

nicht-selektiver
Blauabschwächer

grau 65%

Klar mit 420nm-Kante

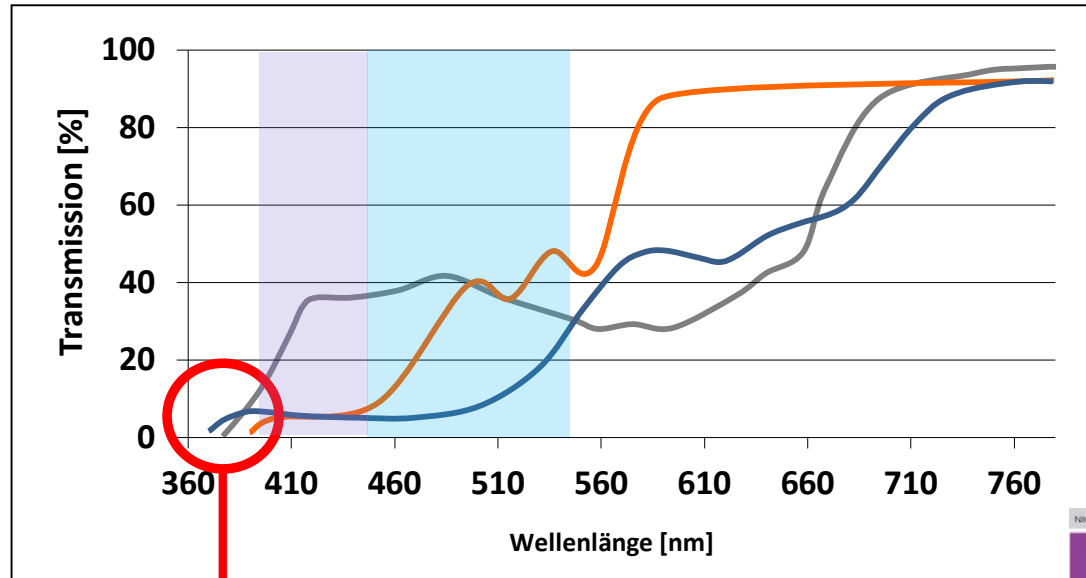




Schutz der Augen durch Blaufilter



Sonnenschutz: Welches ist die geeignete Charakteristik?



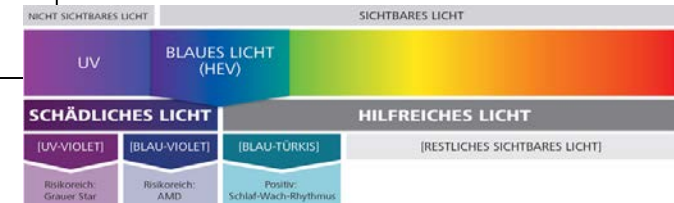
UV-Kante?

