

---

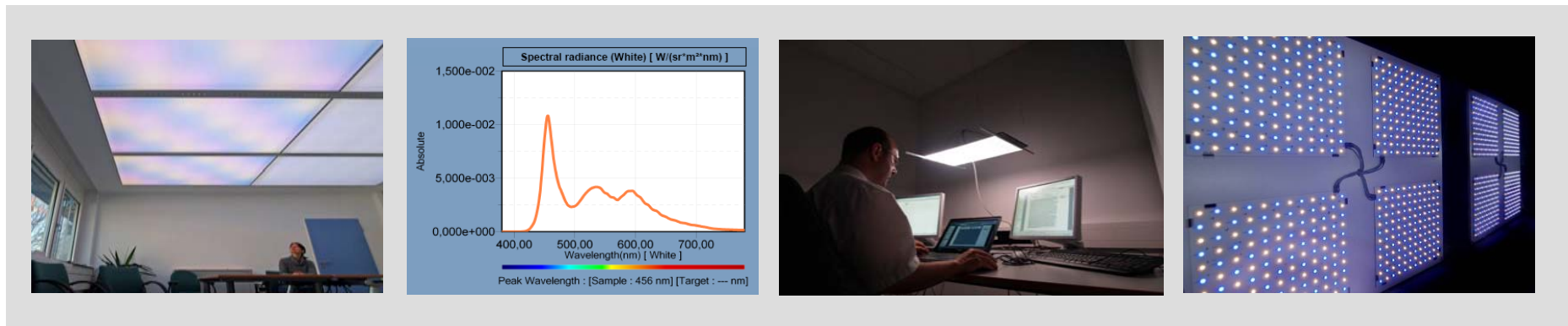
Tagung »Aml und Arbeitswissenschaft«

Chancen und Risiken neuer I&K-Technologien in der Arbeitsumgebung

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin • Dortmund • 15. Januar 2010

---

## »Ambient Intelligence und Wissensarbeit: Angewandte Arbeitsforschung im LightFusionLab«



Dr. Martin Braun • Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart

---

# Ambient Intelligence (AmI) – Vision und Lösungsansätze

---

- Intelligente Umgebung, die den Menschen bei der Gestaltung, Organisation und Durchführung seines täglichen Lebens unterstützt.
- Neues Paradigma der Mensch-Technik-Interaktion: Umgebung erkennt Ziele und Bedürfnisse des handelnden Menschen und unterstützt ihn aktiv bei der Zielerreichung.
- Technische Unterstützung erfolgt weitgehend automatisch, unsichtbar und unaufdringlich, im Auftrag des Nutzers.



# Ausgewählte Aml-Forschungsprojekte am Fraunhofer IAO



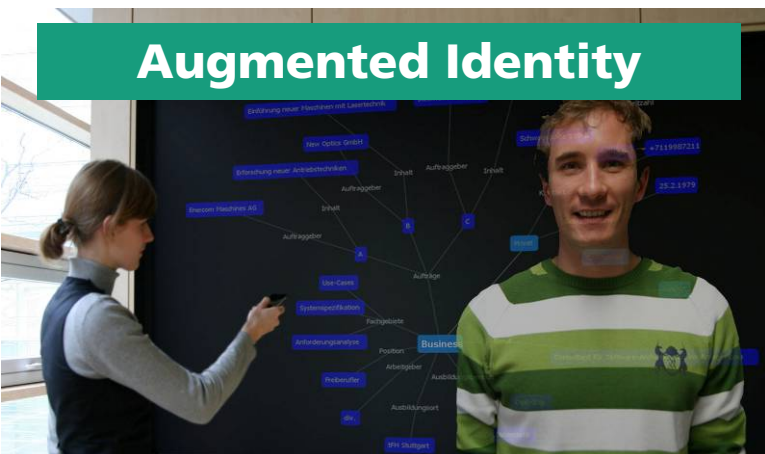
## Light Fusion

Integration von Beleuchtung und Display



## Ambient Assisted Living

»Pflege 2020«, Leben im Alter, inHaus2



## Augmented Identity

Persönliche Identität in Social Environments



## Smart Working Environments

Wissensarbeitsplatz der Zukunft

# Anwendung von Ambient Intelligence zur Förderung von Wissensarbeit

---

■ **Ziele:** Verbesserung der Bedingungen für geistige Arbeit durch intelligente, adaptive Gestaltung der Arbeitsumgebung.

