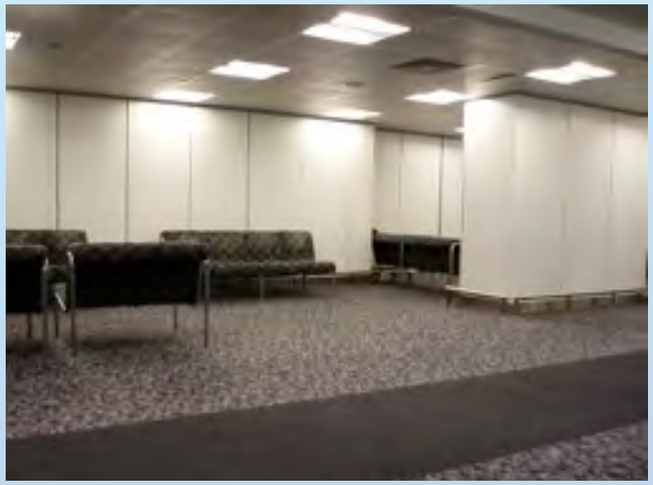


Gutes und gesundes Licht am Arbeitsplatz

Wie Licht und Beleuchtung auf den arbeitenden Menschen wirken

Dr. A.E. Çakir
ERGONOMIC Institut, Berlin
ahmet.cakir@ergonomic.de

lang ist es her …

nicht so lang ist es her …

könnte auch heute zu erleben sein …

so könnte sie auch aussehen …

Licht - Beleuchtung?

- Licht ist …
  … für den Techniker etwas anderes als für den Mediziner
- Beleuchtung ist …
  … für den *Lichttechniker* Anwendung von Licht, um Gegenstände sichtbar zu machen
  … für den *Architekten* mittel zu Raumgestaltung
  … und für *Jedermann*?

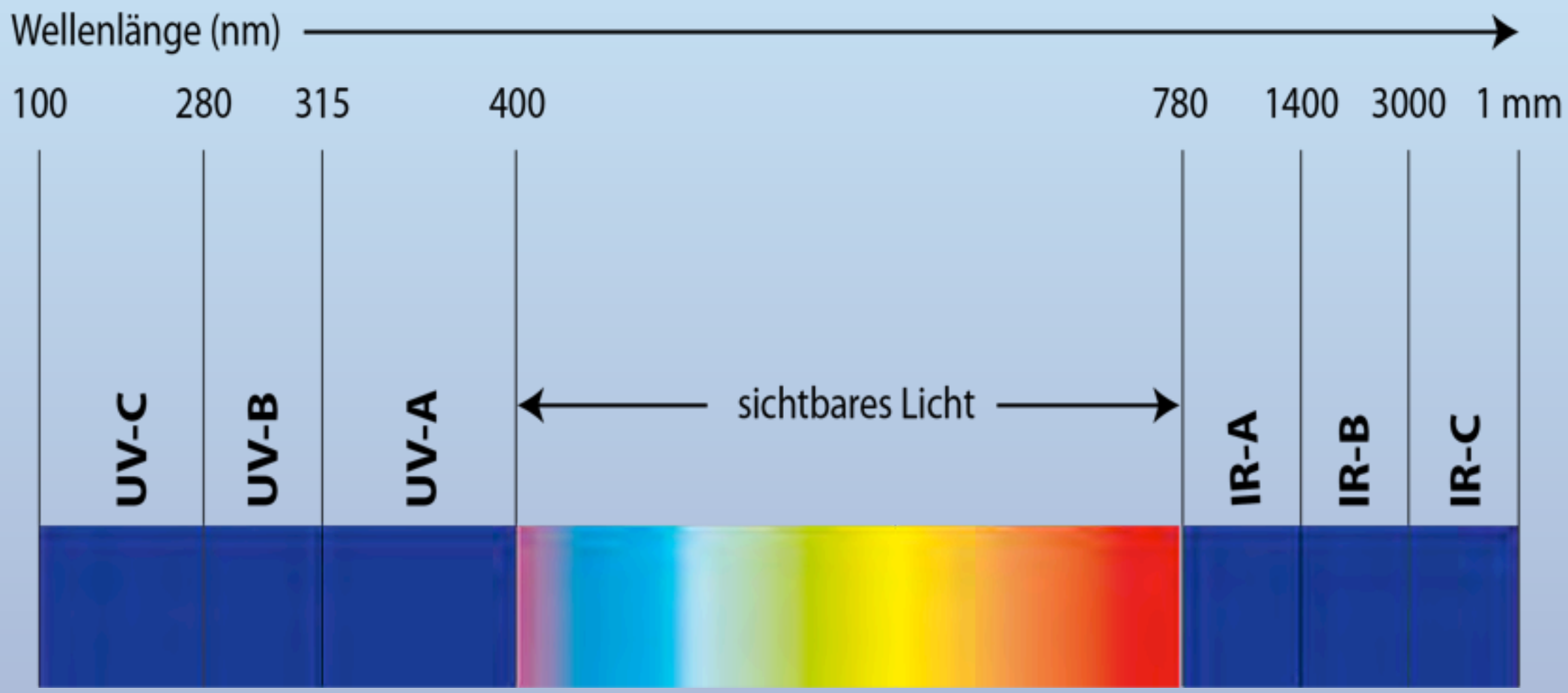
Belichtung oder Beleuchtung?

- Licht ist …
  … für den Architekten „Belichtung“, eine fiktive Summe des Lichts im Raum - fast immer Tageslichtversorgung
- Beleuchtung ist …
  … für den *Lichttechniker* Anwendung von Licht, um Gegenstände sichtbar zu machen
  - Beleuchtung kennt keine Zeit
  - Beleuchtung wird fast immer als „künstliche“ Beleuchtung verstanden

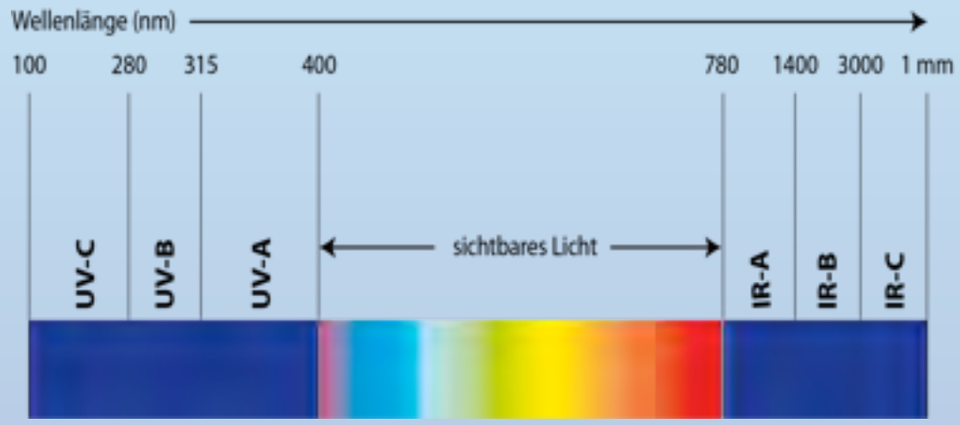
Was ist Licht?

- Elektromagnetische Strahlung?
- Nährstoff? Medizin? Zeitgeber?
- Womit sich die Lichttechnik beschäftigt?

Optische Strahlung – Sichtbares Licht



Optische Strahlung – Sichtbares Licht



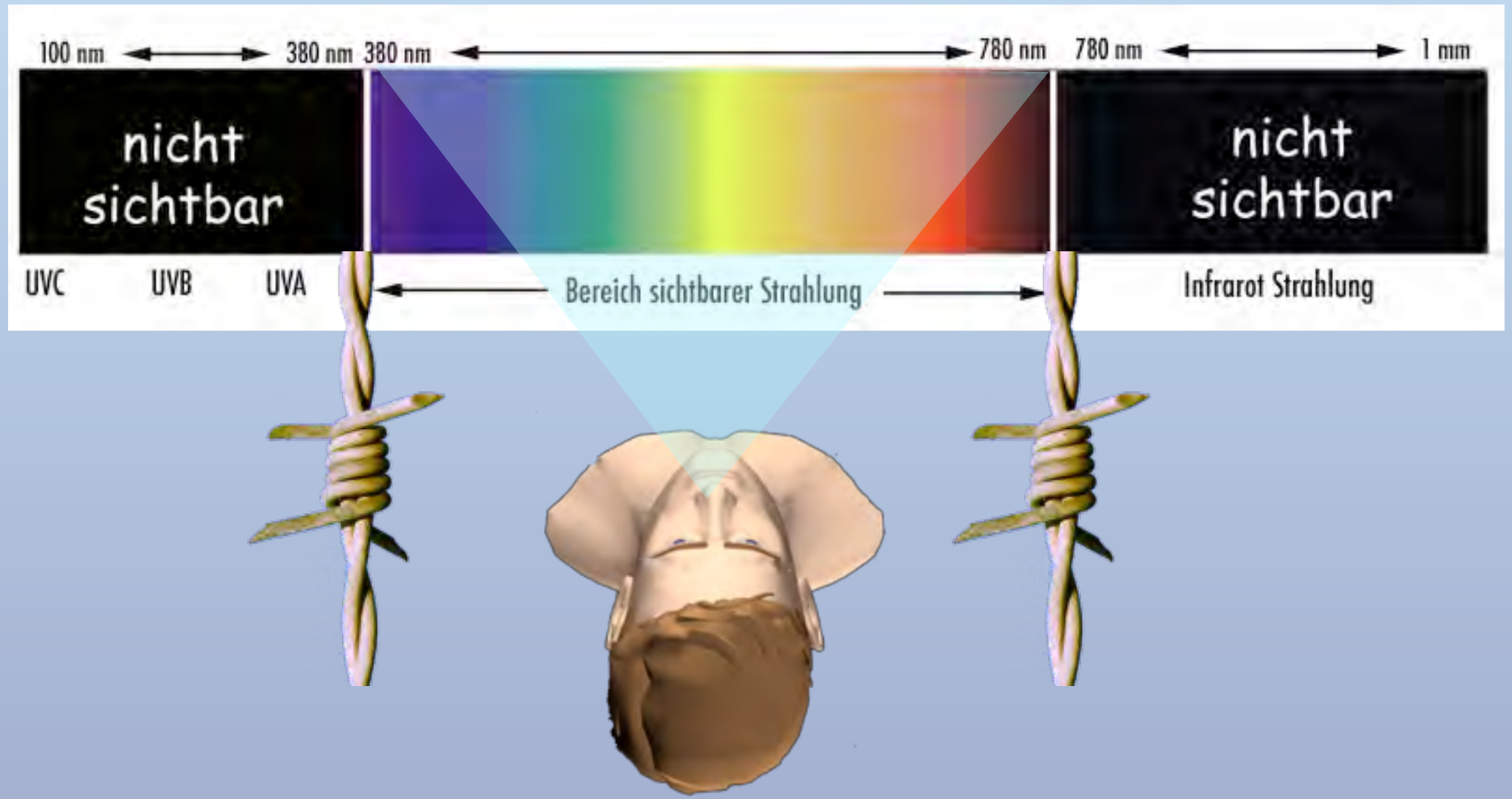
Künftig

Licht ▶ in Bezug auf Sehen

optische Strahlung ▶ in Bezug auf biologische Wirkungen

Wenn es um Gesundheit geht muss man die biologischen Wirkungen betrachten - Beleuchtung zum Sehen ist eher zweitrangig

Womit sich die Lichttechnik beschäftigt?



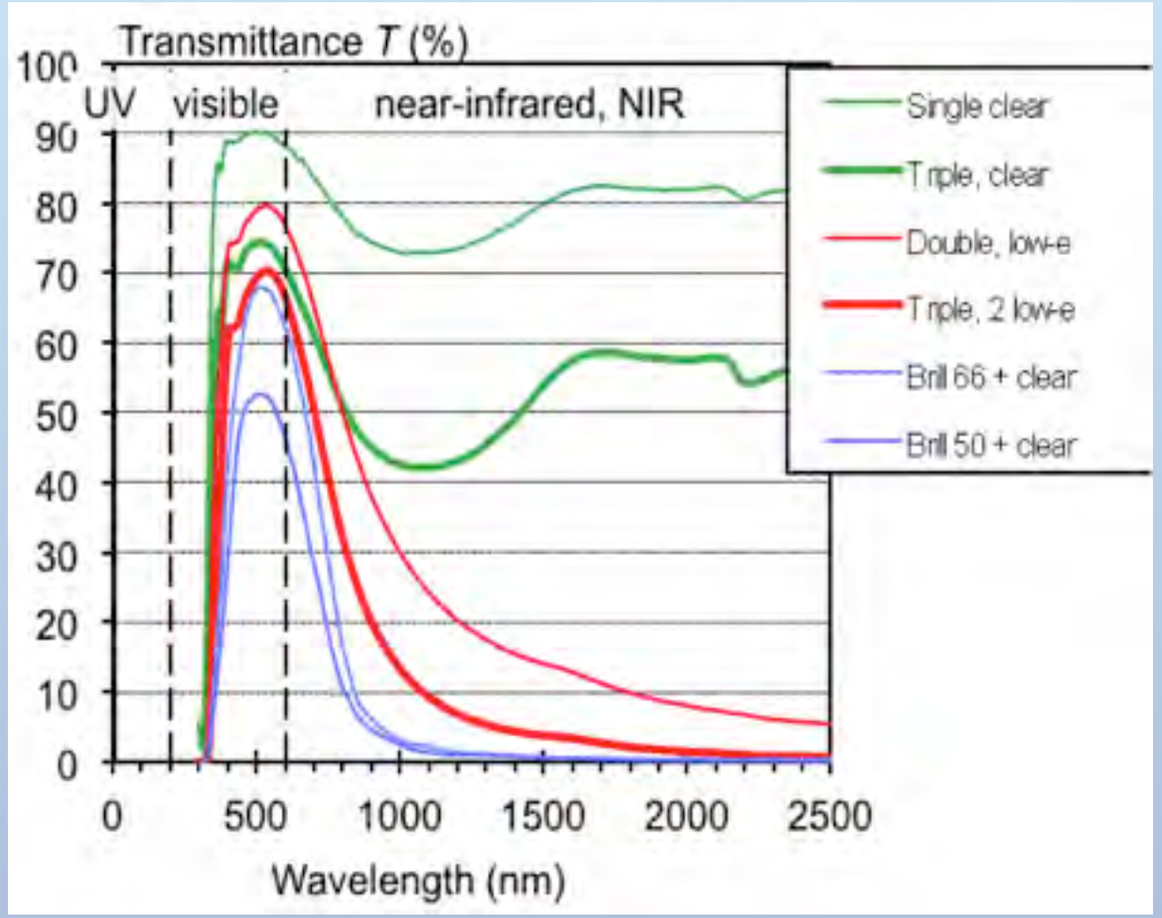
Womit sich die Lichttechnik beschäftigt?

