
SONNENLICHT AUS DER STECKDOSE

UNTERSUCHUNG ZUR WIRKUNG VON VOLLSPEKTRUM-LEDS AUF MENSCHEN IN INNENRÄUMEN

Symposium »Menschen in Räumen« am 28.10.2020

Lisa-Marie Wadle und Daniel Neves Pimenta | Fraunhofer IBP



© Shutterstock / maradon

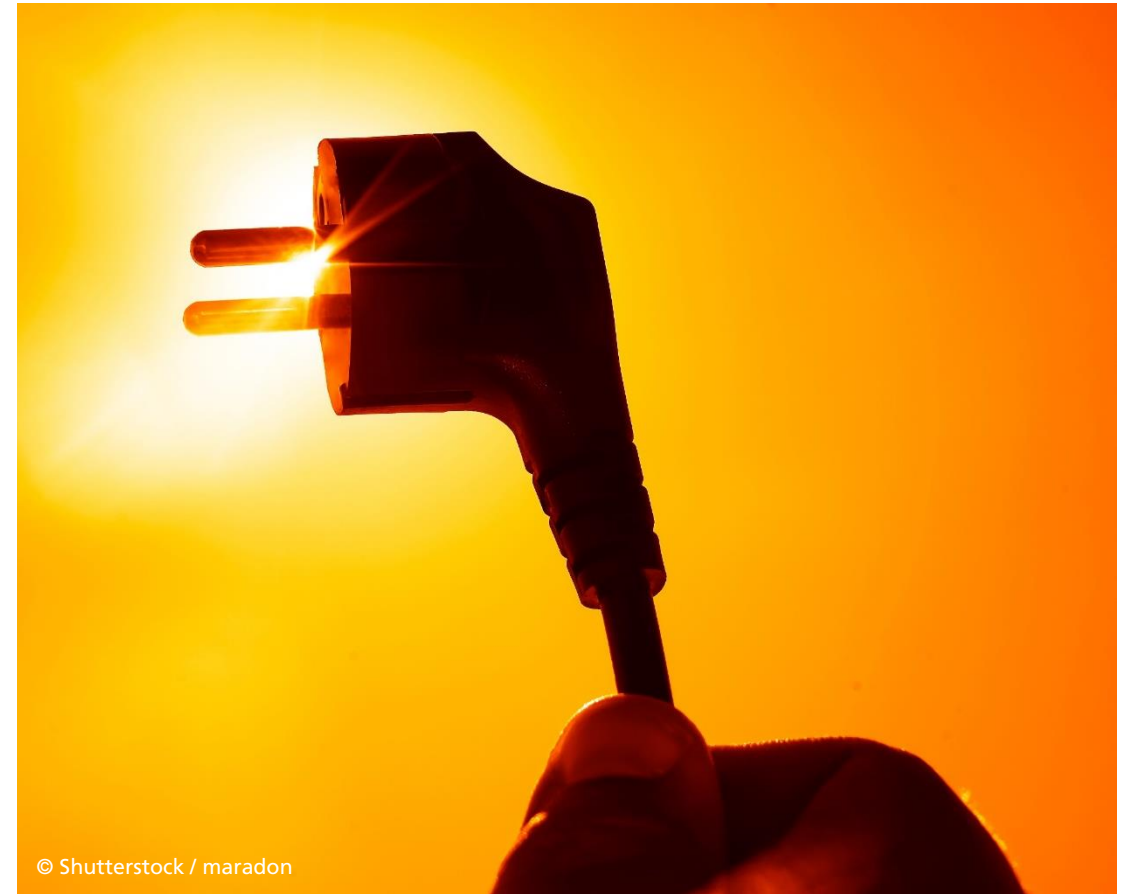
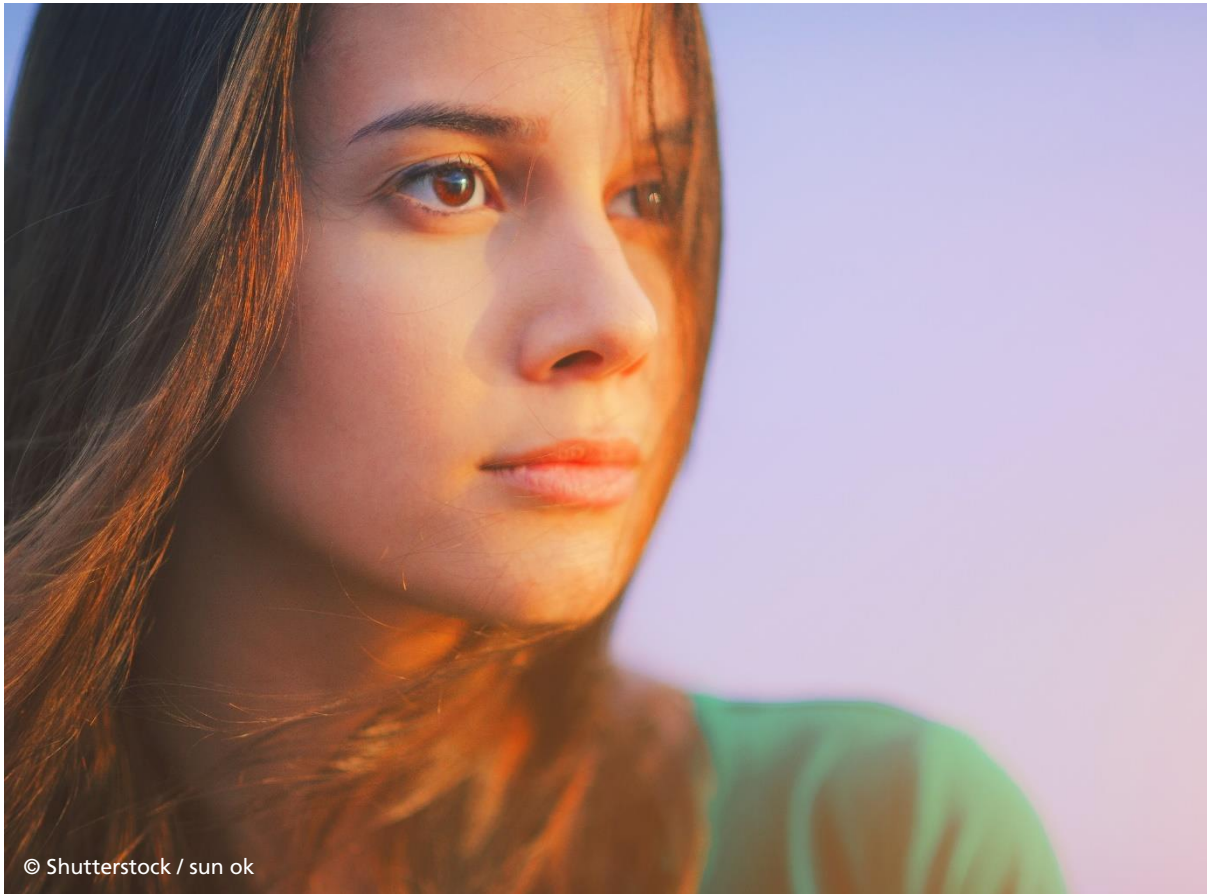
AGENDA