→ Performanzsteigerung, Prävention psychischer Erkrankungen.

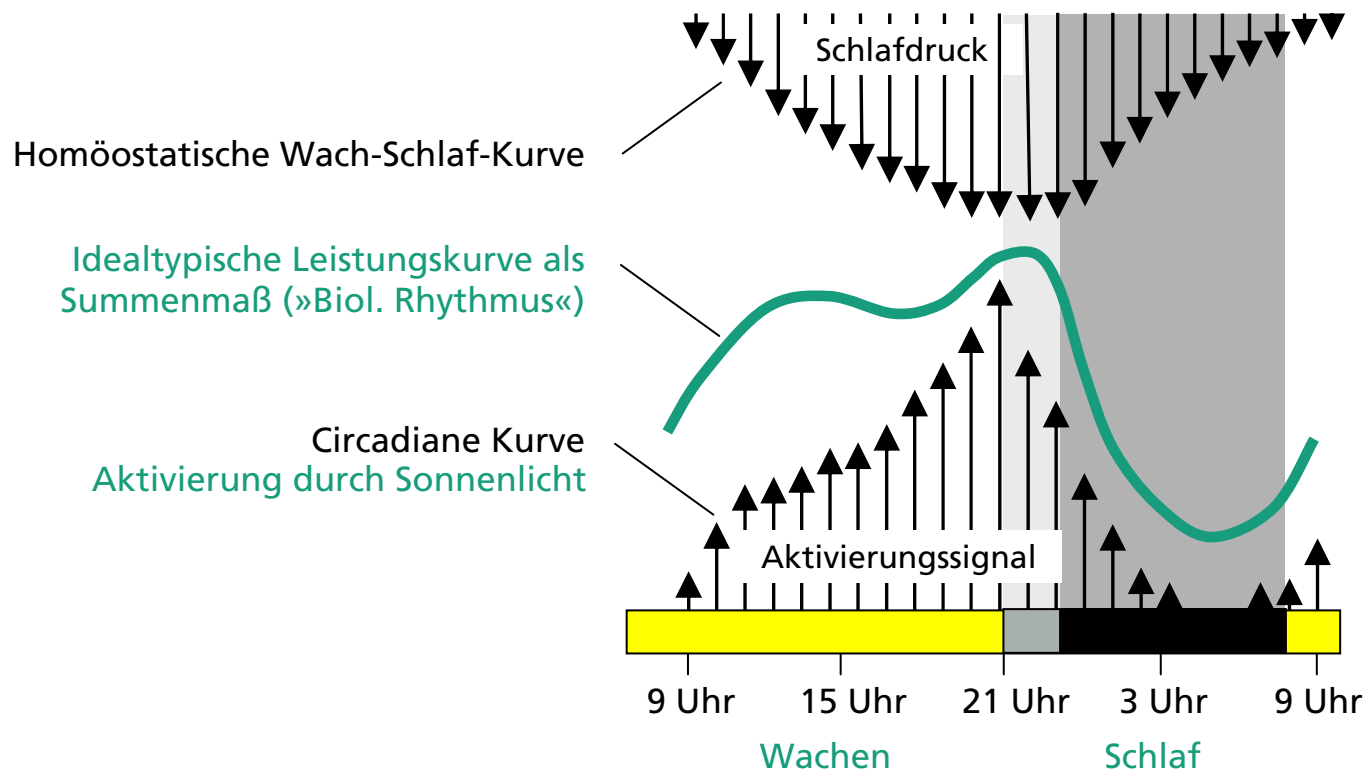
■ **Lösung:** Nutzung der Lichtwirkung durch Integration von Beleuchtungselementen und Displays.