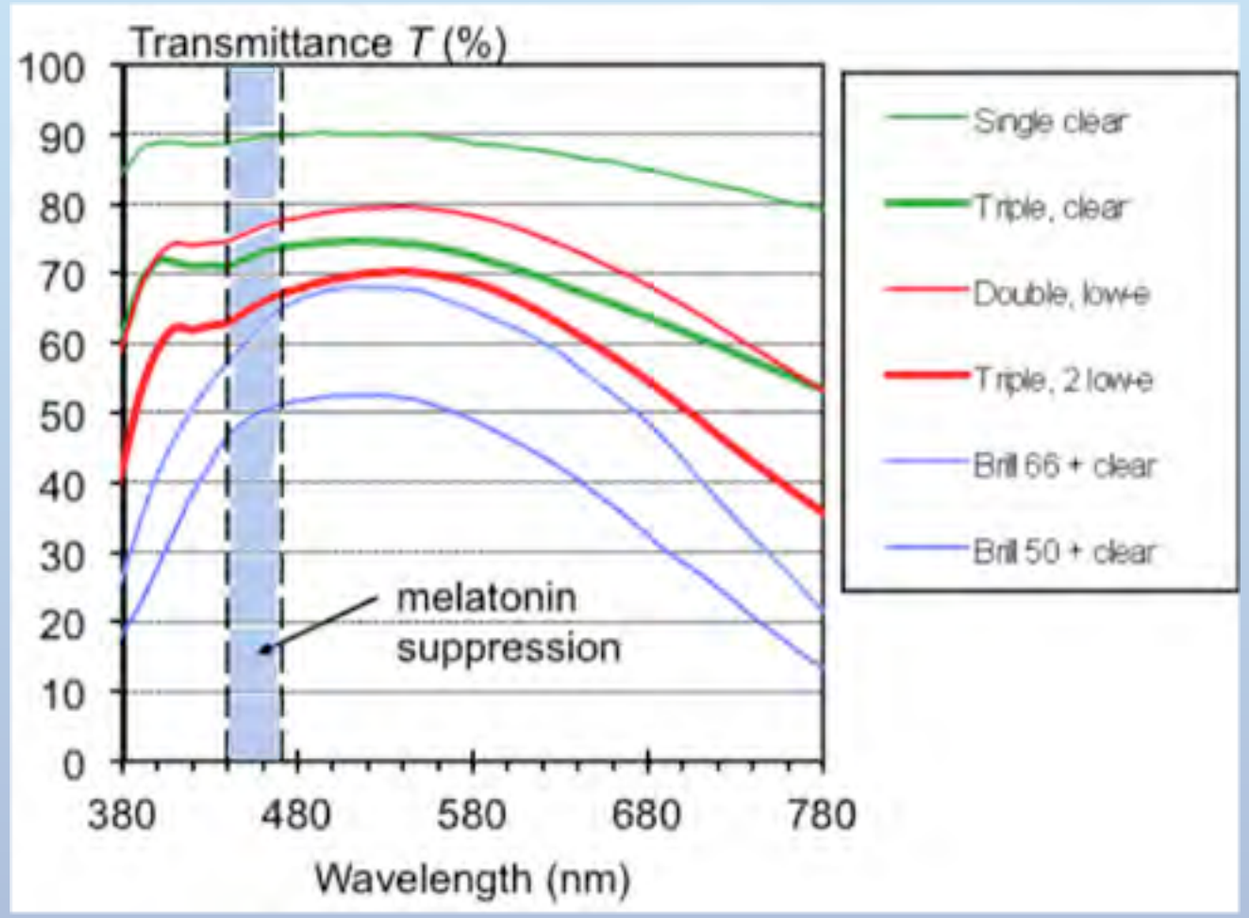
- Wieso diese Frage?
  - Die Natur kennt diese Grenzen nicht …
  - … und auch die Medizin kennt sie nicht!
  - UV stand bereits zu Beginn des Lebens „Pate“ und unerlässlich für gesundes Leben
  - IR - vielfältige „Heilwirkungen“ bis hin zur Wund- und Knochenheilung

Tageslicht im Innenraum

- **Tageslicht ist optische Strahlung mit …**
  - Licht zum Sehen
  - UV für die Vitamin D-Bildung
  - Infrarot für vielfältige lebenswichtige biologische Vorgänge
- **Tageslicht …**
  - **ist veränderlich über den Tag und über das Jahr in Intensität und Farbe**
  - **hat kontinuierliches Spektrum**
  - **weist beste Farbwiedergabeeigenschaften auf**
  - **übertrifft in der Intensität die künstliche Beleuchtung von Arbeitsräumen um mehr als drei Zehnerpotenzen!**

Tageslicht im Innenraum = natürliches Licht?





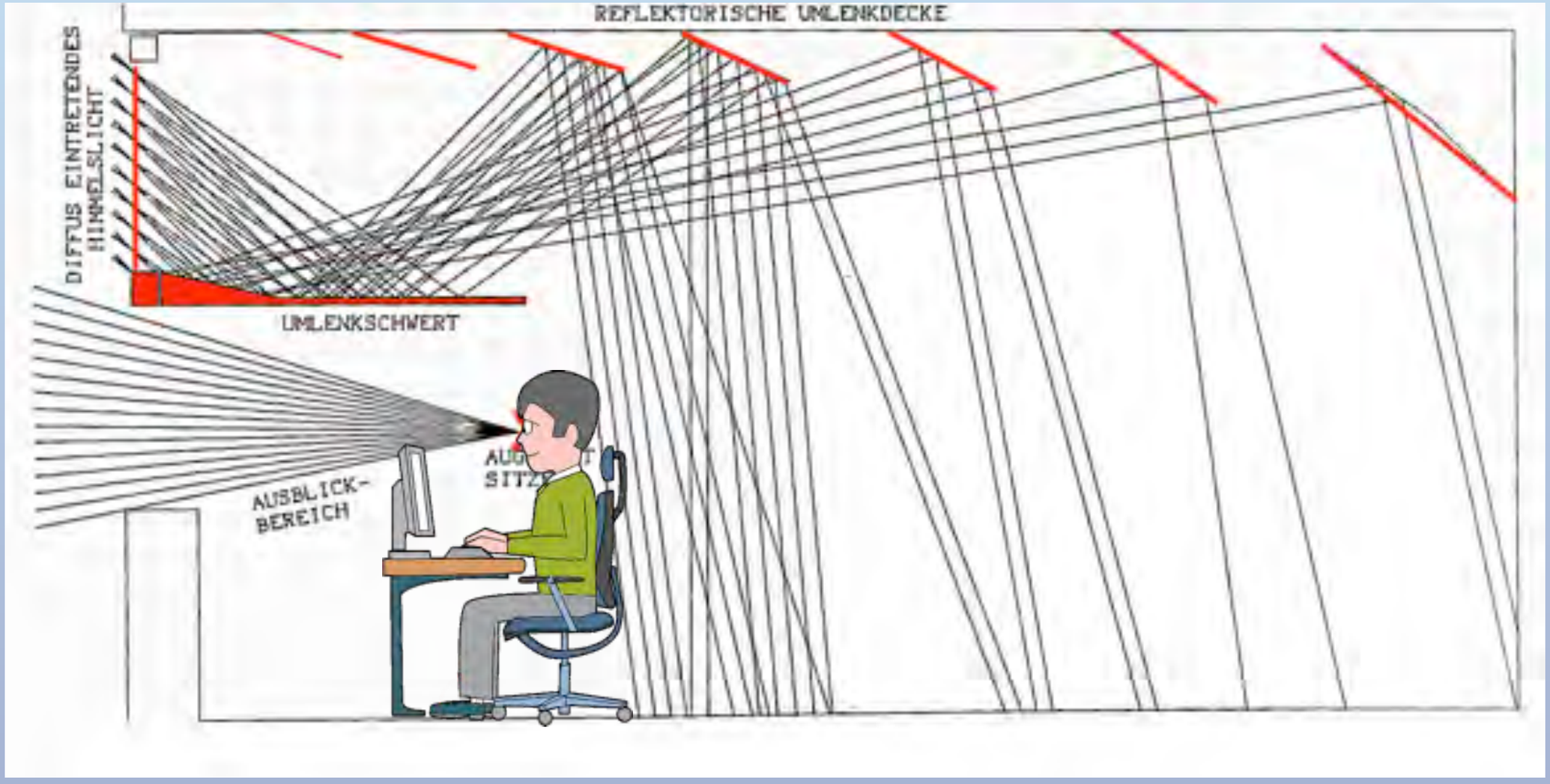
Tageslicht im Innenraum ist verfälschtes Licht ohne optische Strahlung

(Bülow-Hübe, H., Daylight in glazed office buildings – A study of daylight availability, luminance and illuminance distribution for an office room with three different glass areas, Report EBD-R-08/17, Lund University, 2008 8)

Tageslicht im Innenraum

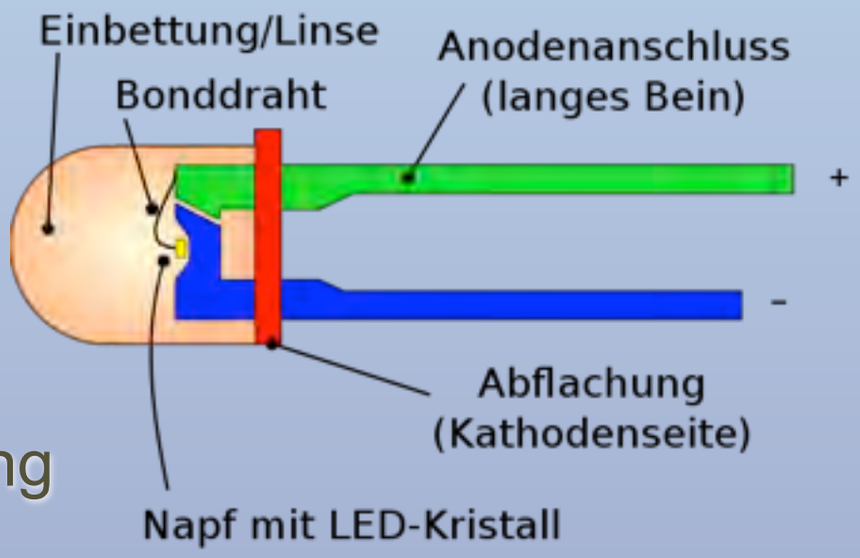
- **Tageslicht im Innenraum …**
  - Licht zum Sehen
  - keine UV, daher Vitamin D Mangel bei große Teilen der Bevölkerung im Winter
  - Infrarot bei modernen Gläsern unerwünscht wegen Wärmeschutz
  - „Sonnenschutz“ verändert häufig die Farbe und verhindert die Sichtverbindung nach draußen
  - sog. „Tageslichtsysteme“ holen blaues Zenithlicht wegen der Konstanz in den Innenraum

Tageslicht im Innenraum



Womit sich die NEUE Lichttechnik beschäftigt?

