

# Beleuchtung von Arbeitsstätten - nicht-visuelle Wirkungen neuer Beleuchtungstechnologien -



Jan Krüger

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Gruppe 2.4 Arbeitsstätten, Maschinen- und Betriebssicherheit

# Gliederung

- 1 Die Entdeckung eines neuen Photorezeptors**
- 2 Visuelle Wirkungen vs. Nicht-visuelle Wirkungen**
- 3 Funktionsweise der inneren Uhr**
- 4 Die Idee der biologisch effizienten Beleuchtung**
- 5 Risiken**
- 6 Bewertungsmöglichkeiten**
- 7 Fazit**
- 8 Hinweise zum Umgang mit Licht**

# 1. Die Entdeckung eines neuen Photorezeptors

„**Diese Leute sind nicht blind, sie lügen!**“

(Reaktion auf die Forschungsergebnisse von Charles Czeisler)

- Czeislers Versuche in den 1980er:
- Blinde Versuchsteilnehmer sind in der Lage Licht zu detektieren
- lange Jahre wurde die Veröffentlichung abgelehnt
- Veröffentlichung der Ergebnisse erst 1995

**Czeislers Veröffentlichung war Ausgangspunkt für weitere Forschungsaktivitäten anderer Wissenschaftler**

- kleine Sensation vor ca. 10 Jahren (Brainard, Thapan 2001)
- neuer Photorezeptor
- Rezeptoren vermitteln **kein** bildhaftes Sehen
- sind einzig für die Wahrnehmung von Licht verantwortlich

Czeisler CA, Shanahan TL, Klerman EB, Martens H, Brotman DJ, Emens JS, Klein T, Rizzo JF 3rd. Suppression of melatonin secretion in some blind patients by exposure to bright light. N Engl J Med. 1995 Jan 5;332(1):6-11.

## 2. Visuelle vs. Nicht-Visuelle Wirkungen

### Visuelle Wirkungen

#### (bildliches Sehen)

- Photorezeptoren für das bildliche Sehen sind die Stäbchen und die Zapfen
- Stäbchen und Zapfen senden Ihre Informationen an den visuellen Kortex
- Zapfen für das Farbsehen haben maximale Empfindlichkeit 555nm (Gelb/Grün)
- für das Farbsehen sind die Zapfen auf einem Netzhautbereich konzentriert

VS.

### Nicht-Visuelle Wirkungen

#### (nicht bildliches Sehen)

- Photorezeptoren für das bildliche Sehen sind die intrinsisch photosensitiven retinalen Ganglienzellen (ipRGC)
- ipRGC senden ihre Signale an den SCN (Suprachiasmatic nucleus) = **Sitz der inneren Uhr**
- ipRGC haben größte Empfindlichkeit bei ca. 450nm (Blau)
- ipRGC sind auf der Netzhaut auf periphere Bereiche verteilt