■ **Grundlagen:**

- Aktuelle Forschungsergebnisse zur Lichtwirkung auf den Menschen, insbesondere Circadianrhythmik und mentale Aktivität (→ Entdeckung Melapsonin, Brainard et al., 2001).
- Neue Technologien zur Beleuchtung und Visualisierung (→ LED, OLED) sowie zur dynamischen Lichtsteuerung.

# Licht als zentraler Ordnungsfaktor für Leistungsfunktionen

Menschliche Leistungsfunktionen unterliegen rhythmischen Mustern, die in die Rhythmen der natürlichen Umwelt (→ Licht) eingebunden sind.



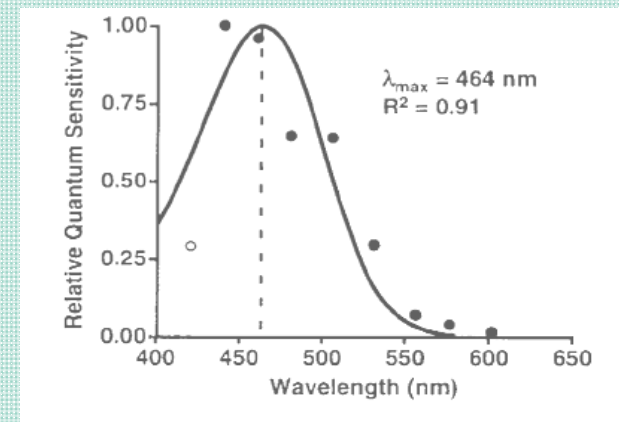
Quelle: Edgar et al. 1993

# Wirkung des Lichts auf die biologische Rhythmik

- Licht ist ein zentraler Ordnungsfaktor (Triggerreiz) für die biologische Rhythmik des menschlichen Organismus.
- Melanopsin (d. h. Photopigment im Auge) beeinflusst den Suprachiasmatischen Nukleus (SCN).
- Die höchste Melanopsin-Ausschüttung (→ Aktivierung, Alerting) liegt bei 464 nm (blaues Licht).
- Der SCN steuert die Melatoninausschüttung Die Ausschüttung von Melatonin steuert den circadianen Rhythmus und fördert die Schläfrigkeit.
- Der circadiane Rhythmus beeinflusst über den Hypothalamus vielfältigste Funktionen des autonomen Nervensystems (Sympathicus – Parasympathicus).