- LED = light emitting diode, „Lumineszens-Diode“
  - Entdeckung ca. 1907 Henry Joseph Round (vermutlich)
  - Als Signallampe bekannt seit den 1960er Jahren
  - Lichtausbeute 0,1 lm/W in 1962 („Erfindung“)
  - Farben Rot/Gelb (1960er)
  - Farbe Grün (1970)
  - Grün/UV (1980er, 1990er)
  - Weiss (Konversion, 1995)
  - Entdeckung als Beleuchtung (ca. 2001 in der Automobilindustrie)
  - Erstes Bürohaus mit LED-Beleuchtung (nur LED) 2008 in Paris

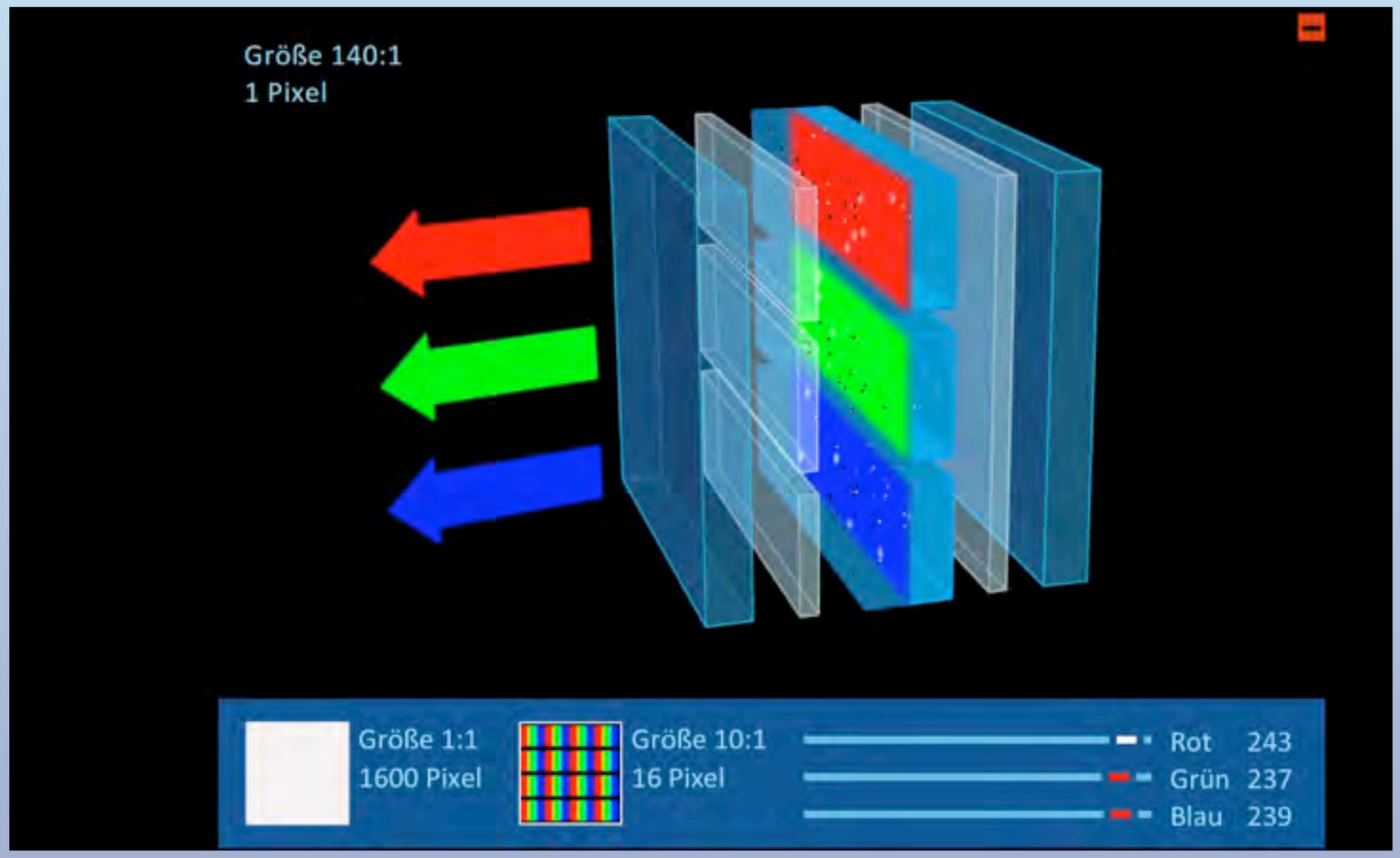


Womit sich die NEUE Lichttechnik beschäftigt?

- LED = light emitting diode, „Lumineszens-Diode“
  - Lichtemission ähnlich wie „Laser“ (monochrom)
  - Für Beleuchtung im Prinzip ungeeignet (das ist aber die Leuchtstofflampe auch)
  - Als Signallicht besonders geeignet, weil das Licht nicht gefiltert werden muss
  - „Weißes“ Licht durch Kombinationen mehrerer Farben bzw. Verwendung von Leuchtstoffen
  - Besonderes Merkmal: Licht wird getrennt von Wärme abgestrahlt (Strahlenbelastung durch Wärme besser beherrschbar als bei üblichen Lampen)

Womit sich die NEUE Lichttechnik beschäftigt?

- OLED = organic light emitting diode



Womit sich die NEUE Lichttechnik beschäftigt?

- OLED = organic light emitting diode

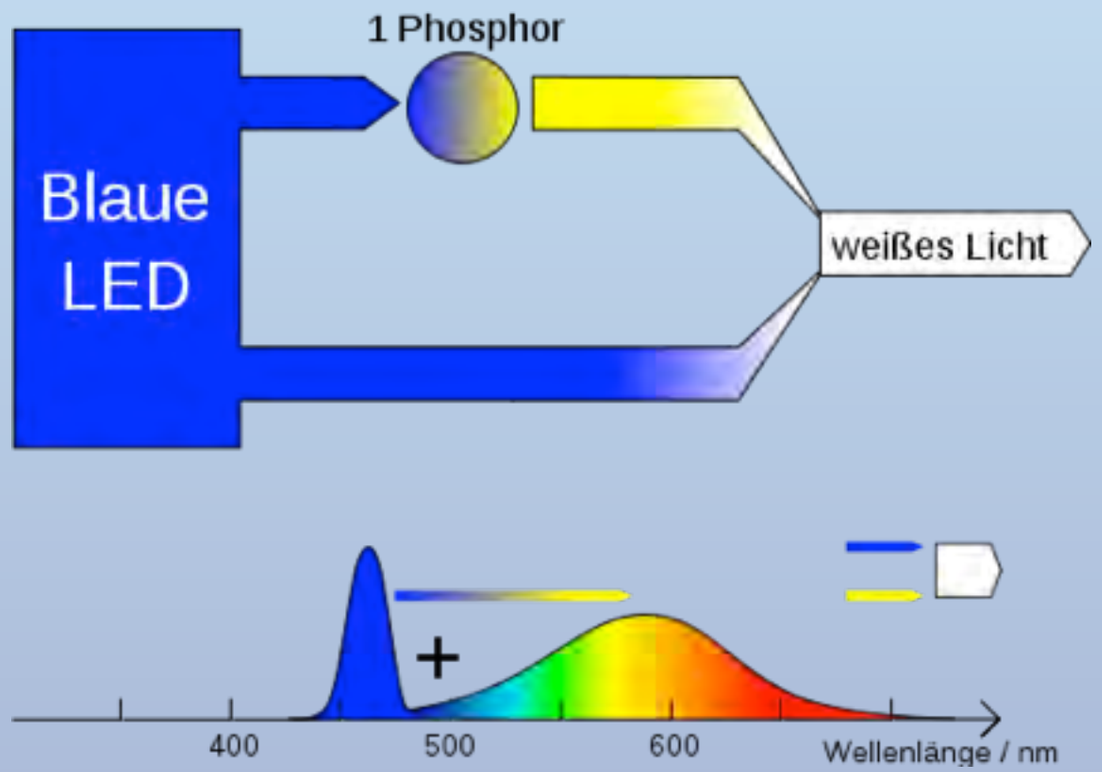
Womit sich die NEUE Lichttechnik beschäftigt?

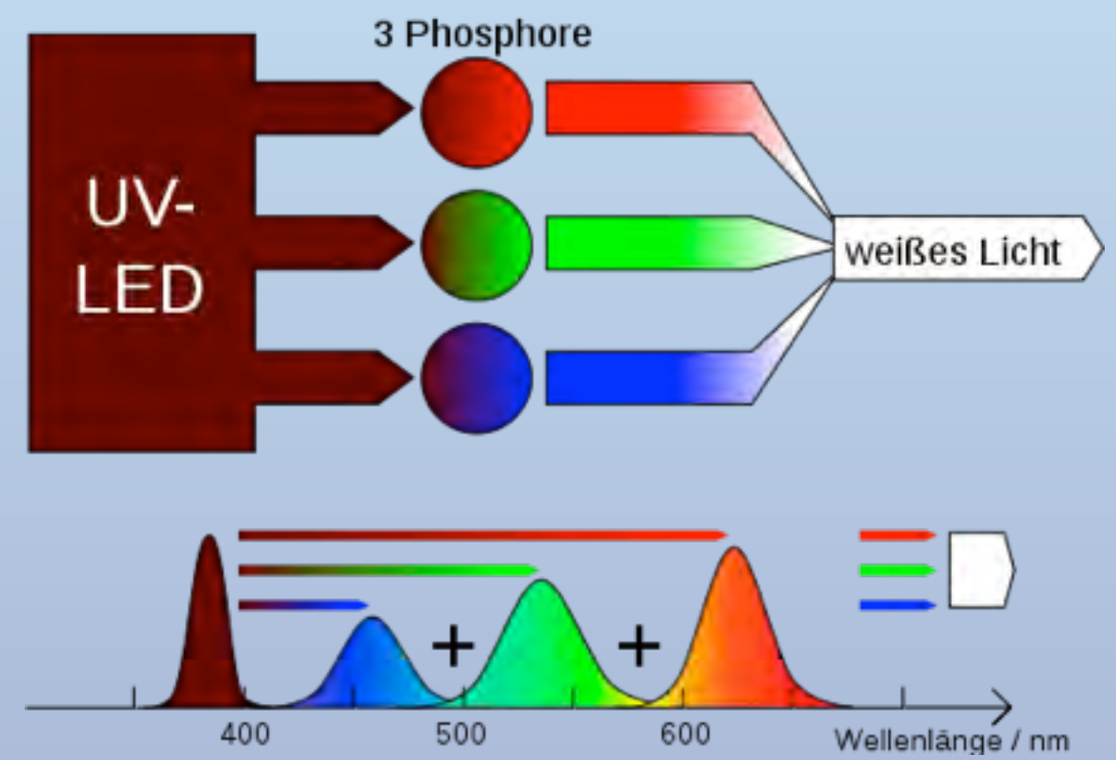
- OLED Besonderheiten
  - Großflächig
  - Gleichmäßig (leuchtende Wände, Möbel, Oberflächen als Computerdisplay und und und)
  - Bild relativ unabhängig vom Einblickwinkel
  - Biegsam
  - Steuerbar (sogar pixelweise)
  - Geringe Leuchtdichte (besser für Beleuchtung geeignet)
  - …

Arten von Lichterzeugung

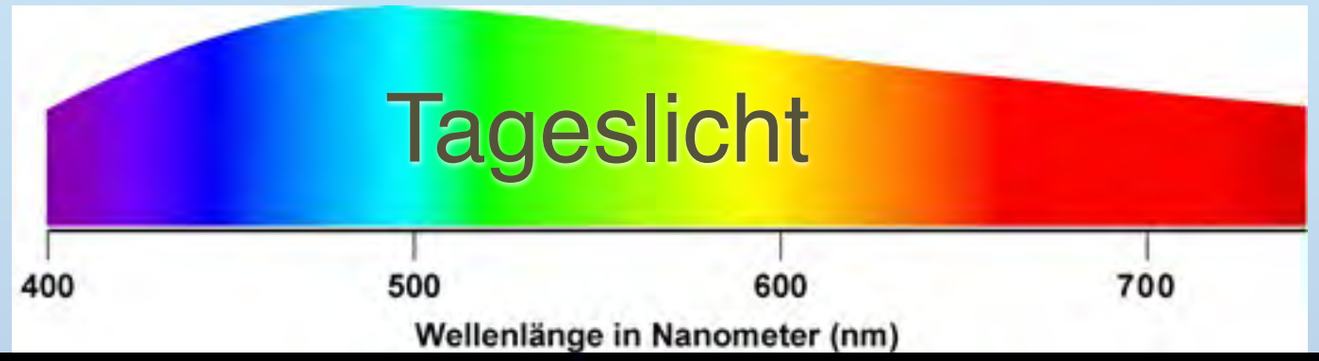
- **Festkörper** emittieren kontinuierliche Spektren (z.B. die Glühlampe)
- Gase (**Plasma**) emittieren „Banden“ oder Linien (z.B. die Leuchtstofflampe)
- **LED** (Laser) emittieren Linien
- **Leuchtstoffe** („Phophor“) wandeln Linien bzw. Banden in breitere Spektren um.