- Motivation
- Die Vollspektrum-Technologie, Stand der Technik
- Implementierung im HiPIE-Labor
- Studienablauf
- Ergebnisse
- Fazit und Ausblick

MOTIVATION

Technologie und Kognition

Machen Vollspektrum LEDs einen spürbaren Unterschied im Vergleich zu Standard LEDs?

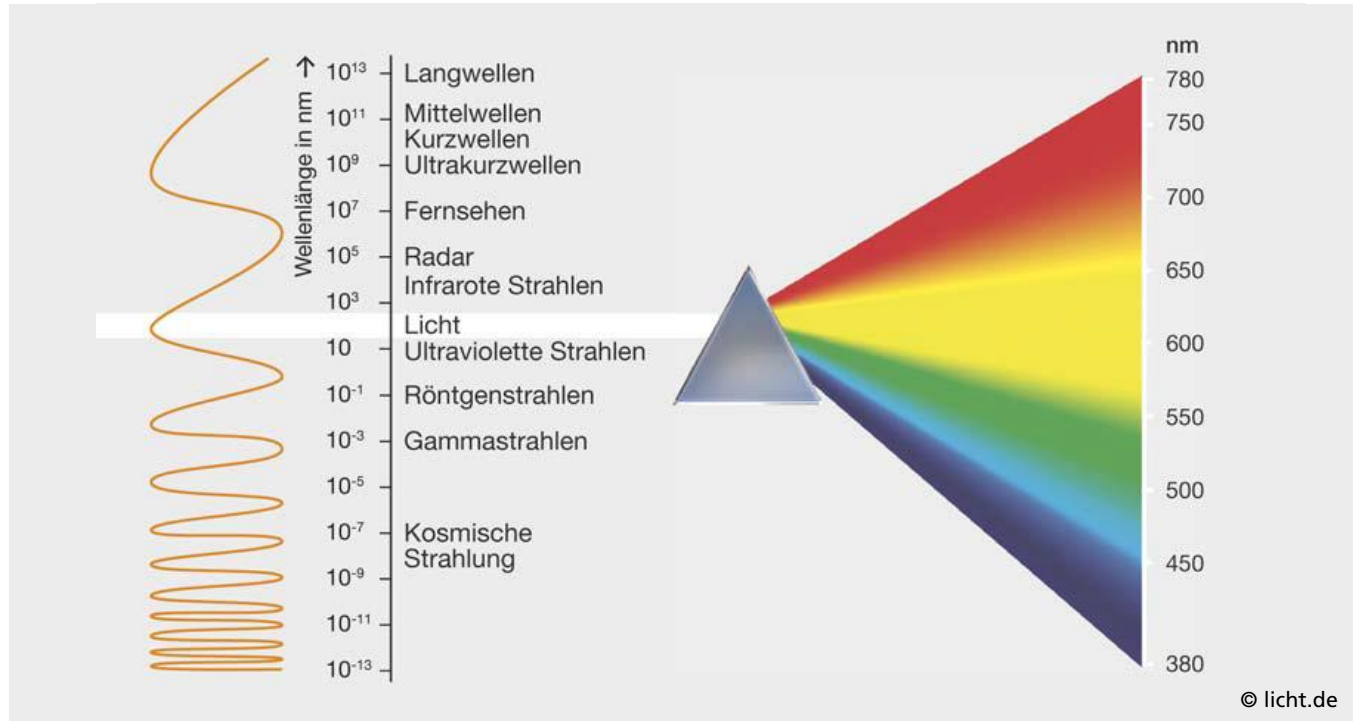


STAND DER TECHNIK