## Circadiane Empfindlichkeitskurve

Melanopsin-Ausschüttung



Nach: Brainard et al. 2001

# Frühe Erkenntnis zur dynamischen Beleuchtung

---



»Nur der Wechsel ist wohltätig. Unaufhörliches Tageslicht ermüdet.«

**Wilhelm von Humboldt (1767-1835)**  
**Kulturwissenschaftler**

# Stand von Wissenschaft und Technik

---

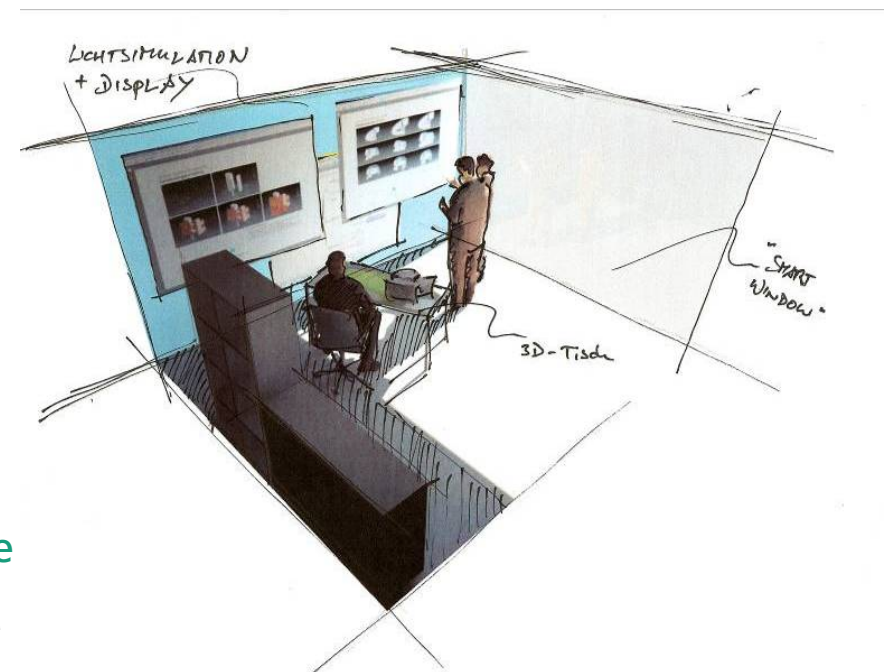
- Biologisch-physiologische sowie physische Wirkungen des Lichts auf den Menschen blieben in der Arbeitsgestaltung bislang weitgehend unberücksichtigt.
- Beleuchtung und Displays sind integriert zu betrachten. Displays sind starke Lichtquellen.
- Wissenschaftliche Erkenntnisse:
  - Dynamisierung der Beleuchtung beugt vorzeitiger Ermüdung vor (Baumeier 2000).
  - Dynamik des Tageslichts ist vorteilhaft für die Tätigkeitsausführung (Krüger 2007).
  - Möglichkeit der Melatoninsuppression durch kurzwelliges LED-Licht (Cajochen 2005, Desan 2007, Glickman 2006, Helen 2001).
  - **Aber:** Keine Studien zur Auswirkung von LCD-Displays auf Circadian-Rhythmik (nur CRTs von Higuchi 2003, Arnetz 1996).



# Ambient Intelligence bei Wissensarbeit: »n-Lightened Workplace«



- Konvergenz von Beleuchtung und Display (LightFusion)
  - integrierte Lichtsteuerung
- Einbeziehung von Tageslicht
  - biologische Wirkung, Energieeffizienz
- Dynamisierung des Lichts
  - Unterstützung von Circadian-Rhythmen
- Abkehr vom bildschirmzentrischen Arbeitsplatz
  - Sicht und ergonomische Körperhaltung
- Integration 2D/3D-Display und Interaktion
  - Einsatz großflächiger, immersiver Systeme
- Individualisierte, adaptive Beleuchtungssysteme
  - nach Arbeitskontext, z. B. Punktlichtquellen