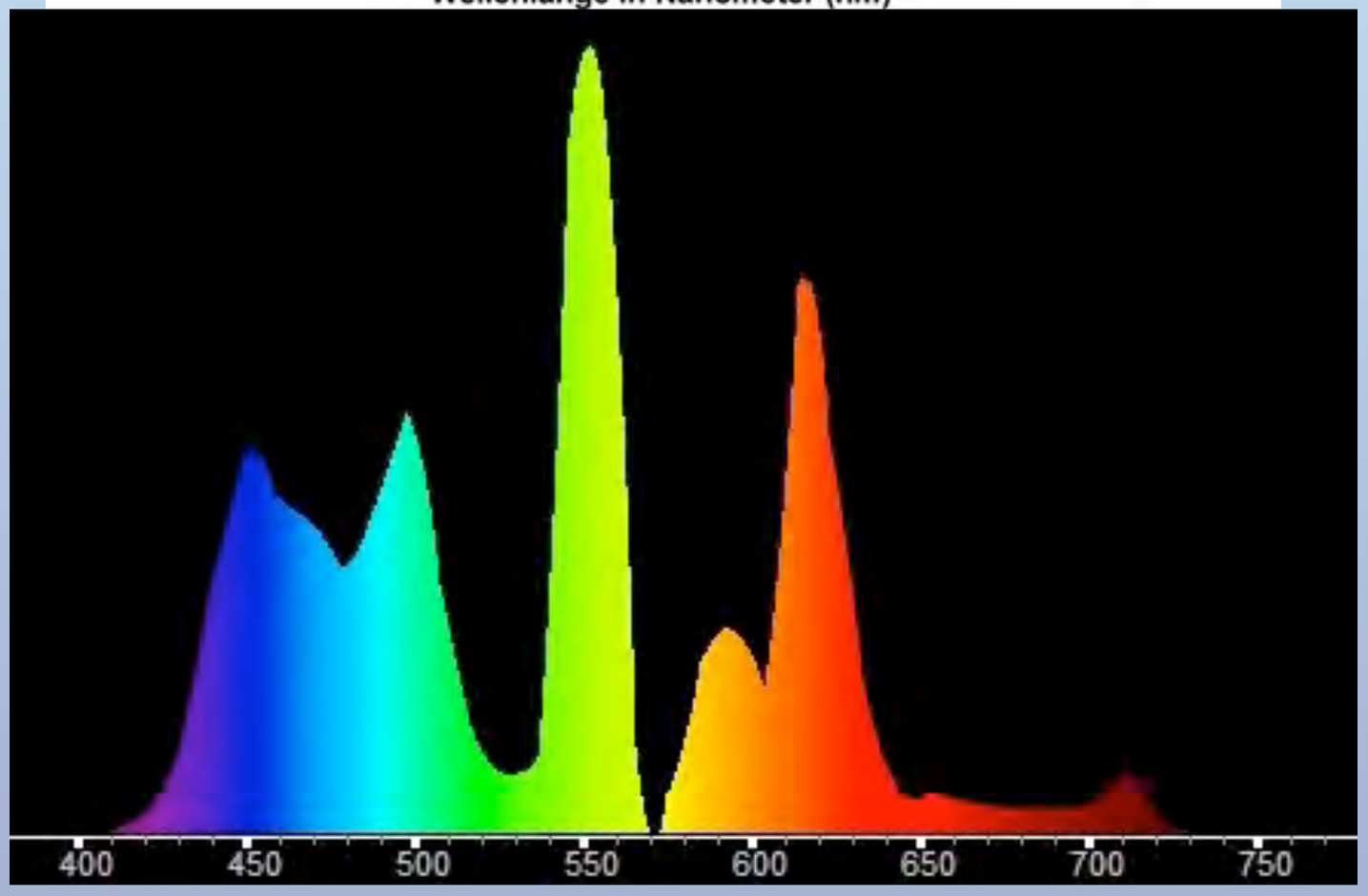
Arten von Spektren



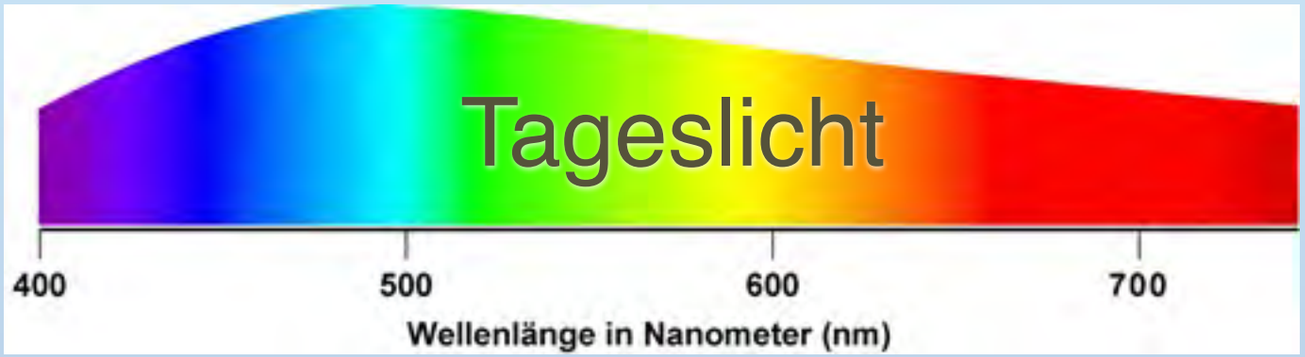


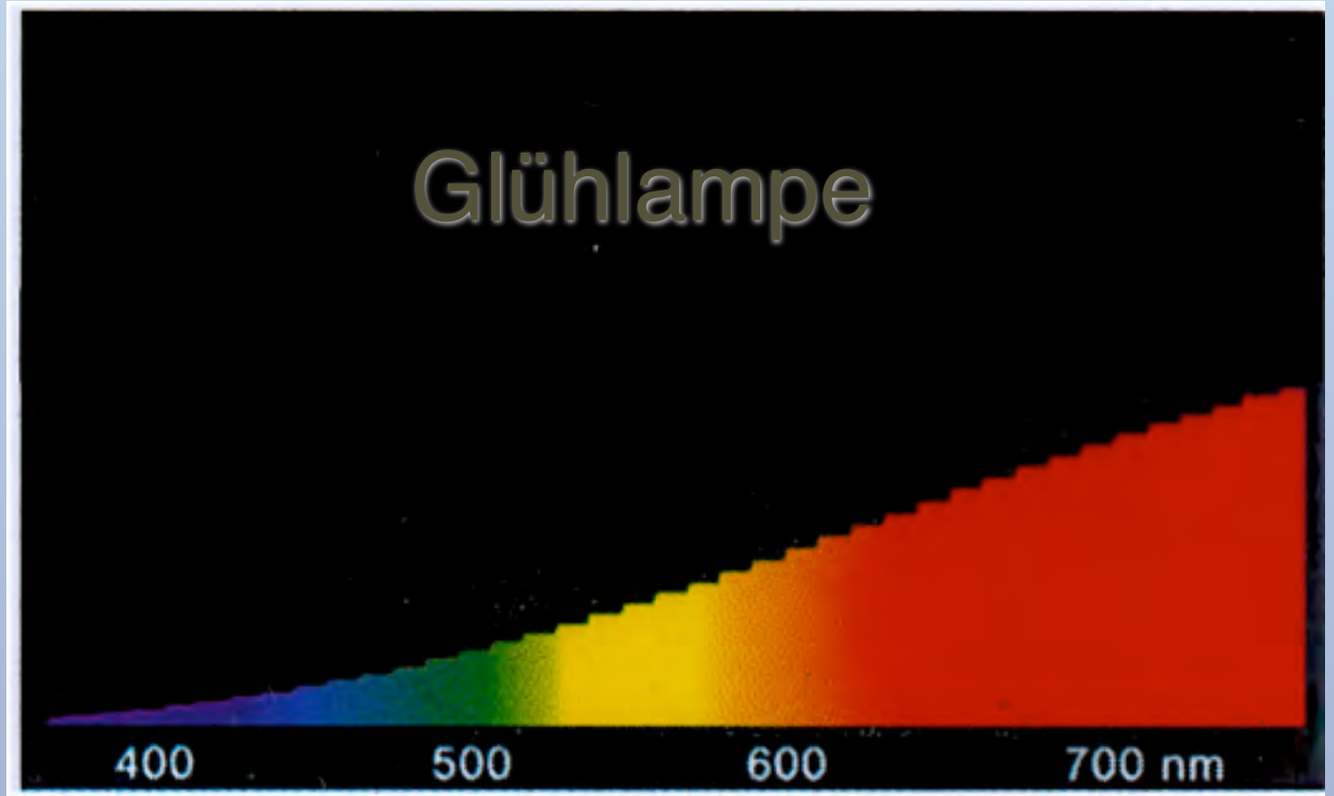
Arten von Spektren





Arten von Spektren





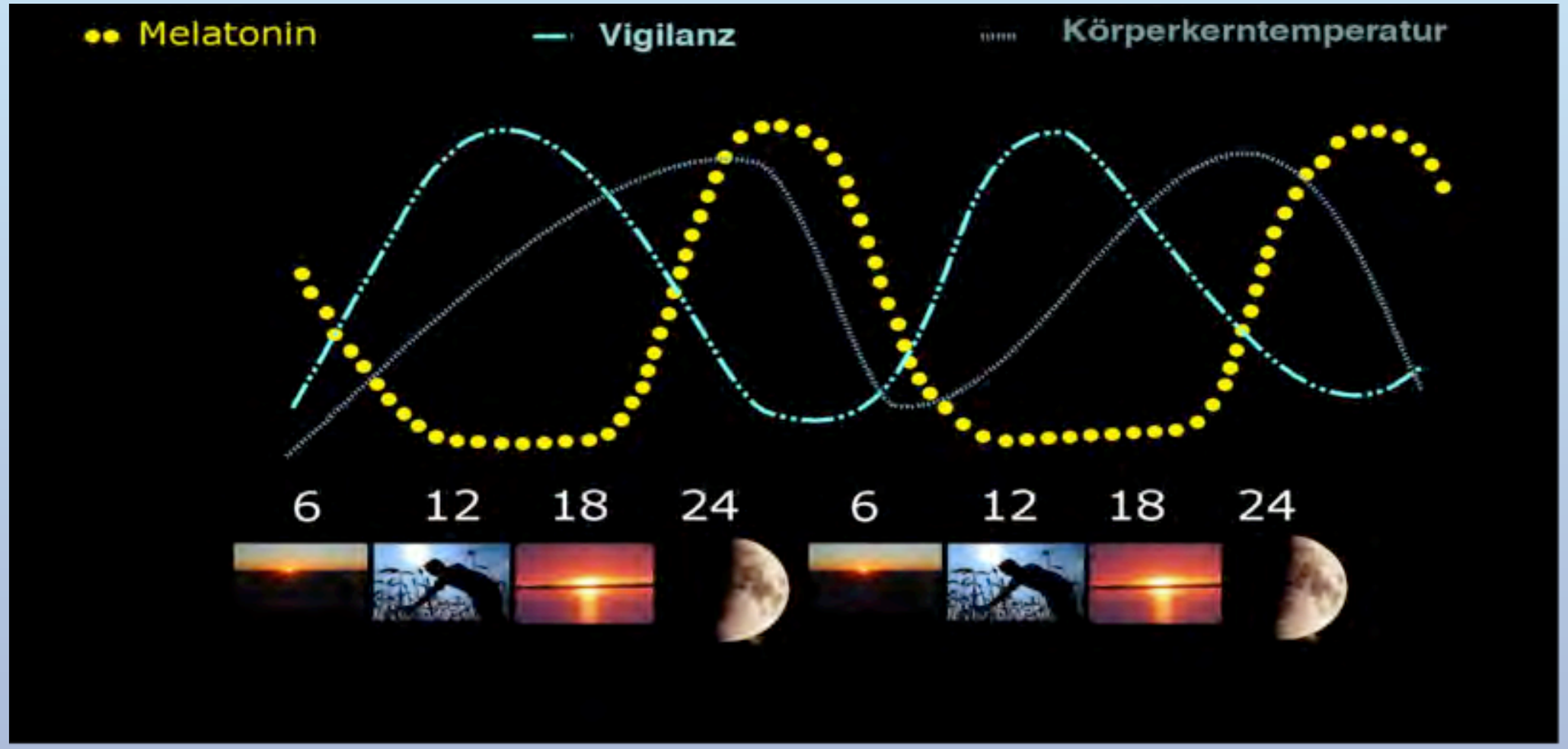
Womit sich die neue Lichttechnik auch beschäftigt:
Wissenschaftlich nachgewiesene Wirkungen des Lichts auf …

- Hirnaktivität
- Herzaktivität
- Körperkerntemperatur
- Geschmackssinn
- Thermische Behaglichkeit
- Schlaf/Wach-Rhythmen
- Dauer und Qualität von Schlaf
- Jet-lag ähnliche Erscheinungen/ Phasenverschiebungen

Womit sich die neue Lichttechnik auch beschäftigt: **Erkrankungen mit Zusammenhang mit Licht**

- Bluthochdruck
- Brustkrebs
- Winterdepression
- Manisch-depressive Erkrankungen
- Essstörungen
- Pubertätsstörungen
- Altersdemenz
- …

Womit sich die neue Lichttechnik auch beschäftigt: **Biologische Wirkungen**

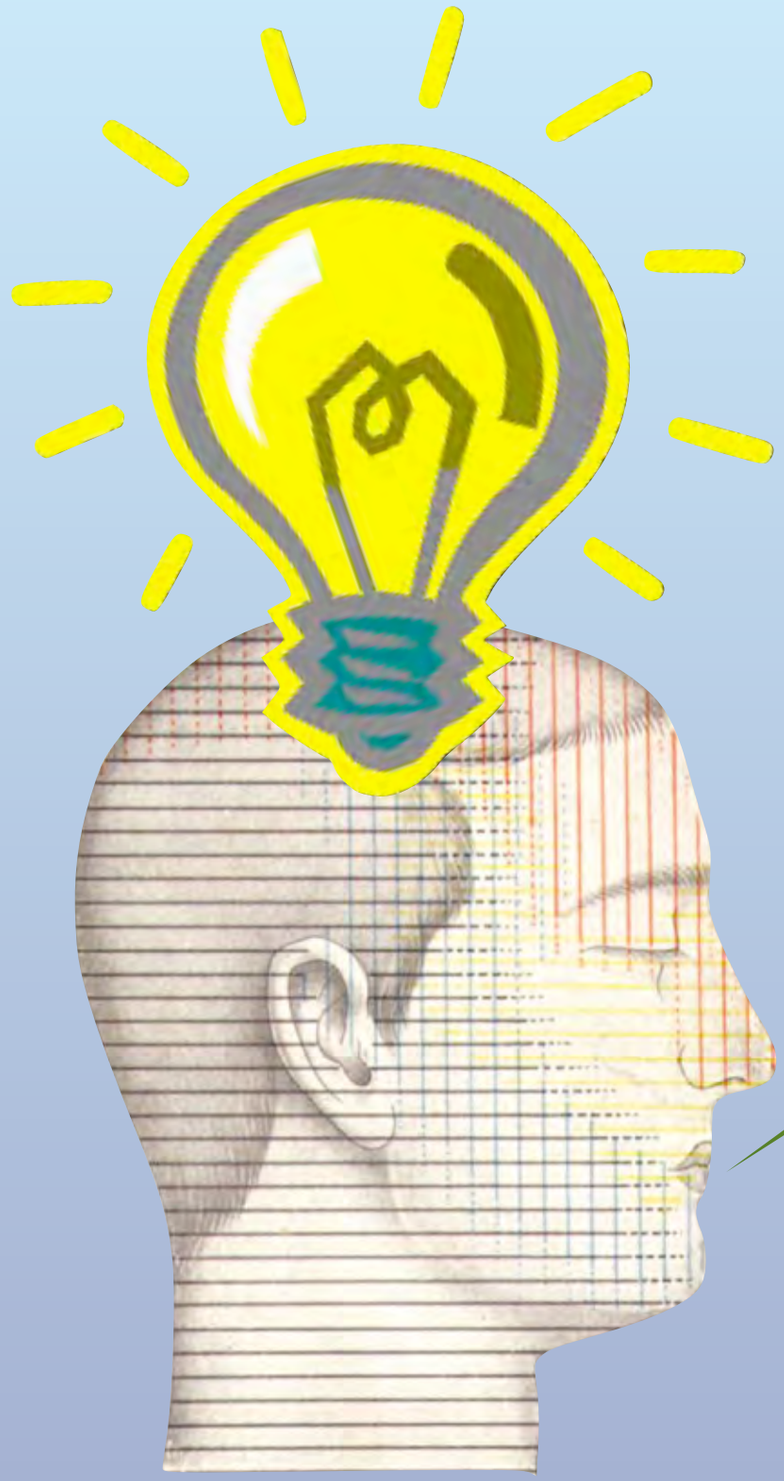


… und die werden durch einen Empfänger im Auge gesteuert, der im Jahr 2001 entdeckt wurde