selektiver Blauabschwächer

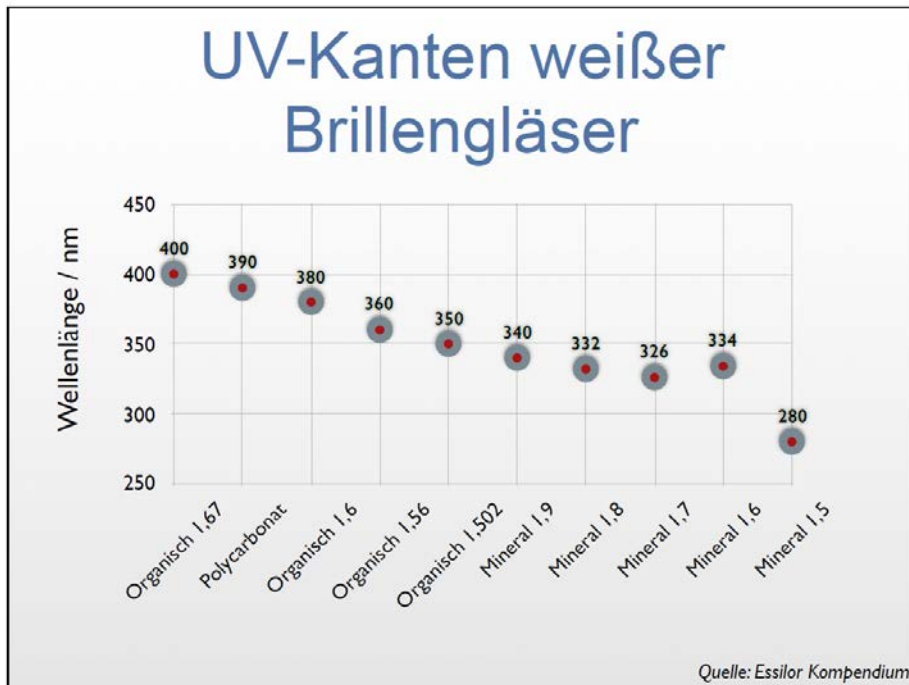
nicht-selektiver
Blauabschwächer

grau 65%

Klar mit 420nm-Kante

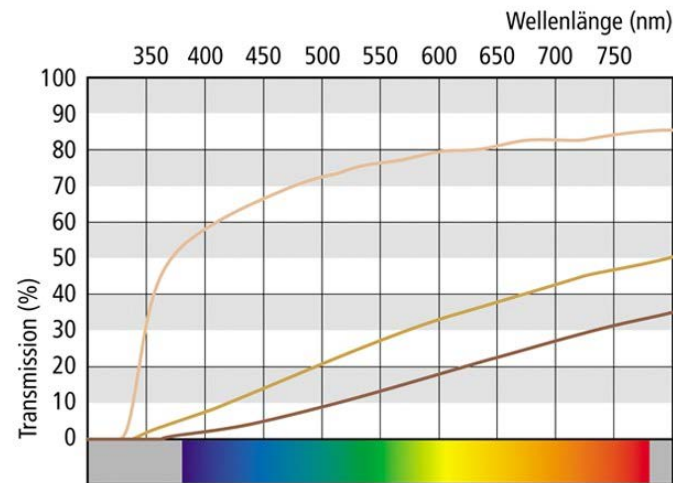


Auf die UV-Kante bei Korrektionsgläsern achten!



UV-Absorption muss ggf. extra bestellt werden!

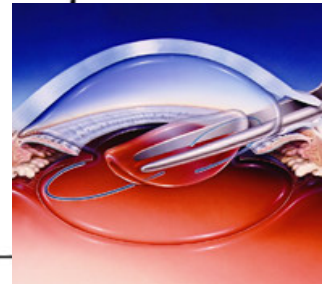
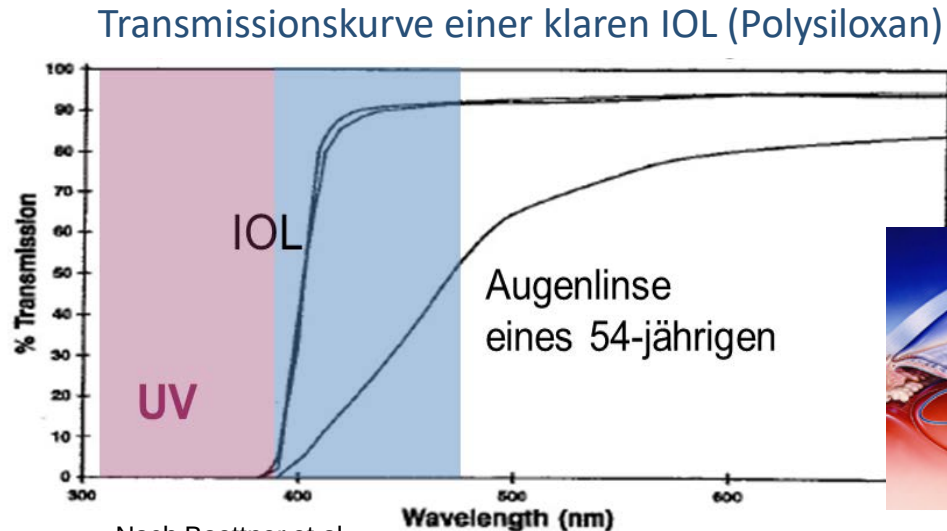
Auch Korrektions-Filtergläser dürfen UV-Resttransmission haben!



Billigsonnenbrillen haben fast alle UV-400 Kante!