Stand der (Licht-)Technik

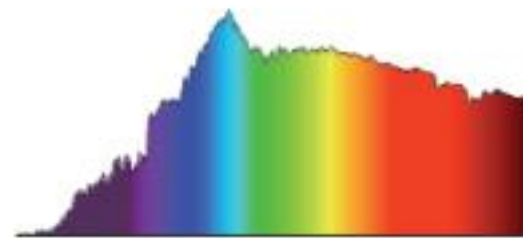
Grundlagen

Sichtbarer Bereich der Strahlung

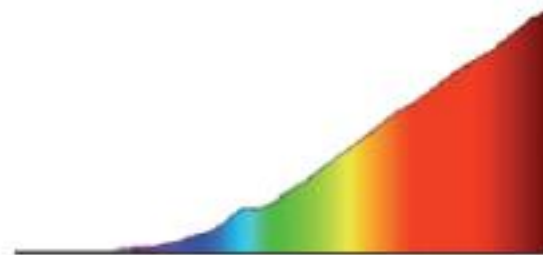


Stand der (Licht-)Technik Spektrum

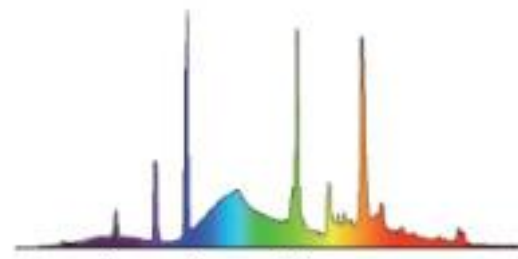
Sonnenlicht / Kunstlicht



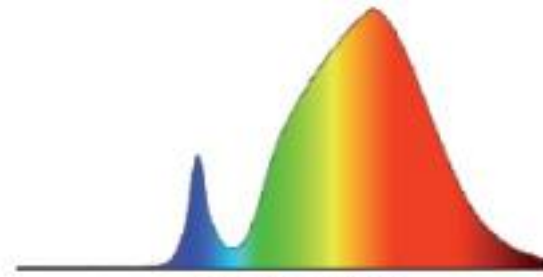
Tageslicht