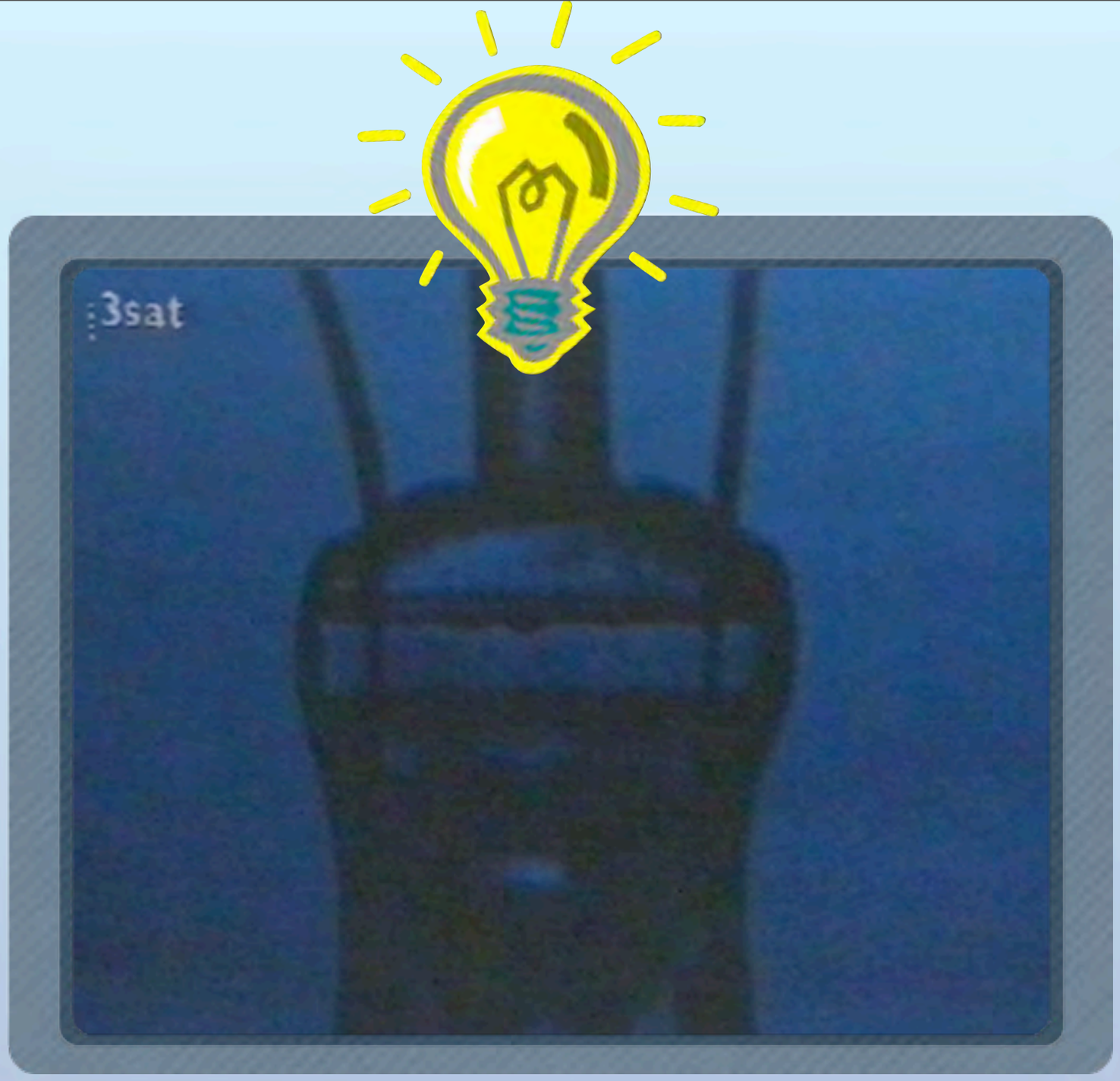
Im Anfang war das Licht...

und Menschen brauchen

GUTES LICHT



Gutes Licht?



Wo kommt die Denkweise her?

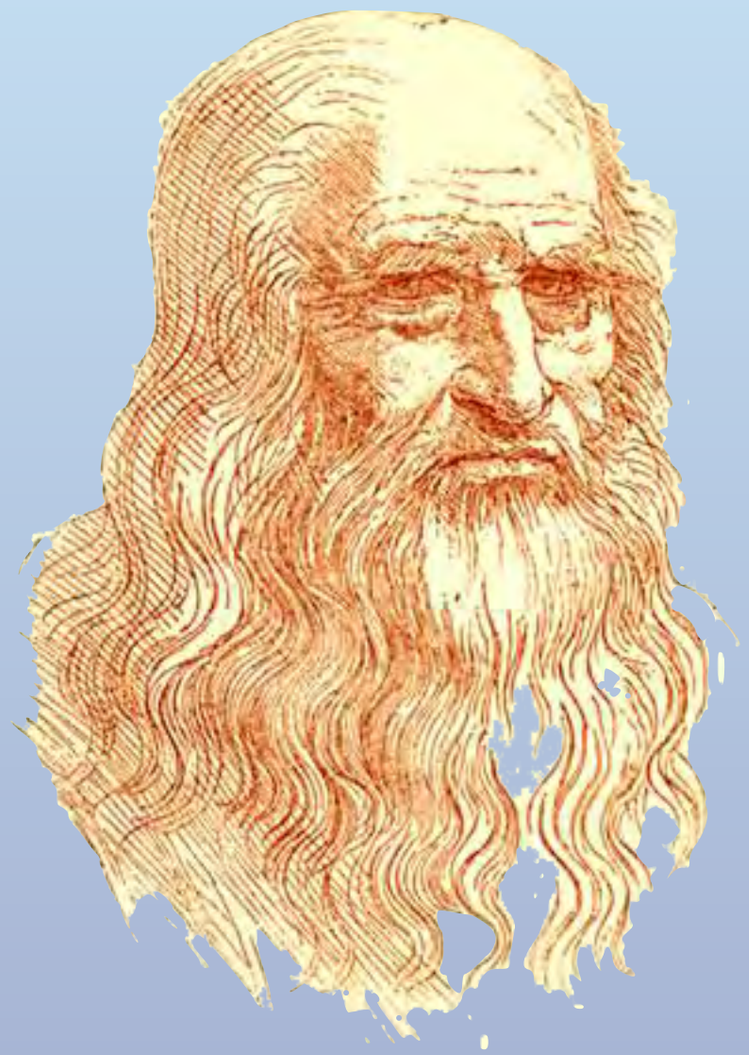
Wieso ist “Gutes Licht” gleich (künstliche) “Beleuchtung”?

IES TM-18-08 Expertise zu biologischen Wirkungen von Licht auf den Menschen

- **Die Überprüfung derzeitiger Erkenntnisse über die biologischen Wirkungen von Licht durch die Experten von IESNA (2008) ergab:**
  - **Licht wirkt sich auf vielfältige Art und Weise „nicht-visuell“ auf den Menschen aus …**
  - **Es ist zu früh, gestalterische Empfehlungen zu geben, man muss noch Feldstudien durchführen.**

Tageslicht kommt in der Expertise nicht vor!

Wer bestimmt, was gutes Licht für eine Arbeitsstätte ist?



- **Mitarbeiter?**
- **Chef?**
- **Direktor?**
- **Firma?**
- **Arbeitsminister(in)?**
- **Bundeskanzler(in)?**
- **??**

Was ist gutes Licht?

Wieso ist “Gutes Licht” gleich “Beleuchtung”?

- In vielen Staaten dominieren “Licht***technische***” Gesellschaften das Geschehen, …
- …und diese werden von ***Lichtingenieuren*** dominiert, die wiederum …
- … ***Funktionalität*** über Alles halten!

LUX ist kein Luxus

Darf man gutes Licht nur aus funktioneller Sicht betrachten?

„Der Beleuchtungstechniker kann seine Aufgaben nicht ohne Kenntnis und Berücksichtigung der Physiologie, vor allem aber der Psychologie (der Lehre, welche die Lebensvorgänge erforscht, die der inneren Wahrnehmung zugänglich sind), der seelischen Beeinflussung des Menschen durch Licht, wirklich zufriedenstellend zu lösen, und dies gilt bei der richtigen Beleuchtung am Tage.“

Walter Schneider, im Jahre 1952
Gründer des Normenausschusses Lichttechnik

Und so sprach sein Nachfolger 40 Jahre später

Stressor oder Stimulans?

- Die künstliche Beleuchtung von Innenräumen muß den Forderungen der Gesundheit und Schönheit entsprechen, dabei zweckmäßig und wirtschaftlich sein.
  (DIN 5035 aus 1935)
- Die künstliche Beleuchtung ist eine der wichtigsten Ursachen für das „Sick Building Syndrome“
  Alan Hedge,
  Professor of Human Factors and Ergonomics, 1991
- Risikofaktor Kunstlicht : Stress durch falsche Beleuchtung.
  John Ott, 1989 (Buchtitel)

Gesundes Licht in der Arbeitsstätte
Was sagt die Arbeitsministerin dazu?

(ASR A3.4 aus 2011)

- Die Arbeitsstätten müssen möglichst ausreichend Tageslicht erhalten. Eine Beleuchtung mit Tageslicht ist der Beleuchtung mit ausschließlich künstlichem Licht vorzuziehen.
- Die Einrichtung fensternaher Arbeitsplätze ist zu bevorzugen.
- Wenn die Forderung nach ausreichendem Tageslicht in bestehenden Arbeitsstätten oder auf Grund spezifischer betriebstechnischer Anforderungen nicht einzuhalten ist, sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung andere Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes erforderlich. Eine andere Maßnahme besteht in der Einrichtung und Nutzung von Pausenräumen mit hohem Tageslichteinfall in Verbindung mit einer geeigneten Pausengestaltung.

Licht und Gesundheit
Methoden - Fragen - Phasen

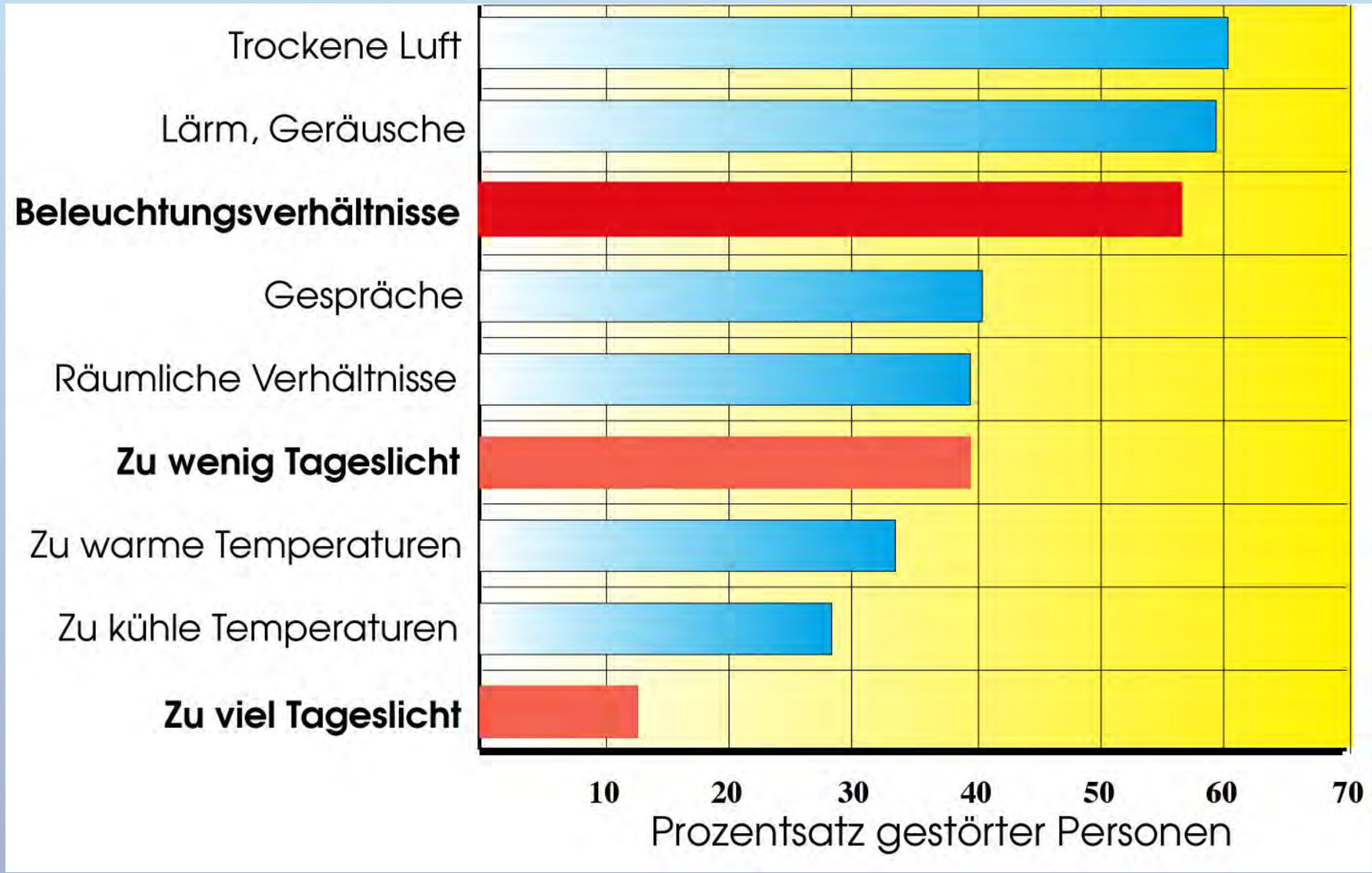
Vollständige Beschreibung: www.healthylight.de