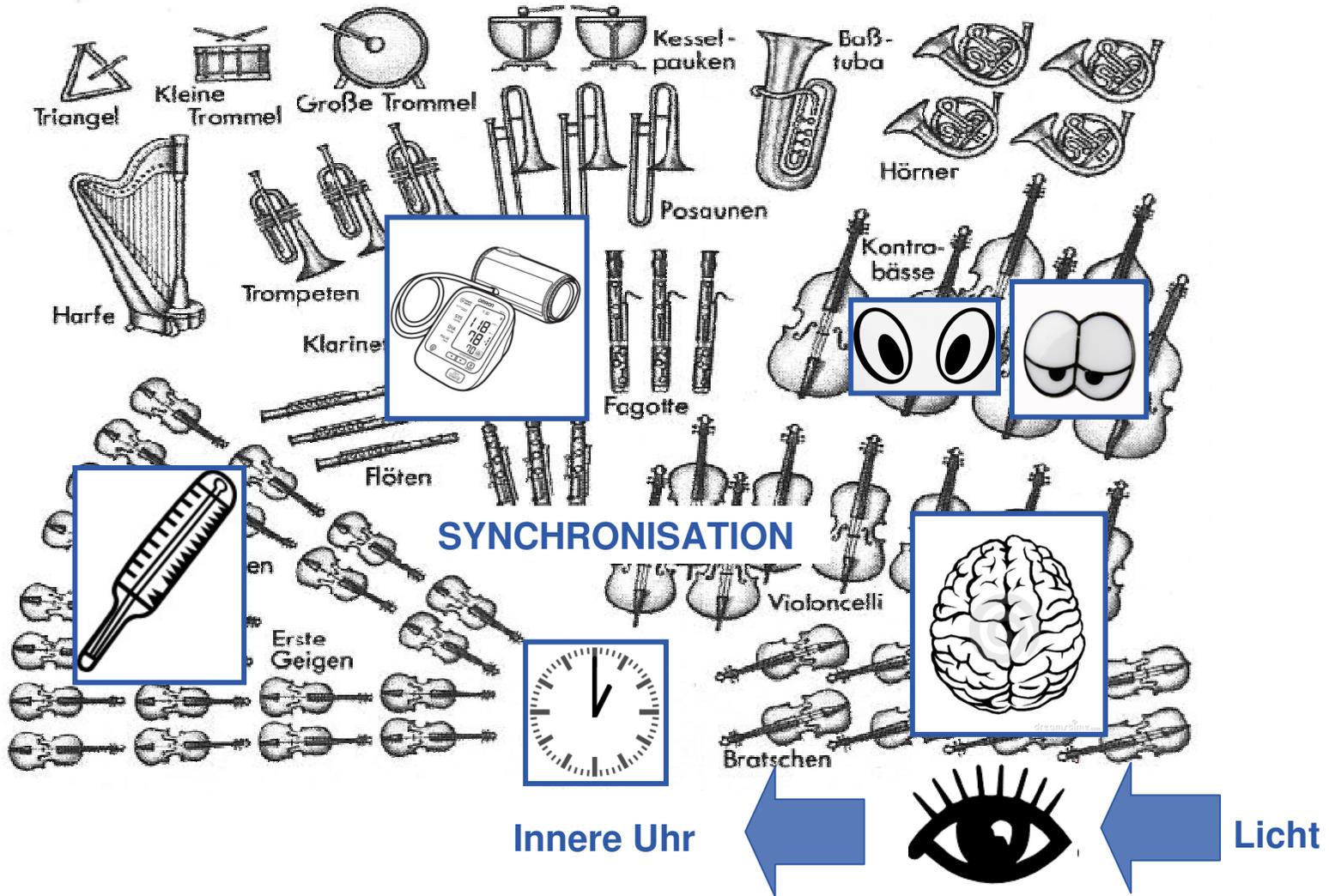
#### Das Licht für das bildliche Sehen unterscheidet sich vom Licht für das nicht bildliche Sehen durch:

- andere spektrale Zusammensetzung
- unterschiedliche Referenzpunkte: Lichteinfall am Auge vs. Lichteinfall auf der Sehaufgabe (z.B. Arbeitsfläche)

### 3. Funktionsweise der inneren Uhr

- Mensch hat sich an 24-stündigen Tag-Nacht Wechsel gewöhnt
- es haben sich Rhythmen entwickelt, die einen Zyklus von ungefähr 24 Stunden haben (circadiane Rhythmen)
- Bsp. Circadiane Rhythmen von: Melatonin, Cortisol, Körperkerntemperatur
- Damit sich diese Rhythmen nicht „in die Quere“ kommen, müssen sie mit dem äußeren Tag-Nacht-Wechsel synchronisiert werden
- Die Rhythmen werden über die innere Uhr gestellt

### 3. Funktionsweise der inneren Uhr



Metapher: Mirjam Münch (2010): Überblick dynamische Beleuchtung. Unter: [http://www.electrosuisse.ch/display.cfm/id/145950/disp\\_type/display/filename/1006Muench.pdf](http://www.electrosuisse.ch/display.cfm/id/145950/disp_type/display/filename/1006Muench.pdf), Abruidatum: 14.07.11

## 4. Die Idee der biologisch effizienten Beleuchtung

### gegenwärtige Ansatzpunkte:

- Stabilisierung des individuellen Rhythmus (z.B. in Gebäuden mit geringer Tageslichtversorgung -> zu wenig Licht zur Einstellung der inneren Uhr -> Nutzung von künstlichem Licht zur Einstellung der inneren Uhr)
- Aktivierung und Verbesserung der Konzentration (z.B. bei Schichtarbeit)
- Verbesserung der Stimmungslage (z.B. Vermeidung von Depressionen in Wintermonaten)