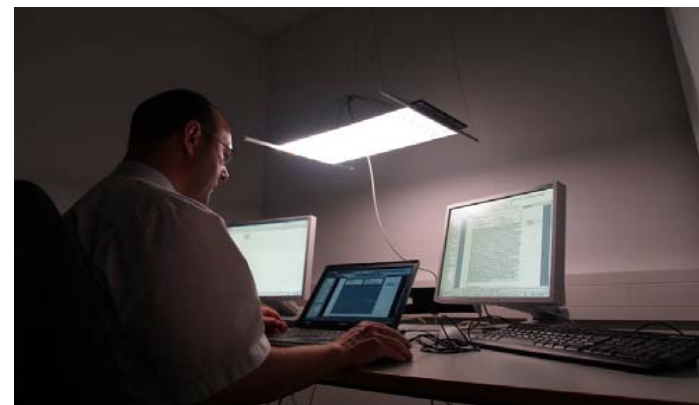
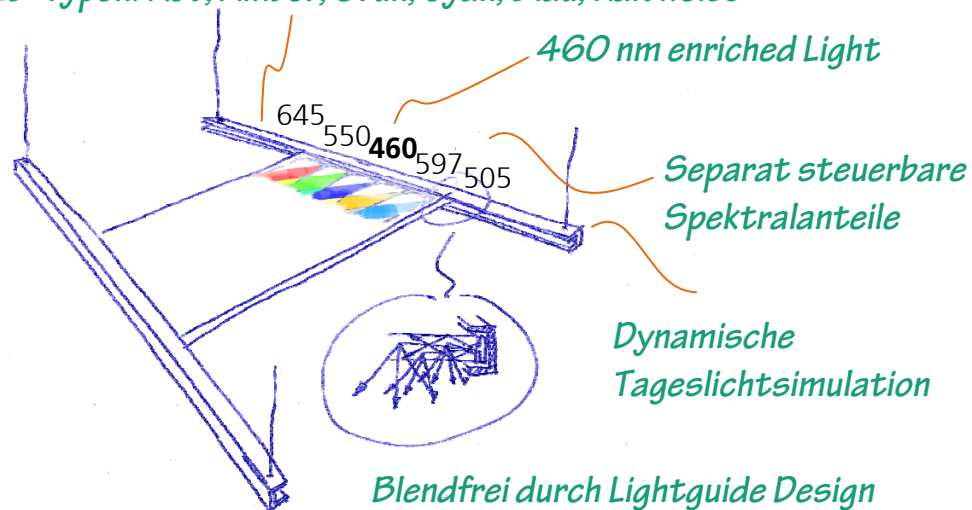


# »Heliosity« - LED-basierte Vollspektrum-Arbeitsplatzleuchte

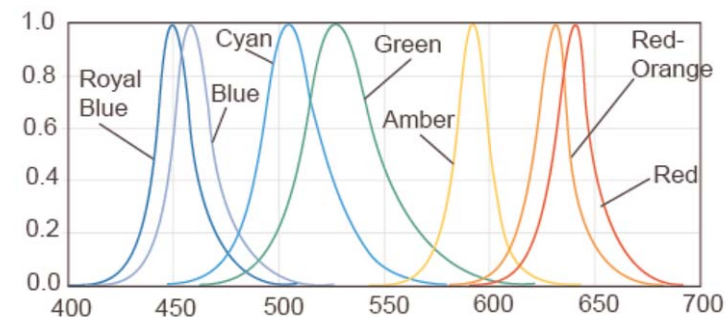
Kennzeichen:

- 40 LEDs, 16 LEDs mit Peak bei 460 nm
- Zeitstruktur (d. h. dynamisches Licht)
- Breitbandiges, modifizierbares Frequenzspektrum
- Modifizierbare Lichtintensität (200 - 500 lux)