Licht und Gesundheit
Methoden - Stichproben

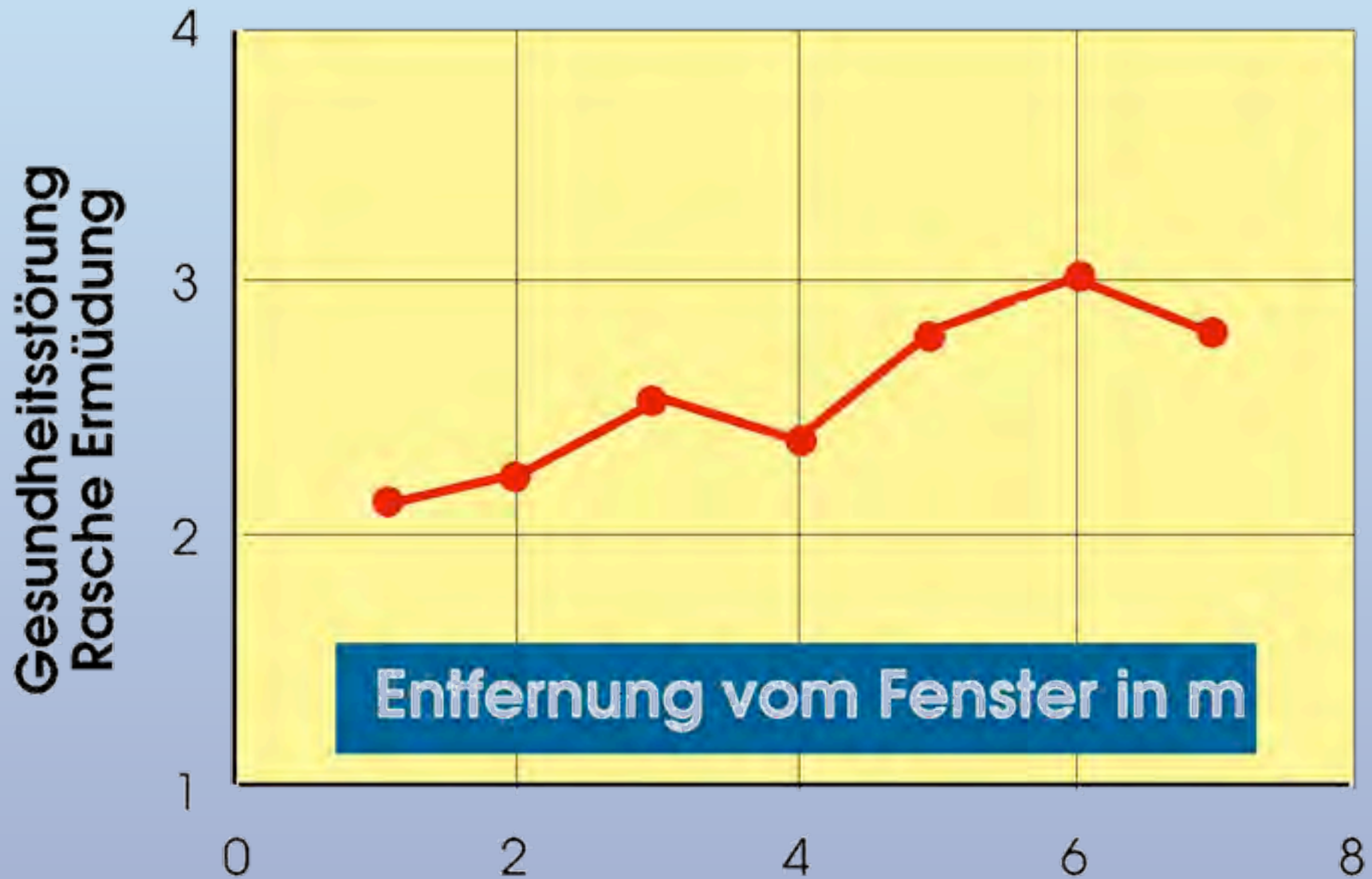
Phase I (Feldstudien)	Büromitarbeiter (2,000)	60% Frauen 40% Männer
Phase II (Umfrage)	Angestellte (833)	50.2% Frauen 49.8% Männer
Phase III (Feldstudien)	Computerbenutzer im Büro (1,500)	58 % Frauen 42 % Männer

Vollständige Beschreibung: www.healthylight.de

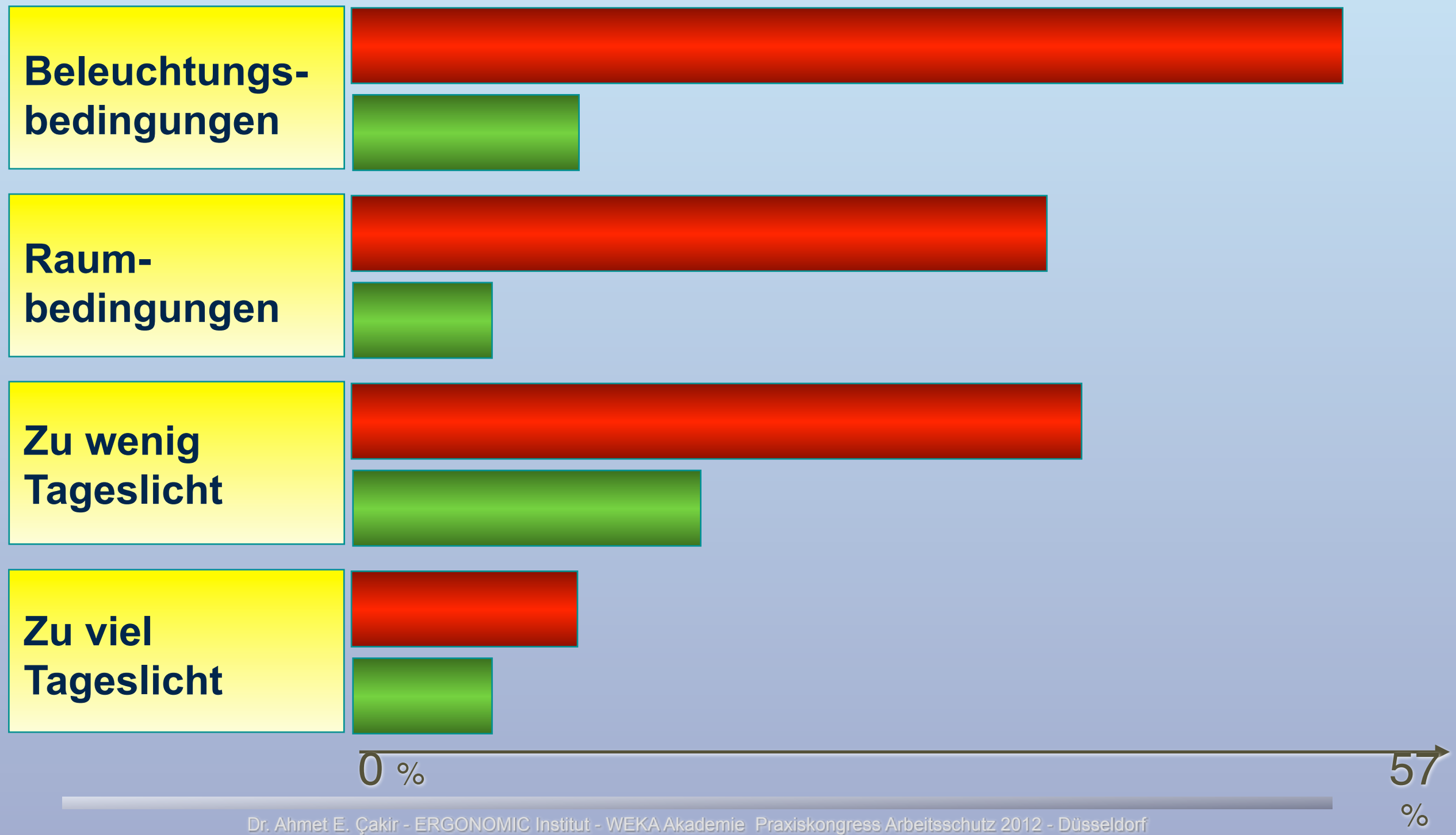
Beeinträchtigungen der Gesundheit im Büro …