Blaulichtschutz nach Katarakt-OP

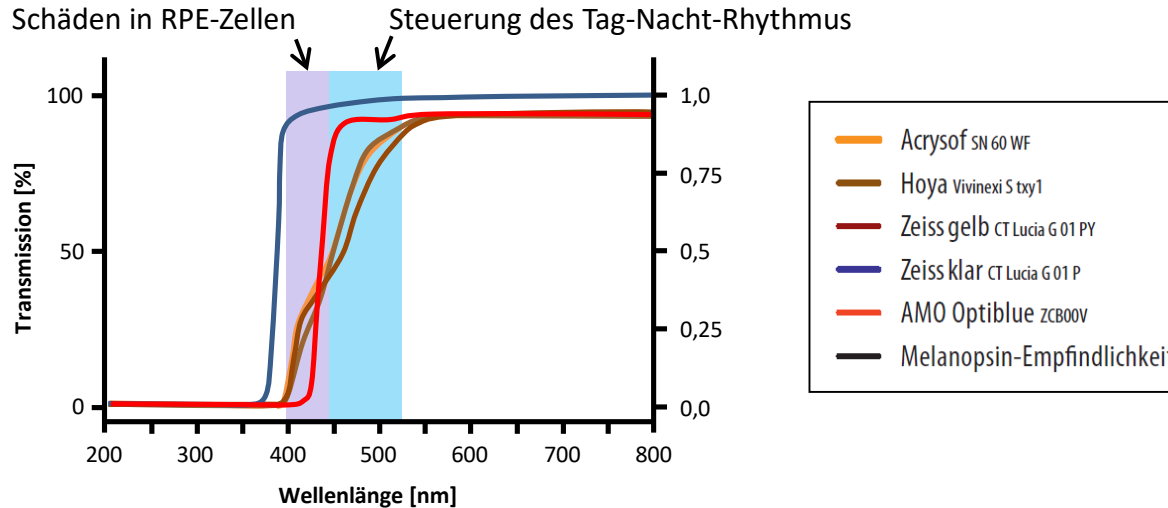
- Bei klarer Intraokularlinse entfällt die blau absorbierende Wirkung der (gealterten) Augenlinse
- Klare IOL's absorbieren im UV-Bereich, jedoch nicht im sichtbaren Blau



IOL mit
Blaufilter



Blaulichtschutz nach Katarakt-OP



Nach: Charlotte E. Reme: **Die «gelbe Linse», die Blaufilterlinse revisited**, Ophta 3/2016

IOL mit
Blaufilter



Blaulichtschutz nach Katarakt-OP

IOL mit
Blaufilter



Blaufilter-IOL

- kein Nachteil für die Sehleistung [1][2]
- kein negativer Einfluss auf die Schlafqualität [3][4]
- noch kein Nachweis eines protektiven Effektes für die Makula [5]
→ bisherige Studien kaum vergleichbar, oft methodische Schwächen

1) Bandyopadhyay S, Saha M, Chakrabarti A, Sinha A: **Effect on contrast sensitivity after clear, yellow and orange intraocular lens implantation.** Int Ophthalmol. 2016 Jun;36(3):313-8.

2) Lavric A, Pompe MT. **Do blue-light filtering intraocular lenses affect visual function?** Optom Vis Sci. 2014 Nov;91(11):1348-54.

3) Alexander I; Cuthbertson FM; Ratnarajan G; Safa R; Mellington FE; Foster RG; Downes SM; Wulff K: **Impact of cataract surgery on sleep in patients receiving either ultraviolet-blocking or blue-filtering intraocular lens implants.** Invest Ophthalmol Vis Sci. 2014 Jun 26;55(8):4999-5004. doi: 10.1167/iovs.14-14054.

4) Erichsen JH, Brøndsted AE, Kessel L: **Effect of cataract surgery on regulation of circadian rhythms.** J Cataract Refract Surg. 2015 Sep;41(9):1997-2009.