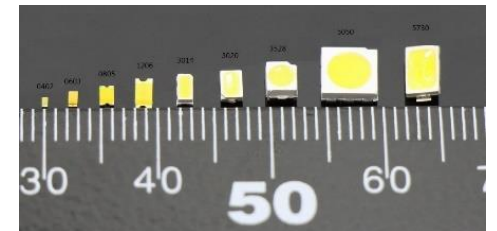
Glühlampe



Leuchtstofflampe



weiÙe LED

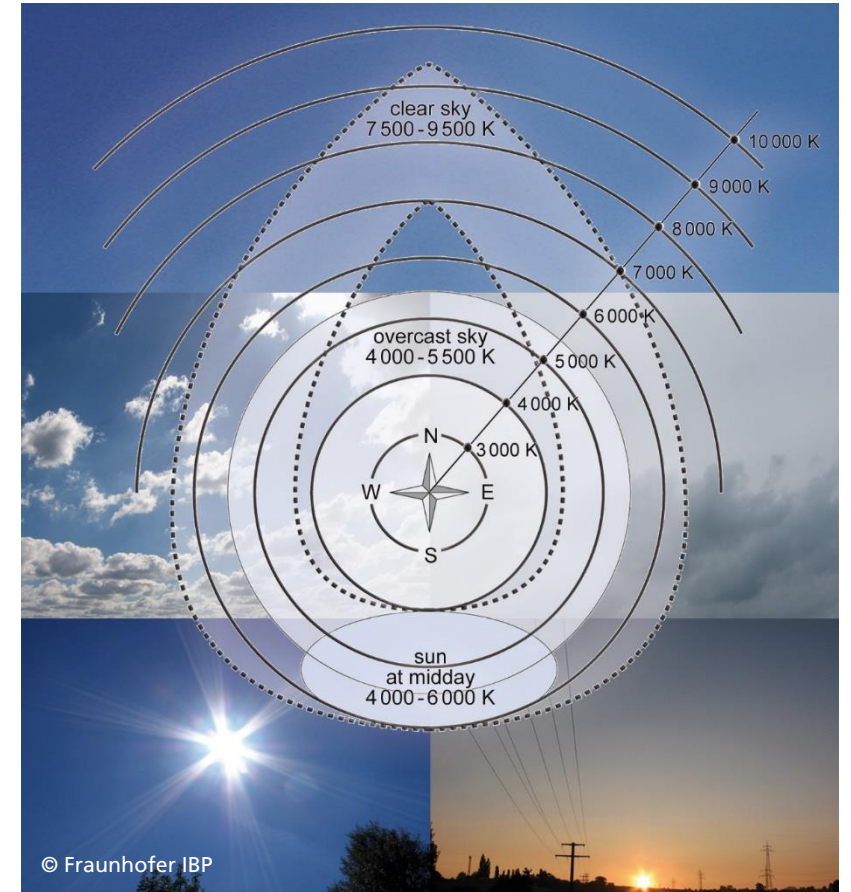


© baubiologie-regional.de

Stand der (Licht-)Technik

Farbtemperatur | Kelvin - visuell

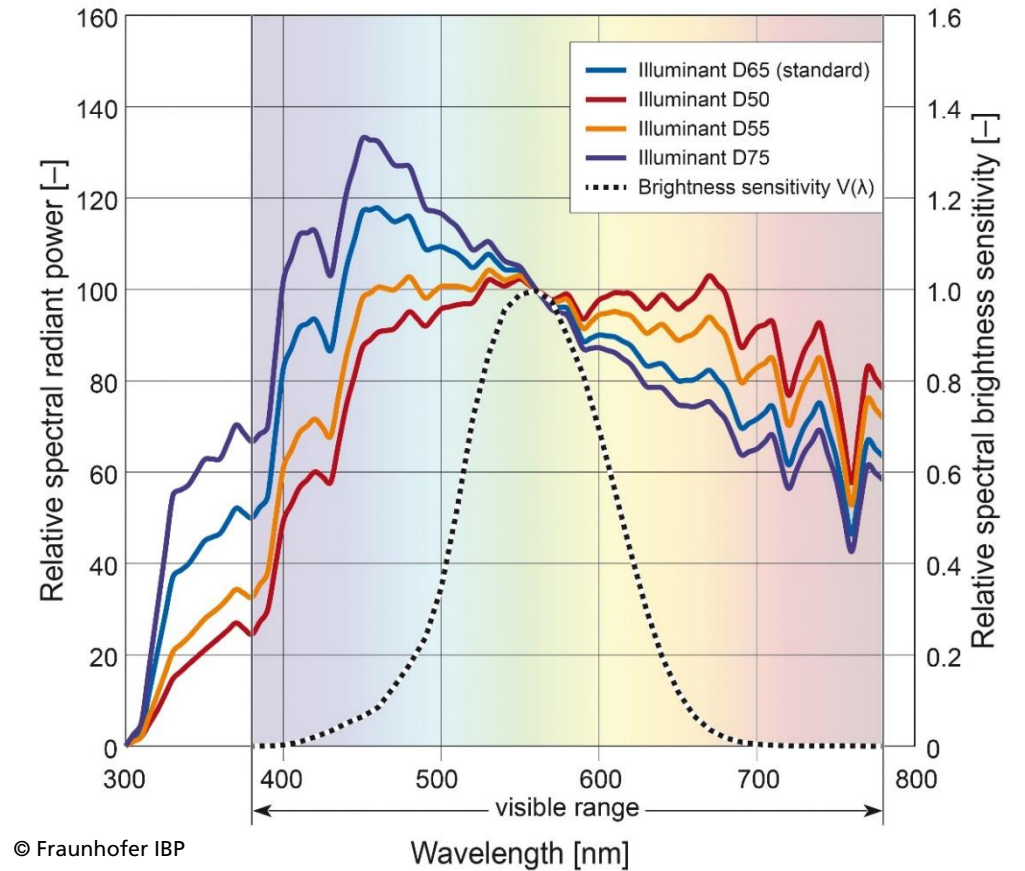
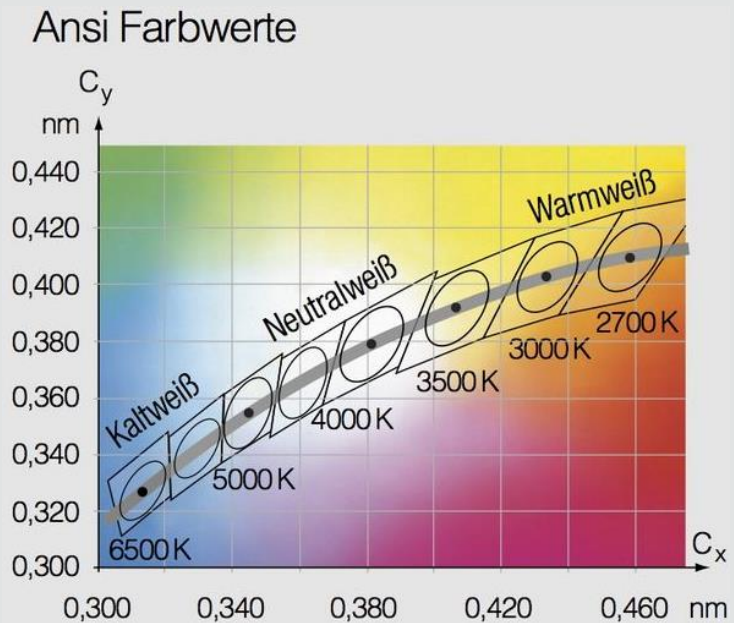
Kunstlicht / Sonnenlicht