- Realisierung mittels dynamischer Beleuchtungssysteme
- Variation von Beleuchtungsstärke und Farbtemperatur



**ACHTUNG: biologisch wirksame Beleuchtung ist mit Risiken verbunden !**

## 5. Risiken

### Wirkungen kurzfristiger Desynchronisation

#### Beispiel: JetLag

- Schläfrigkeit am Tag
- erhöhte Fehlerraten bei der Arbeit
- verminderte geistige Leistungsfähigkeit
- Schlaflosigkeit in der Nacht
- Gereiztheit

### Wirkungen chronischer Desynchronisation

#### Beispiel: Schichtarbeit

- Magen-Darm-Beschwerden
- Depression
- Vermuteter Zusammenhang mit bestimmten Krebsarten, z.B. Brustkrebs
- Fettleibigkeit
- Herz-Kreislauf-Erkrankungen

**Risiken entstehen durch:**

**- Unterdrückte Melatoninausschüttung**

**- Verstellung der inneren Uhr (Desynchronisation)**

## 5. Risiken

### Bsp: Bildschirme mit LED-Backlight

Ergebnisse zur Wirkung der Bildschirme in der Nacht (Cajochen 2011):

- haben Einfluss auf das circadiane System
- signifikante Unterdrückung der Melatoninproduktion
- unterdrückte Müdigkeit
- Reduktion langsamer Augenbewegungen
- verringerte EEG Aktivität
- verlängere Aufmerksamkeit

TIPP:

- probieren Sie über Ihren Grafikkartentreiber die Farbtemperatur Ihres Bildschirms anzupassen

Cajochen, C.; et al. (2011): Evening exposure to light-emitting diodes-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance. In: J Appl Physiol 110, S. 1432-1438

## 6. Bewertungsmöglichkeiten

### DIN EN 12464-1: (Auszug)

#### 4.13 Veränderlichkeit von Licht

Licht kann auch die circadianen Rhythmen unterstützen und anpassen sowie den physischen und psychischen Zustand des Menschen beeinflussen. ...

Richtwerte für die Variationsbandbreite stehen noch zur Diskussion.



**Hinweis, dass es bisher keine Gestaltungs- und Bewertungskriterien gibt**

---

### DIN V 5031-100:

Diese Vornorm sieht für die Zukunft eine spektrale Bewertung der optischen Strahlung im sichtbaren Bereich zur Beurteilung biologischer Wirkungen vor.



**Defizite in der Methodik: z.B. zeitliche Verteilung, räumliche Verteilung nicht berücksichtigt**

## 7. Fazit

- Photorezeptor mit Verbindung zur inneren Uhr
- innere Uhr muss mit der Außenzeit synchronisiert werden
- blaues Licht hat den größten Einfluss auf die menschliche Physiologie
- biologisch wirksames Licht zum falschen Zeitpunkt kann mit Risiken verbunden sein
- zum gegenwärtigen Zeitpunkt fehlen noch die wissenschaftlichen Erkenntnisse

***<http://www.baua.de/de/Forschung/Forschungsprojekte/Ambient-Intelligence/Projektbuendel-6.html>***

## 8. Hinweise zum Umgang mit Licht

- ✓ **Genügend Licht am Tag, besonders am Morgen, ist für die stabile Einstellung der inneren Uhr wesentlich.**
- ✓ **Ältere Beschäftigte benötigen mehr Licht am Tag, weil die Augenlinse mit zunehmendem Alter weniger blaue Lichtanteile durchlässt.**
- ✓ **Vermeiden Sie blaues intensives Licht vor dem Schlafengehen.**
- ✓ **Licht von Fernsehern, Monitoren und Mobiltelefonen am Abend kann die innere Uhr stören.**
- ✓ **Blaues Licht in der Nacht unterdrückt die Produktion unseres Schlafhormons.**
- ✓ **Wenn Sie in der Nacht aufstehen müssen, verwenden Sie nach Möglichkeit rötliches, gedimmtes Licht um Ihre innere Uhr nicht aus dem Takt zu bringen.**

Holzman, D. C. (2011): Blue Alert. In: New Scientist, Vol. 210 Issue 2811, S. 44-47