6 LED-Typen: Rot, Amber, Grün, Cyan, Blau, Kaltweiss



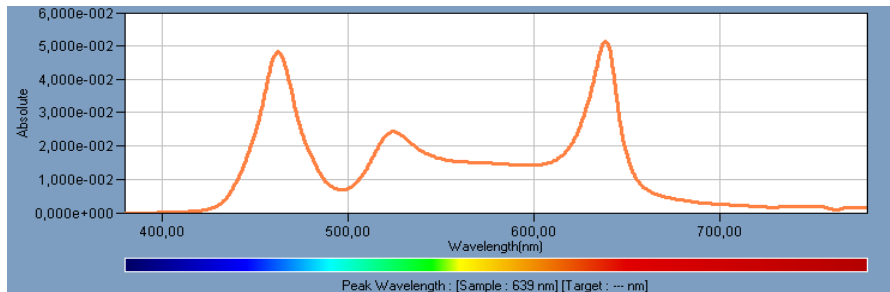
Idealtypische Spektralkomponenten



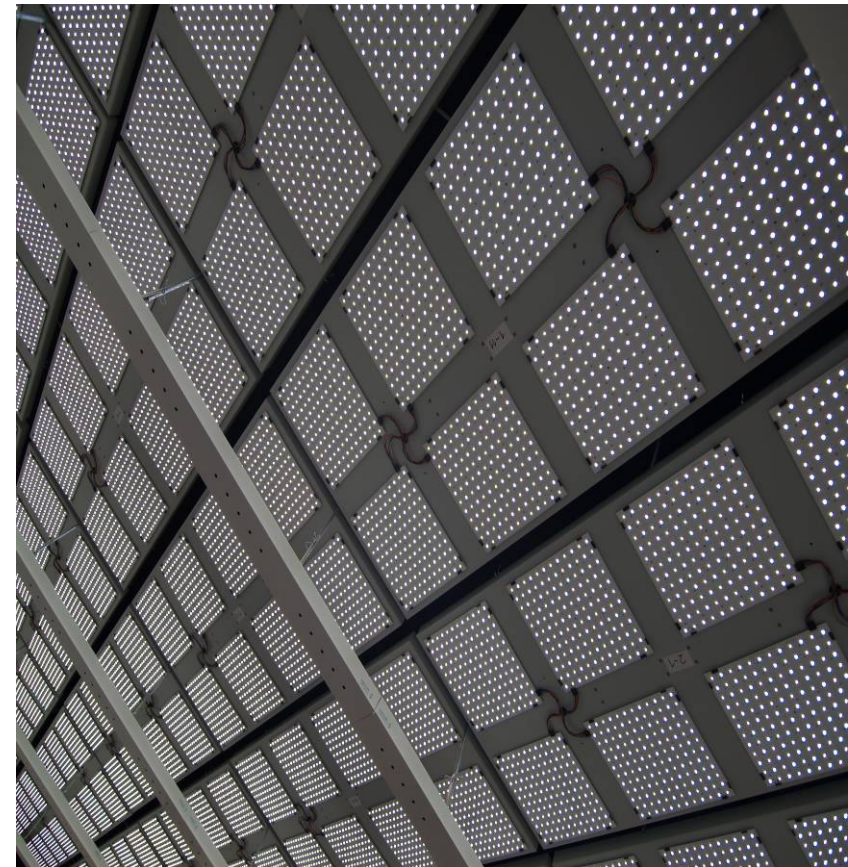
# »Virtual Sky« - großflächige, dynamische LED-Raumbeleuchtung

## Kennzeichen:

- Flächige Deckenbeleuchtung 4.5m x 7.5m
- RGB + Kaltweiß-LED, 20 x 12 Felder frei ansteuerbar
- 34.560 LEDs für indirekte Beleuchtung
- 350 LEDs für direkte Beleuchtung
- Dynamische Beleuchtung / Tageslichtsimulation
- Intensitätspeak: 462 nm (RGB-LED) bzw. 448 nm (weiße LED)
- Modifizierbare Lichtintensität (200 - ca. 3.000 lux)



Spektrale Lichtintensität bei Mischung von Kaltweiß- und RGB-LEDs





# Nutzerstudie »Heliosity«

in Kooperation mit dem Zentrum für Neurowissenschaften und Lernen (ZNL), Ulm

## Zielsetzung:

Untersuchung der Lichtdynamik (Farbe, Intensität, Zeitstruktur) auf Aufmerksamkeit und Befinden.