Stand der (Licht-)Technik

Farbtemperatur | Kelvin - technisch

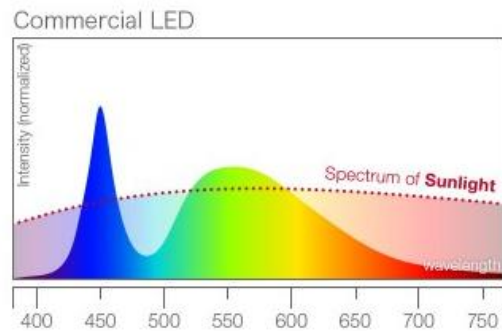
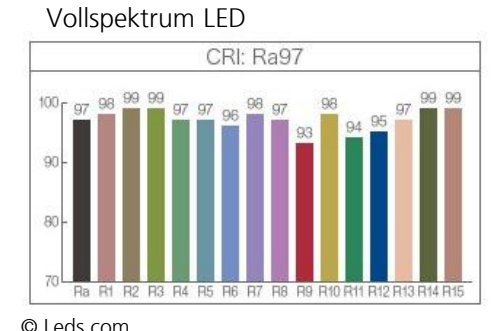
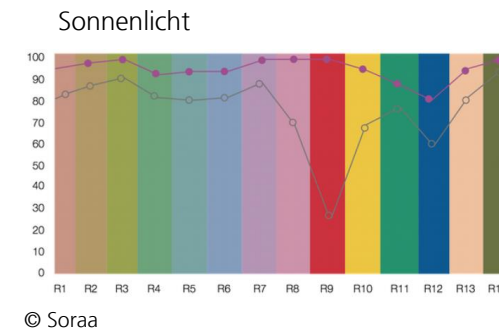
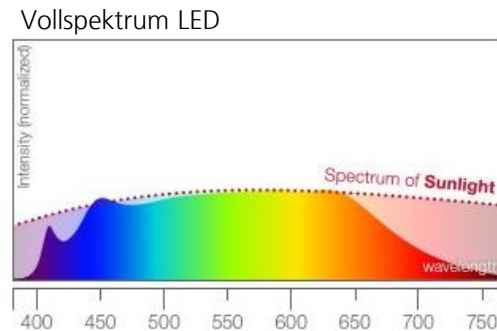
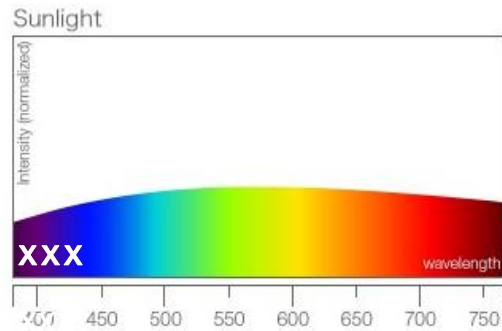
Farbwerte in Kelvin | Kunstlicht / Sonnenlicht