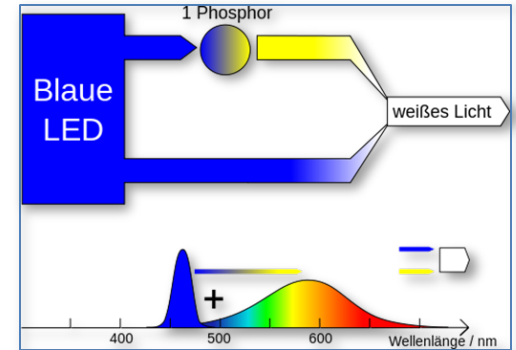
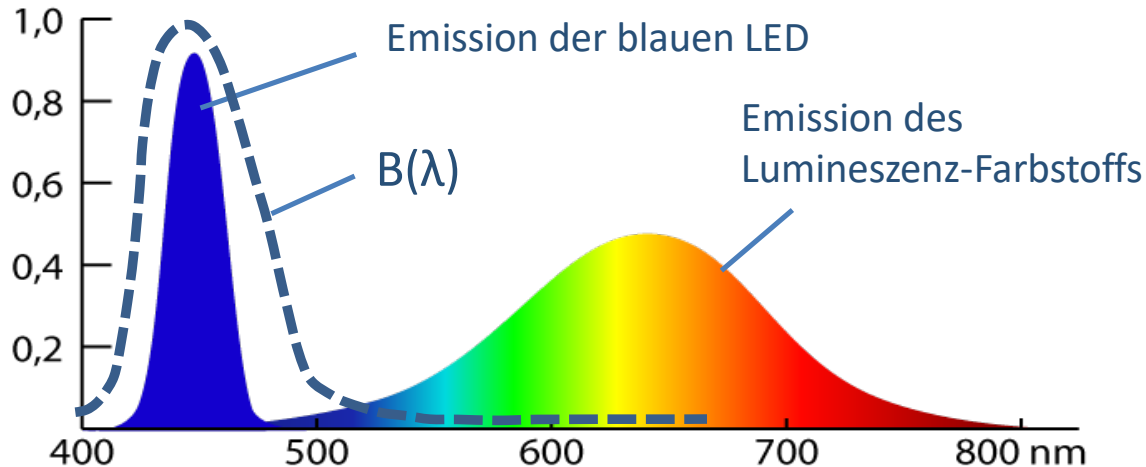
5) Downie LE, Busija L, Keller PR: **Blue-light filtering intraocular lenses (IOLs) for protecting macular health.** Cochrane Database Syst Rev. 2018 May 22;5:CD011977. doi: 10.1002/14651858.CD011977.pub2.

Wie gefährlich ist Blaulicht bei LEDs?



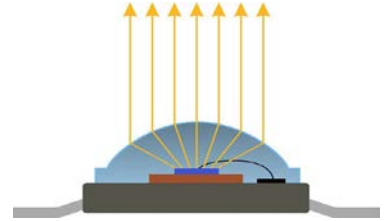
Blaulicht bei LEDs

Emissionsspektrum einer weißen LED



Die Empfindlichkeit für photochemische Netzhautschäden $B(\lambda)$ und der Blue-Peak bei LEDs haben im Spektralbereich um 435 nm ihr Maximum.

Blaulicht bei LEDs



- LEDs sind oft sehr klein und Lichtstark
- Das Netzhautbild ist entsprechend klein → hohe Energiedichte
- Grenzwert kann bei kurzer Betrachtungsdistanz (unter 20 cm) schon nach 10 Sekunden überschritten werden¹

Bei normaler Anwendung gelten LED's für den häuslichen Gebrauch als sicher!

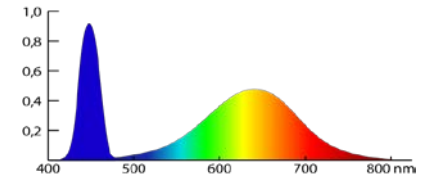


VIEW Fotocommunity - Stern

¹ Udovičić L, Mainusch F, Janßen M, Nowack D, Ott G., Photobiologische Sicherheit von Licht emittierenden Dioden (LED), Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit, Dortmund 2013

Blaulicht bei LED-Displays

Schadet stundenlanger Blick auf ein LED-Display?



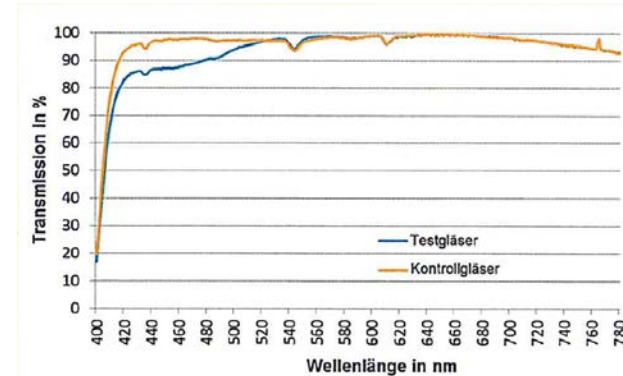
- Blau-Peak auch bei LED-Displays
- Bestrahlungsstärke der Netzhaut zwar gering, aber ggf. über lange Zeit
- Bei Blick in den blauen Himmel ca. 500-fach höhere Leuchtdichten
- Bisher keine sicheren Daten über Netzhautschäden durch Blaulichtbelastung mit geringer Intensität über lange Zeit