## Methodik:

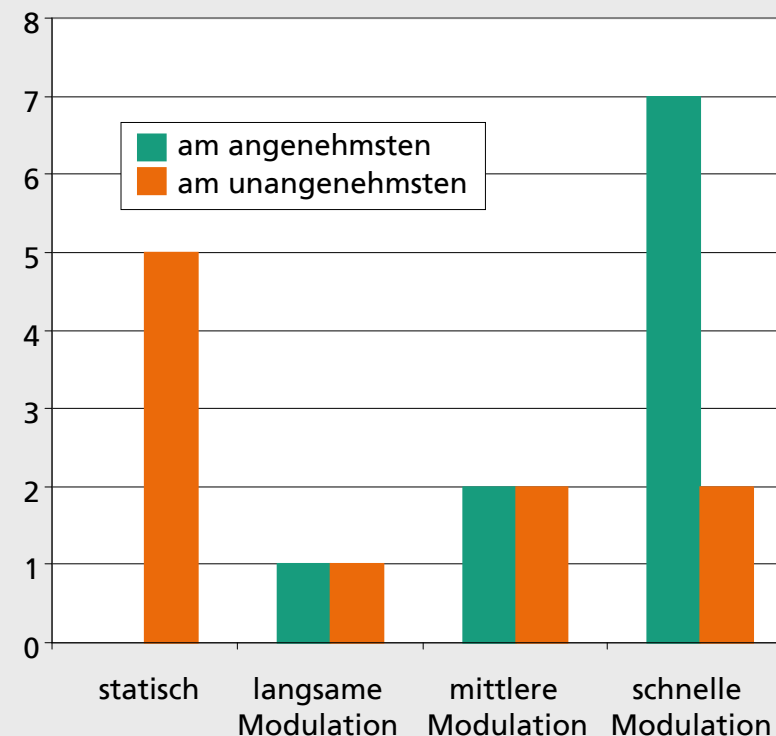
- Untersuchung von 10 Probanden
- Realtest über 3 Stunden, 4 Durchgänge
- Datenerhebung zu Befinden (VGZ) und Aufmerksamkeit (ANT), Interviews

## Ergebnis:

- Dynamisches Licht wirkt belebend / aktivierend.
- Dynamische Beleuchtung wird favorisiert.



Beurteilung der 10 Probanden zum subjektiven Empfinden der Beleuchtungsart



# Studie »SCN-Equinox – Circadian wirksames Display«

in Kooperation mit den Universitären Psychiatrischen Kliniken Basel (UPK)

## Hypothese:

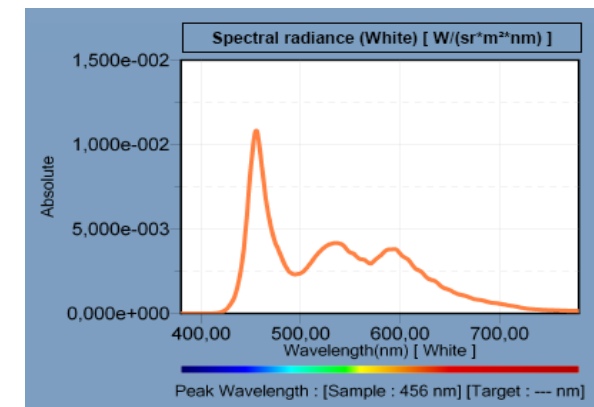
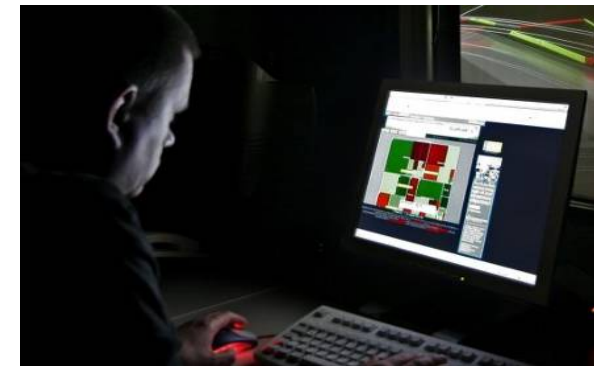
Erhöhter Blauanteil des Displaylichts wirkt müdigkeits-hemmend auf Circadianrhythmik (über Melanopsin).

## Technische Lösung:

LED-Display mit gezielt steuerbarem 464 nm-Anteil bei minimal wahrgenommener Farbverschiebung.