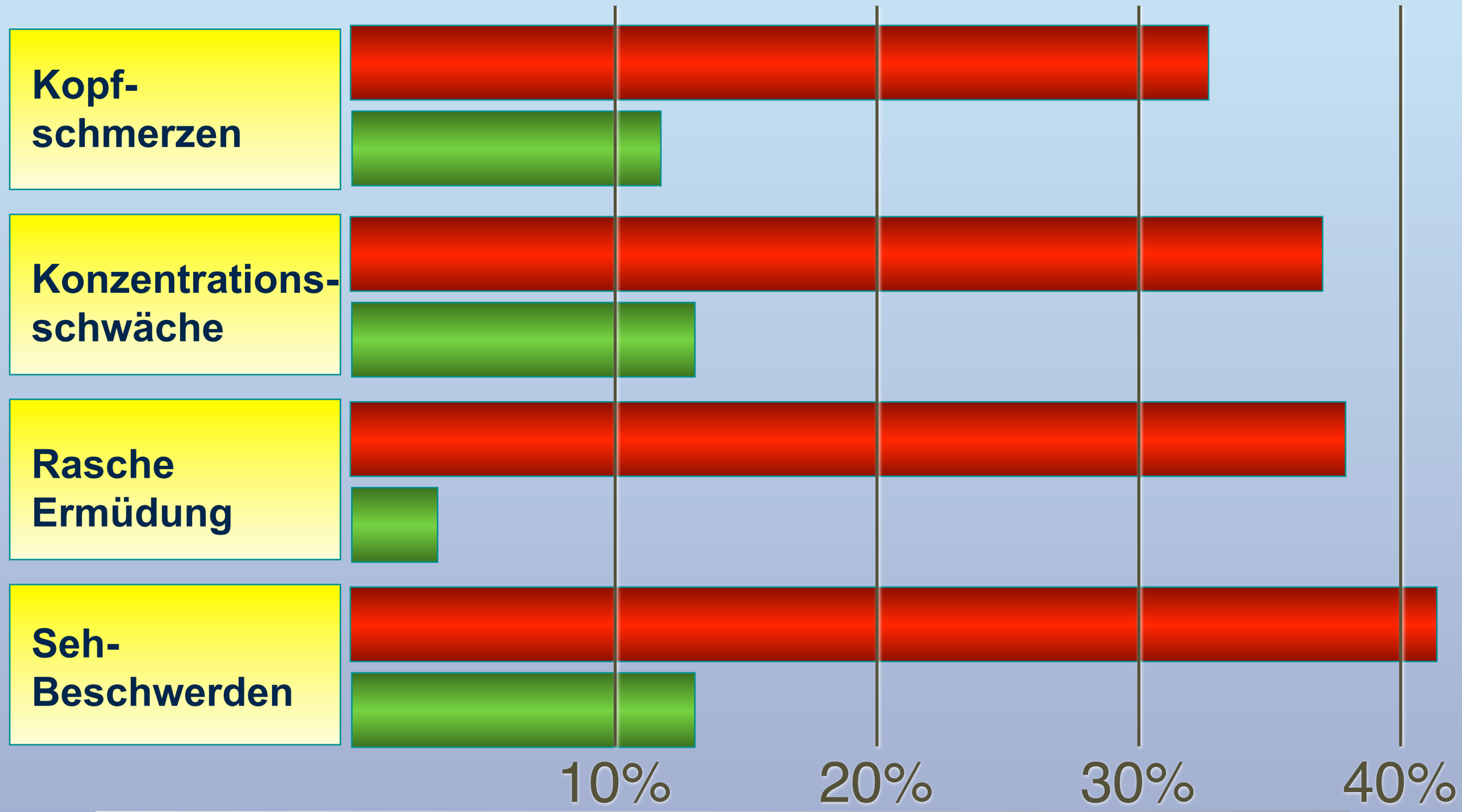
… und deren Zusammenhang mit Tageslicht



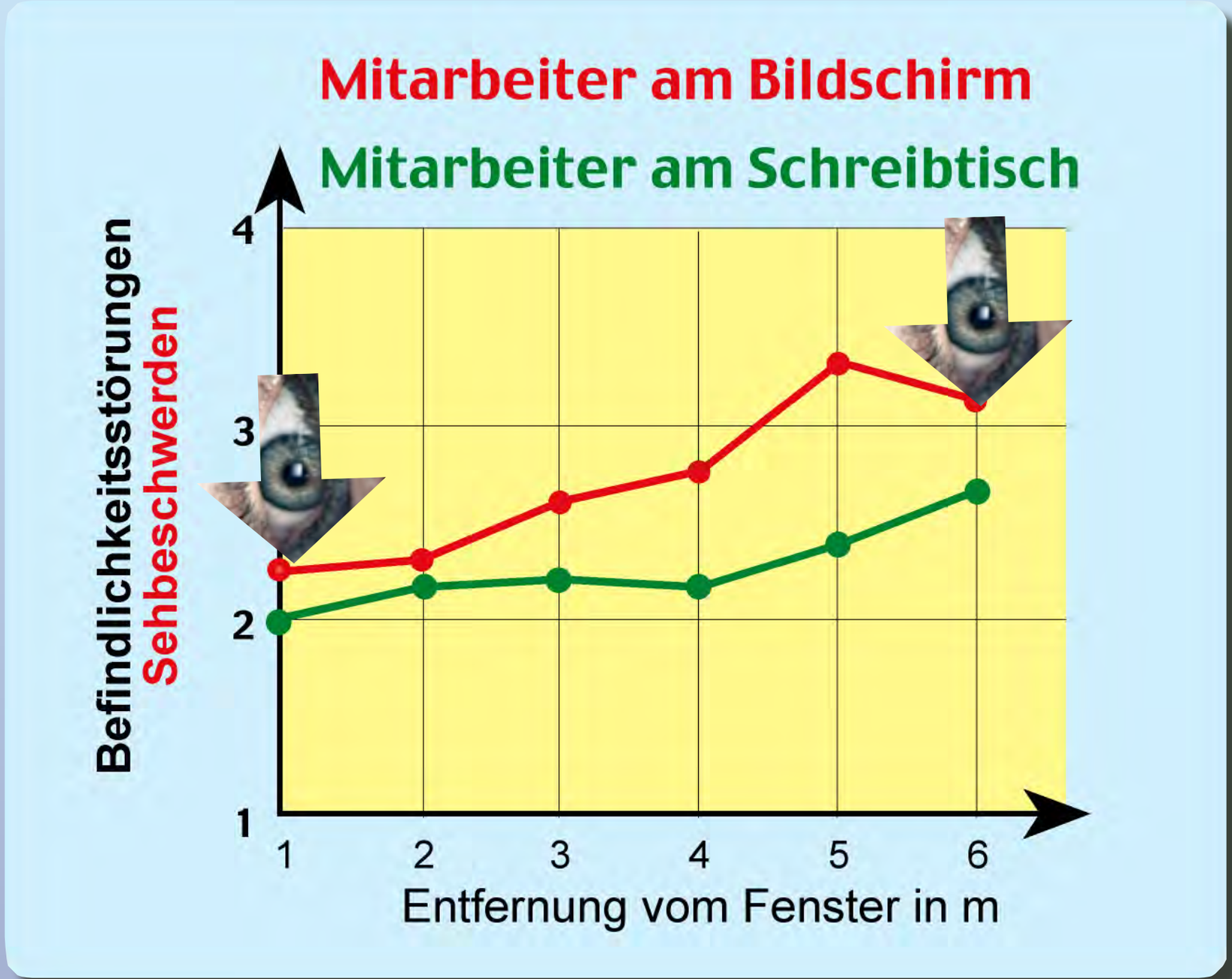
Beschwerden über die Arbeitsumgebung vor und nach der Verbesserung der Beleuchtung



So verringern sich Gesundheitsprobleme durch bessere Beleuchtung



Wo gibt es mehr Beschwerden?



Einflüsse der künstlichen Beleuchtung auf Gesundheit

- Alle Symptome von „Sick Building Syndrom“ (Müdigkeit, Benommenheit, Augenbrennen etc.) werden durch künstliche Beleuchtung erzeugt bzw. verstärkt.
- Kopfschmerzen gehen etwa zur Hälfte auf die künstliche Beleuchtung zurück.
- Winterdepression wird mittelbar durch künstlich beleuchtete Umgebung bedingt.

Zu hinterfragende Ergebnisse des Projekts „Licht und Gesundheit“

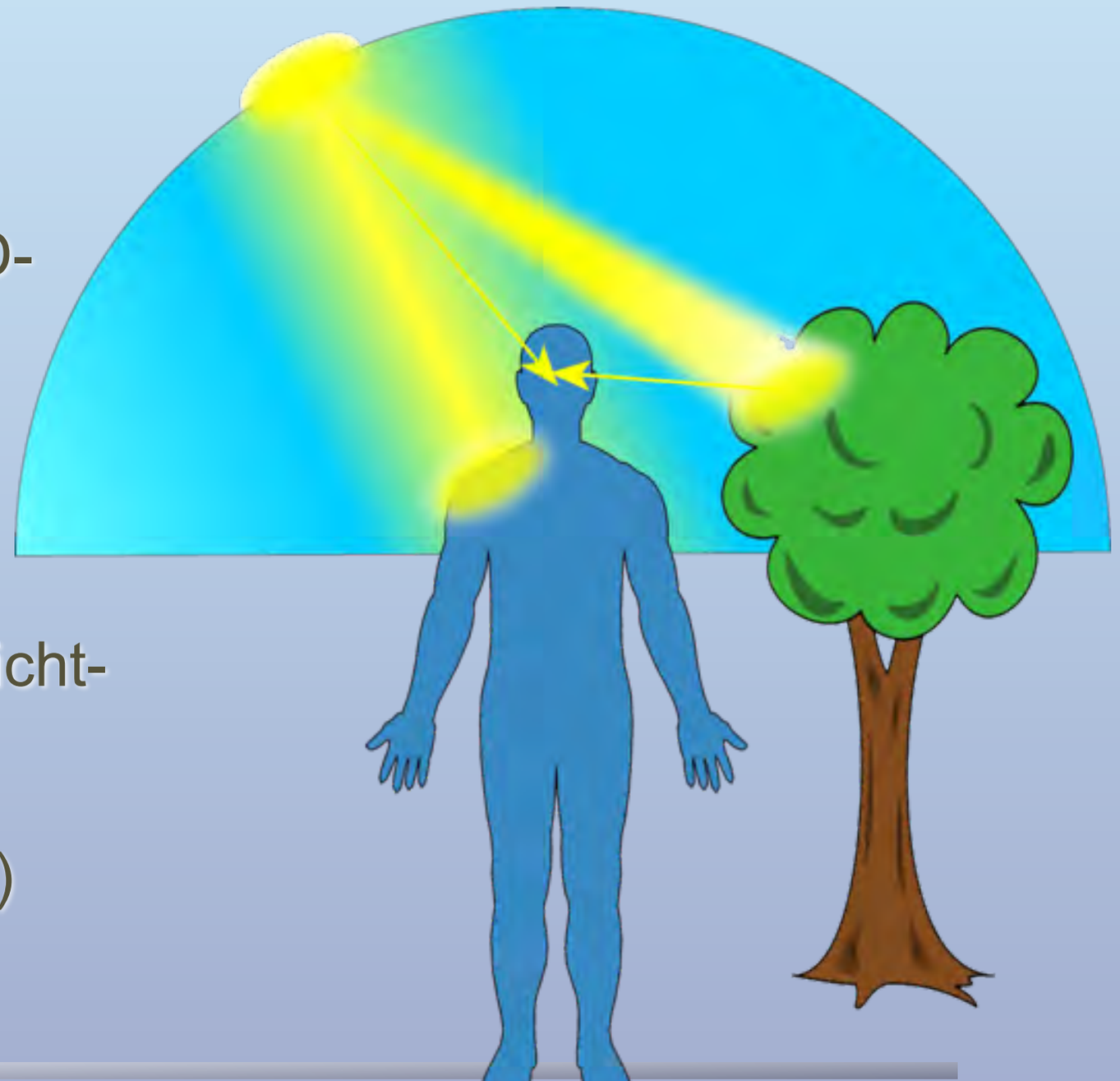
- Die Wirkung von Licht stellt sich a artet hoch heraus.
- Dort, wo das Tageslicht dor ben die Mitarbeiter die geringster erden
  - Über Sehen, Raum euchtung…
  - … aber auch ü e Umgebungs-bedingunger Klima)
  - … und a , wenn unübersehbare Störu . Spiegelungen auf dem Bild vorhanden sind!

Wieso?

Warum wirkt sich das die Beleuchtung derart gravierend aus?

Licht wirkt über

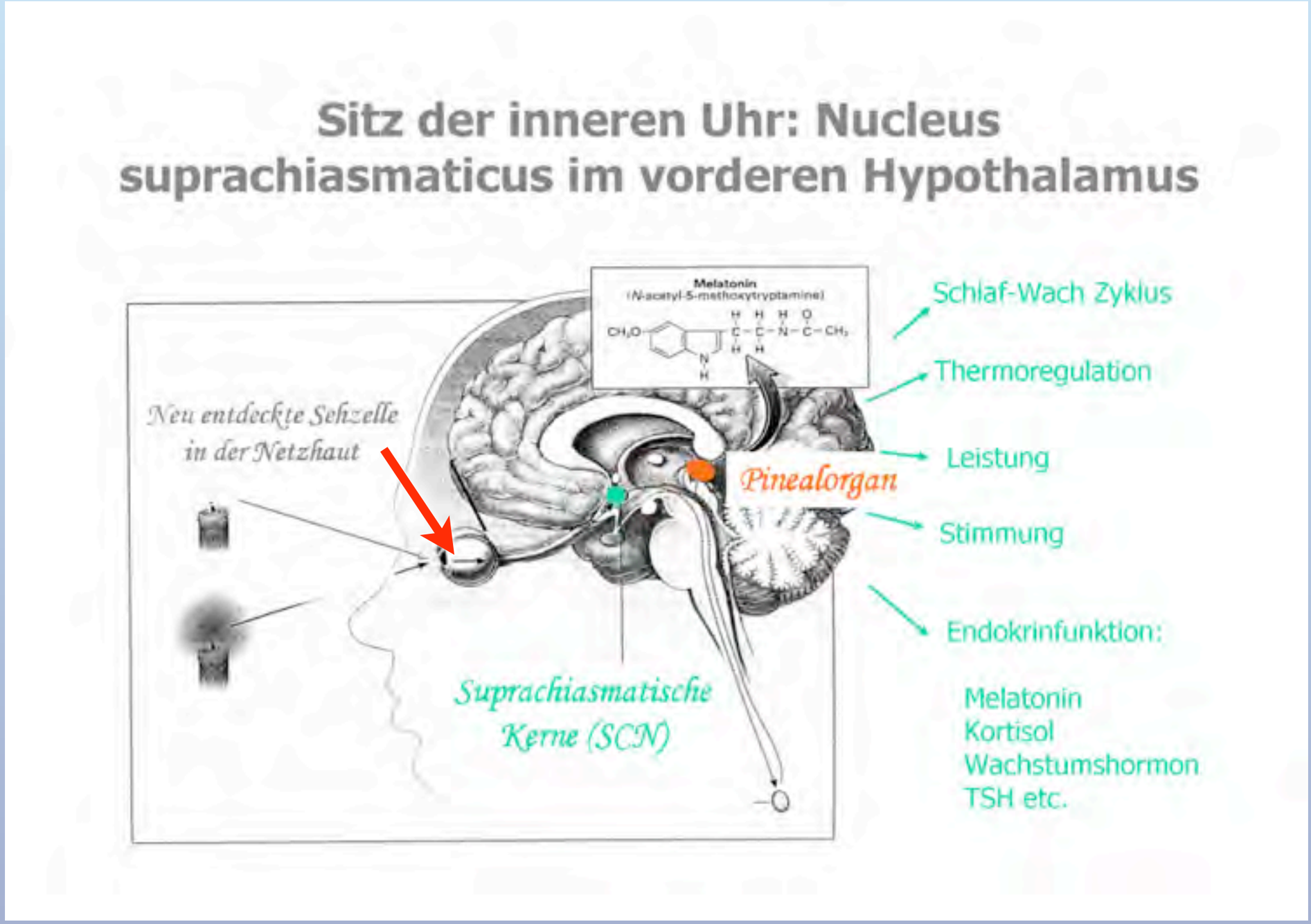
- die Haut (z.B. Vitamin-D-Bildung)
- die Netzhaut und den visuellen Wirkungspfad (Sehen)
- die Netzhaut und den nicht-visuellen Wirkungspfad (Steuerung von biologischen Rhythmen)



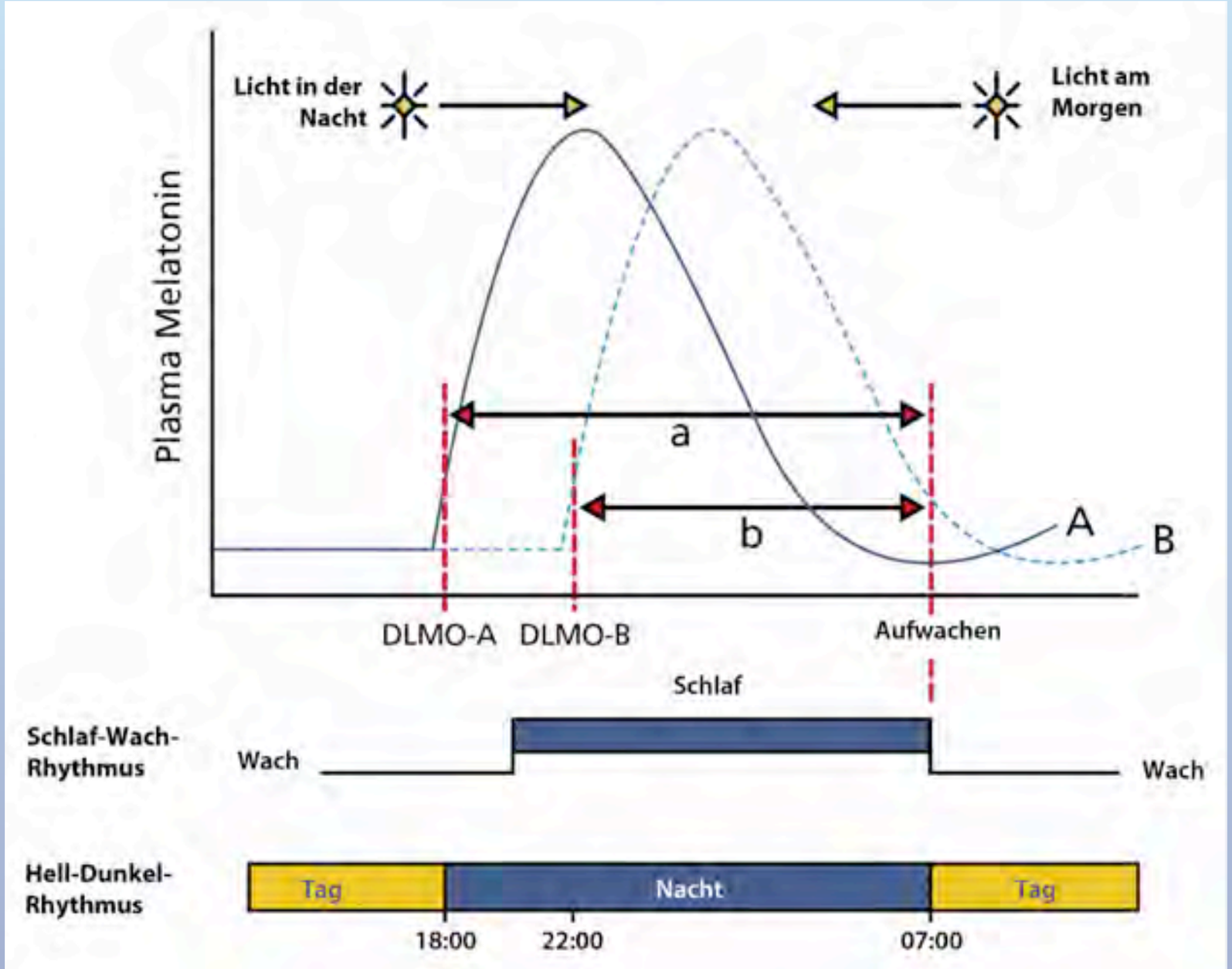
Neue entdeckte Rezeptoren bei den Ganglienzellen