Schutz der Augen durch Blaufilter

Blaulichtschutz in Innenräumen

- Blaureflektierende Entspiegelung → ca. 15% Reduktion
- Studie von Kühn und Degle 2014* (n=46):
Sehleistung und subjektives Wohlbefinden unverändert
- Protektiver Effekt?



Transmissionskurve mit Test- und Kontrollgläsern*



Kinder sollen keine Sonnenbrillen tragen

„Auch aus einem medizinischen Grund sind Sonnenbrillen für Kinder eher hinderlich: Die Jüngsten müssen in gewissem Maße die Selbstschutzmechanismen der Augen trainieren, dazu gehört, die Pupille bei Lichteinfall zu verkleinern, erklärt Optikermeisterin B.G.: „Die Pupille muss arbeiten und die Muskeln, die dafür verantwortlich sind, müssen sich erst ausbilden. Das geht nicht, wenn die Kinder die ganze Zeit eine Sonnenbrille aufhaben.“ Sie rät daher, Kleinkindern keine Sonnenbrille aufzusetzen, zumindest nicht im mitteleuropäischen Sommer.“

Aus: Quicktipp - Kindersonnenbrillen Schick geschützt; MDR Jump

Sonnenbrille bei Kindern



Pupillenreaktion

- Bereits bei Geburt ist Pupillenreaktion vorhanden
 - ➔ langsamer als bei Erwachsenen
 - ➔ entwickelt sich in den ersten 6 Monaten
- Säuglinge haben eine kleine Pupille (2-3mm)
 - ➔ hohe Schärfentiefe ersetzt Akkommodation
- Im ersten LJ erreicht die Pupillenweite die Werte Erwachsener

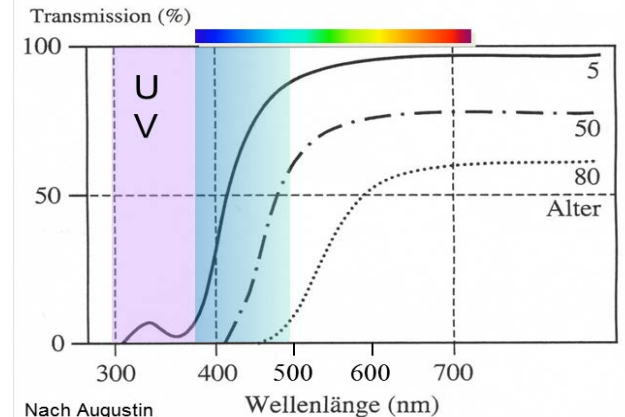


Sonnenbrille bei Kindern

Es geht um Schutz vor UV-Strahlung!

- Es gibt keine „Gewöhnung“ an UV-Strahlung
- Langzeitschäden durch UV summieren sich auf
- Die Notwendigkeit von UV-Schutz hängt von der Umgebungssituation ab (UV-Index, Schnee, Strand...)
- UV-Schutz ist bei Kindern für die Netzhaut besonders wichtig!

Fakten



Sonnenbrille bei Kindern



Empfehlungen

- Säuglinge und Kleinstkinder gehören nicht in die pralle Sonne
- Kopfschutz (Schirmmütze) gehört zur Grundausrüstung
- Sobald sie akzeptiert wird, sollte bei entsprechender UV-Belastung eine Sonnenbrille (UV-400) getragen werden
- Tönung wie bei Erwachsenen
- Ausreichend Seitenschutz



Lichtschäden - Fazit

Blaulicht

- um **435nm** erzeugt Fluoreszenz im Lipofuscin der Netzhaut → freie Radikale
- um **460 nm** steuert den Tag-Nacht-Rhythmus
- ist wichtig für die Myopieprophylaxe bei Kindern

UV-Blau-Schutz ist sinnvoll

- im Freien (Sport...)
- nach Katarakt-OP mit klarer IOL
- bei Kindern





Lichtschutz nicht
vergessen!