## Studie (laufend):

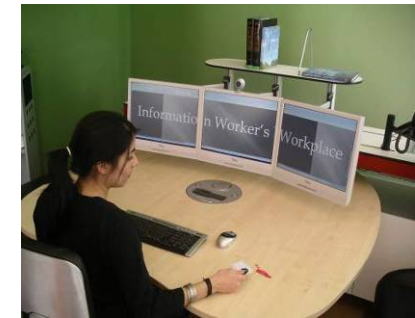
- Einbeziehung von 14 Probanden (Studenten, normale Chronotypen).
- Versuchsdurchführung zwischen zwischen 18 und 24 Uhr.
- Messung der Müdigkeit über EEG, Körpertemperatur und Augenbewegung.
- Messung des Melatoningehalts im Speichel.
- Erste Ergebnisse deuten auf eine Bestätigung der Hypothese hin.



Spektrale Verteilung der Lichtintensität des circadian wirksamen Displays

# Arbeitswissenschaft und Aml: Erfahrungen, Potenziale und Forschungsbedarf (I)

- Aml fördert individuelle und aufgabenspezifische Arbeitsweisen.
- Vorarbeiten zur Beeinflussung performanter Wissensarbeit mittels dynamischem Licht sind erfolgversprechend.
- Experimente mit erweiterten Display-Flächen («Multi-Display-Setting») weisen auf erhebliche Produktivitätssteigerungen und eine verbesserte Nutzer-Zufriedenheit hin.
- Es sind zuverlässige Sensoren, Interaktionsmodi und Algorithmen für autonome, tätigkeitsabhängige Steuerung der Umgebungssysteme zu entwickeln.
- In individualisierten Anwendungen sind Fragen des personenbezogenen Datenmanagements und -schutzes zu klären.



# Arbeitswissenschaft und Aml: Erfahrungen, Potenziale und Forschungsbedarf (II)

---

- Aml-Anwendung sind zumeist technologie-getrieben und beruhen zuweilen auf einem vereinfachten Menschenbild. Aktuelle Erkenntnisse der Arbeits- und Gesundheitsforschung sind stärker einzubeziehen.
- Es fehlen vertiefte Kenntnisse der mentalen Prozesse bei Wissensarbeit (z. B. Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Konzentration, exekutive Funktionen) sowie geeignete Performanz-Parameter.
- Langzeitwirkungen der dynamischen Beleuchtung mit Spektralpeaks sind bislang unzureichend erforscht, auch hinsichtlich der Verschiebung von Leistungsgrenzen (z. B. bei Melatonin-Suppression) und möglicher Gesundheitsrisiken.





# Veranstaltungshinweis

## Eröffnung LightFusionLab am Fraunhofer IAO, 16. März 2010

---



Weitere Informationen:  
[www.lfl.iao.fraunhofer.de](http://www.lfl.iao.fraunhofer.de)



### Fachvorträge

- Forschung im LightFusionLab  
Dieter Spath, Matthias Bues, Fraunhofer IAO
- Licht, Gesundheit und Architektur: Klinische Grundlagen der Lichttherapie  
Anna Wirz-Justice, Chronobiology Lab Basel
- Lichtwirkungsforschung im Bartenbach Lichtlabor:  
Markus Canazei, Bartenbach Lichtlabor Aldrans
- LED-Fertigung und Marktentwicklung  
Uwe Schmidt, LED ideas
- Licht und Farbe inszenieren  
Ralf Michel, ColourLight Center, Zürich

# Kontakt

---



## Dr. Martin Braun

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Human Factors Engineering

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Tel. 0711/970-2176, Fax 0711/970-2299

[martin.braun@iao.fraunhofer.de](mailto:martin.braun@iao.fraunhofer.de)

[www.iao.fraunhofer.de](http://www.iao.fraunhofer.de)