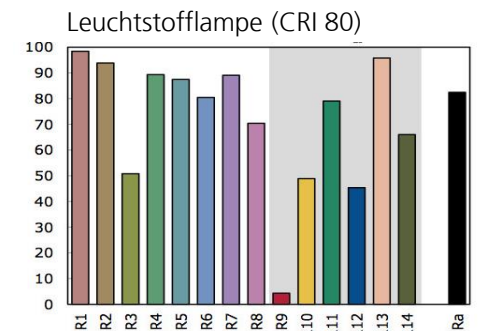
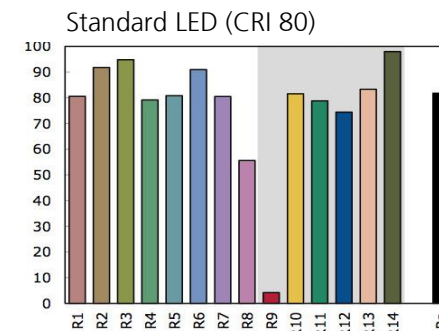
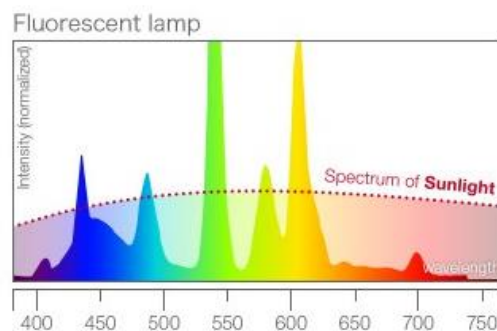
Stand der (Licht-)Technik

Spektren und Farbwiedergabeindex (CRI) im Vergleich

Spektren / CRI



© Toshiba Materials



Stand der (Licht-)Technik

CRI (Colour Rendering Index)

Visualisierung CRI



Kompakt-
Leuchtstofflampe



LED
Standard



LED
Vollspektrum

© PTG DMS Global Media Center

UMSETZUNG IM HIPIE-LABOR

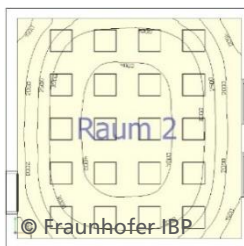
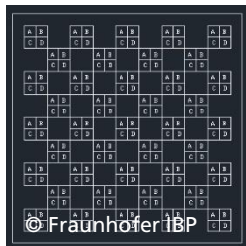
»High-Performance-Indoor-Environment«-Labor

HiPIE-Labor



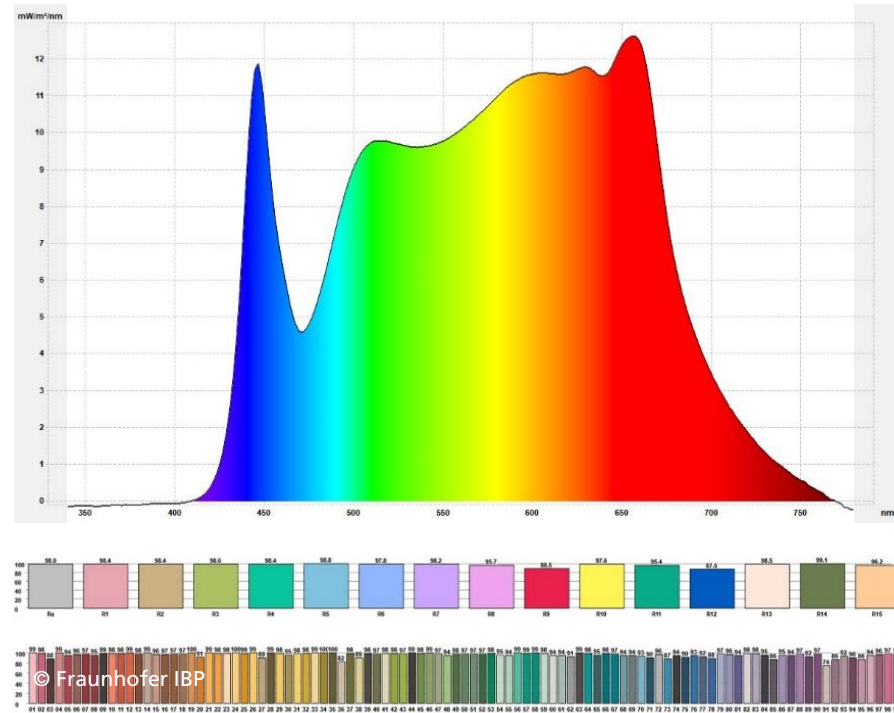
»High-Performance-Indoor-Environment«-Labor