- Ca. 2% der normalen Ganglienzellen enthalten Melanopsin und reagieren damit auf blaues Licht (460 nm).
- Sie werden „intrinsically photosensitive retinal ganglion cells“ (ipRGC) genannt.
- Sie arbeiten gleichzeitig als Ganglienzellen des visuellen Systems, können aber bei Ausfall des visuellen Systems allein arbeiten.
- Sie befinden sich vorwiegend im unteren Teil der Retina und mehr schläfen- als nasenorientiert.

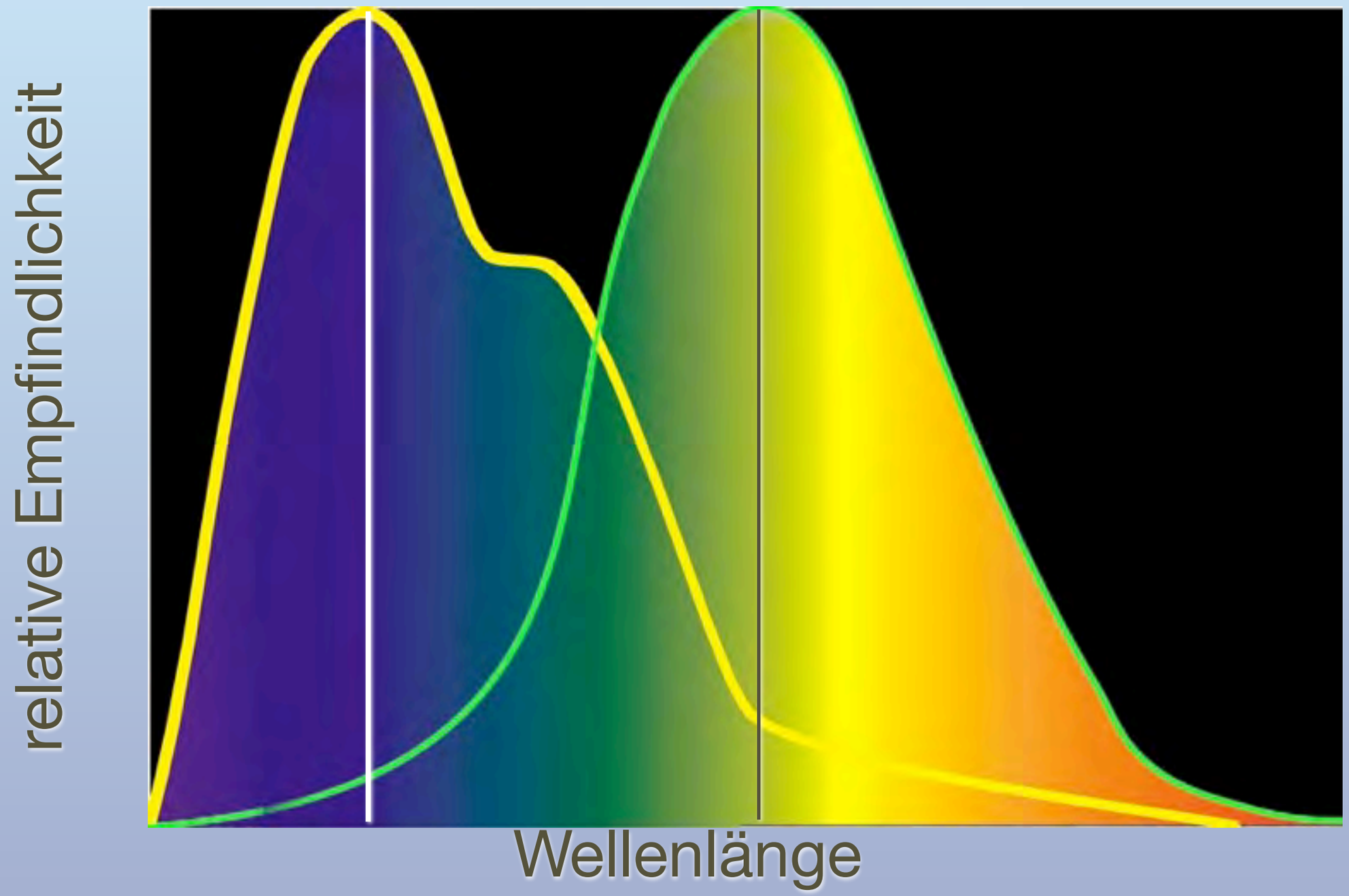
Nicht-visueller Wirkungspfad von Licht und Sitz der inneren Uhr im SCN



Verschiebung der Melatoninausschüttung und „sozialer Jetlag“



Wirkungsebenen von Licht und Strahlung
Sekundäre Wirkung: Hormonausschüttung



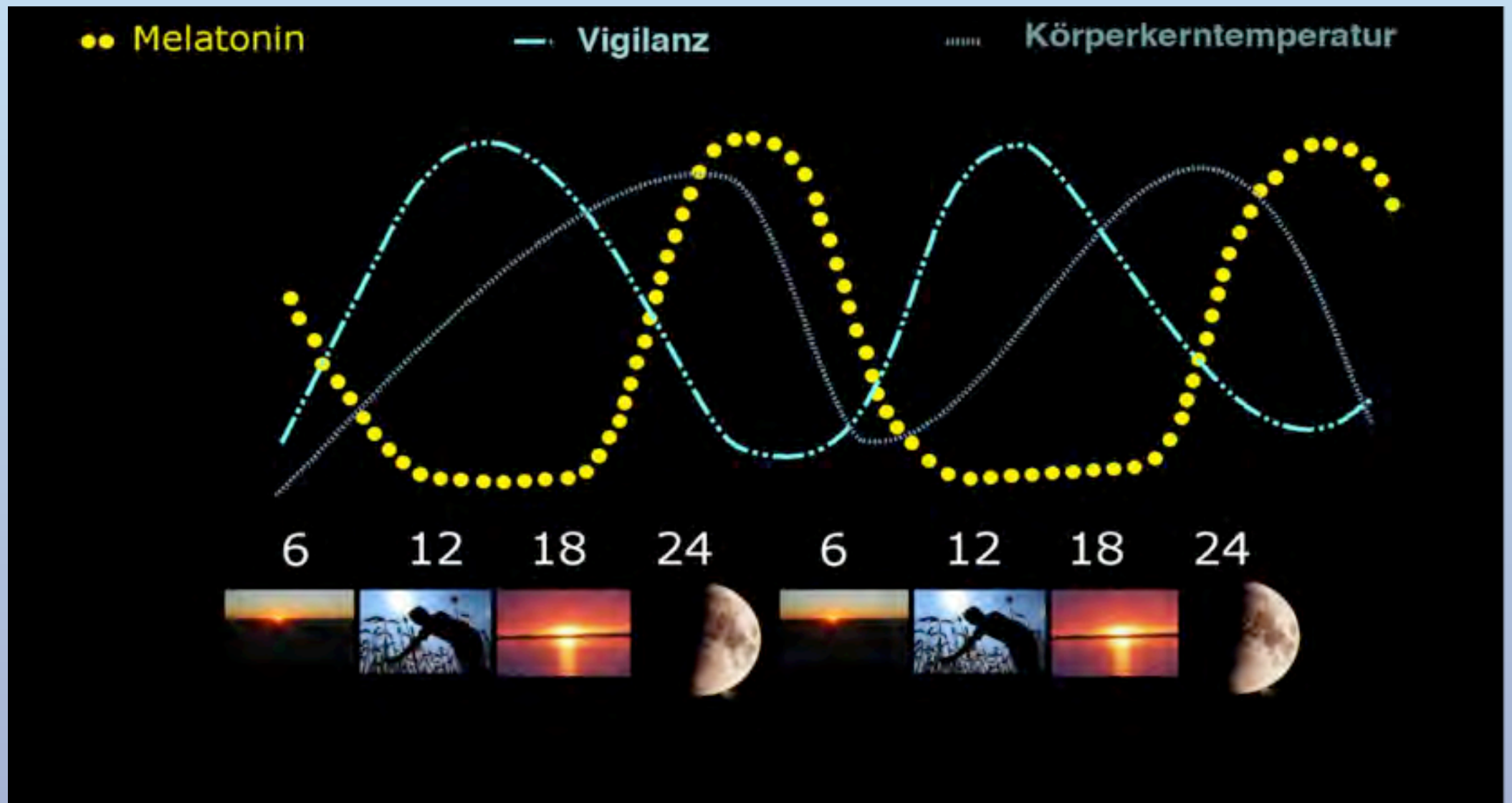
Circadiane“ Wirkungen …

Hängen ab von

- der Intensität
- der Zeitdauer
- dem Zeitpunkt der Exposition
- der spektralen Zusammensetzung

des Lichts.

Circadiane“ Wirkungen …



Circadiane“ Wirkungen …

- … haben Bezug zu früheren Ereignissen (z.B. kann die Lichtqualität am Morgen einen Einfluss auf das Befinden nachts ausüben).
- … können durch „fehlende“ Ereignisse ausgelöst werden (z.B. wirkt sich *„kein helles Licht am Morgen”* nachts aus, oder “zu helles Licht nachts” am nächsten Tag).
- … durch dasselbe Ereignis wirken sich auf Menschen unterschiedlich aus.

CAMPUS MAP

Wirkung eines circadian wirksamen Displays

Im Anfang war das Licht...

„Formen existieren
nur durch Licht
und die Wahrnehmung
unserer Umgebung
hängt völlig davon ab.“
Claude Monet

Durch das Tageslicht teilt sich die Natur dem Menschen mit??

- Das Tageslicht steuert unsere Hormone.
- Das Tageslicht synchronisiert unseren Körper mit dem Sonnentag.
- Der Wechsel des Tageslichts signalisiert Veränderung statt Stillstand!

Wenn man Leistung durch mehr Gesundheit fördern will …

- … muss man mehr Tageslicht an den Arbeitsplatz bringen.
- … sollte man möglichst viele positive Eigenschaften des Tageslichts bei der künstlichen Beleuchtung realisieren.
- … die künstliche Beleuchtung als Unterstützung der circadianen Rhythmik auslegen (morgens hell, abends dunkler und wärmer)
- … muss man eine helle Umgebung anstreben statt mehr Lux auf der Arbeitsfläche.

Licht wirkt sich auch durch Veränderung aus

- Alle Körperfunktionen gehorchen dem Rhythmus des Tageslichts, im Tagesrhythmus und in Jahresrhythmus.
- Je jünger der Mensch, desto wichtiger die natürliche Steuerung
- Viele “schädliche” Wirkungen von künstlichem Licht sind eher auf den Mangel an Tageslicht zurückzuführen.

Stressor oder Stimulans?

- … kommt darauf an
- Mit Licht kann man „krank machen“, insbesondere durch fehlendes.
- Mit Licht kann man sogar heilen
- Unsere heute existierende Beleuchtung dürfte eher die Bezeichnung „Stressor“ verdienen.

Energieeinsparverordnung und Beleuchtung

- Beleuchtung ist seit 2007 Gegenstand für die EnEV
- DIN V 18599 widmet den Thema eine ganze Norm (Teil 4)
- Tageslicht ist mehrfach berücksichtigt (Sonnenschutz, Beleuchtungsfunktion, Energieeinsparung …)
- bessere Lichtqualität = mehr Energieverbrauch?
- Wärmeschutzisolierverglasung reduziert das Tageslicht erheblich und verändert die Farbe
- IR-Strahlung wird vollkommen, roter Anteil teilweise abgeschnitten.

Gesundheitliche Wirkungen von Licht und Tageslicht nicht thematisiert

Schlussfolgerung

- Wirkungen des Lichts, die mit dem Sehen nichts oder wenig zu tun haben, beeinflussen den Menschen auf vielfältigste Weise.
- Die wichtigste Wirkung ist die Synchronisation bzw. Desynchronisation mit dem Tag und den Jahreszeiten.
- Licht in Arbeitsumgebungen ist auch unter Gesundheitsgesichtspunkten wichtig.

Lux vita est