Planung und Montage der LEDs und Steuerung



»High-Performance-Indoor-Environment«-Labor

Kalibrierung



4.000 Kelvin

750 Lux

CRI 80

CRI 80 Mix
2.700 / 6.500K

2 x Vollspektrum

STUDIENABLAUF

Rahmenbedingungen

✓ Einzeltestungen, Dauer ca. 1 Stunde

✓ Testung jedes Probanden in nur einem Leuchtszenario

✓ Zufällige Zuweisung und Balancierung der Versuchsbedingungen über den Tagesverlauf hinweg

✓ Nur Paper-Pencil-Tests zur Vermeidung von Display-Einflüssen

✓ Kontrolle von individueller Kontrastsensitivität und Displaynutzung

Stichprobe

Kennwerte

- Stichprobengröße:
 - $n_{\text{total}} = 83$;
 - $n_1=19, n_2=21, n_3=19, n_4=21$
- Alter: *Mittelwert* = 24.37, *SD* = 3.49, *Median* = 24
- Geschlechterverteilung: 69% weiblich
- 83% waren Studierende
- Normale oder korrigierte Sehfähigkeit



Studieninhalt

Wirkung von
Vollspektrum- LEDs
auf den Menschen

Empfehlungen / Hinweise aus der Literatur, praktische Relevanz

Sehtests und
Adaptionsphase

Fragebogen
Demographie

Subjektive
Evaluation

Leistungstests



Studieninhalt - Übersicht

| | | |
|------------------------------|--|----------------------|
| | Sehtests | |
| Subjektive Evaluation | Fragebogen Demographie und Displaynutzung, Blendung | |
| | Adaptionsphase | |
| Subjektive Evaluation | Wachheit I | |
| | Aufmerksamkeitstest | Leistungstest |
| Subjektive Evaluation | Visueller Komfort, Natürlichkeit, Farbwahrnehmung | |
| | Glanzkarten sortieren | Leistungstest |
| | Stoffe sortieren | Leistungstest |
| Subjektive Evaluation | Wachheit II | |

Studieninhalt

Subjektive Evaluation

- **De Boer-Blendungsbewertung**
(Sammarco, Mayton, Lutz & Gallagher, 2011)
- Karolinska-Schläfrigkeitsskala
- Visuelle Analogskalen

Bitte beurteilen Sie die momentane Blendung auf folgender Skala.

| | |
|--|--------------------------|
| 1 - unerträglich | <input type="checkbox"/> |
| 2 | <input type="checkbox"/> |
| 3 - störend | <input type="checkbox"/> |
| 4 | <input type="checkbox"/> |
| 5 - gerade zulässig | <input type="checkbox"/> |
| 6 | <input type="checkbox"/> |
| 7 - akzeptabel | <input type="checkbox"/> |
| 8 | <input type="checkbox"/> |
| 9 - gerade wahrnehmbar, aber nicht störend | <input type="checkbox"/> |
| keine Blendung | <input type="checkbox"/> |

Subjektive Evaluation

- De Boer-Blendungsbewertung
- **Karolinska-Schläfrigkeitsskala**
(Shahid, Wilkinson, Marcu, & Shapiro, 2011)
- Visuelle Analogskalen

Bitte bewerten Sie Ihre Müdigkeit in den letzten 10 Minuten, indem Sie das Kästchen vor der entsprechenden Zahl markieren. Nutzen Sie auch die Zwischenstufen.

- 1. sehr wach
- 2.
- 3. wach
- 4.
- 5. weder wach noch müde
- 6.
- 7. müde, aber keine Probleme wach zu bleiben
- 8.
- 9. sehr müde, große Probleme wach zu bleiben (mit dem Schlaf kämpfend)

Subjektive Evaluation

- De Boer-Blendungsbewertung
- Karolinska-Schläfrigkeitsskala
- **Visuelle Analogskalen: Wohlbefinden, Attraktivität und Gemütlichkeit im Raum, Eignung als Arbeitsplatz, Natürlichkeit von Objekten und ihrer Farbe, Buntheit**
(Islam et al., 2012)

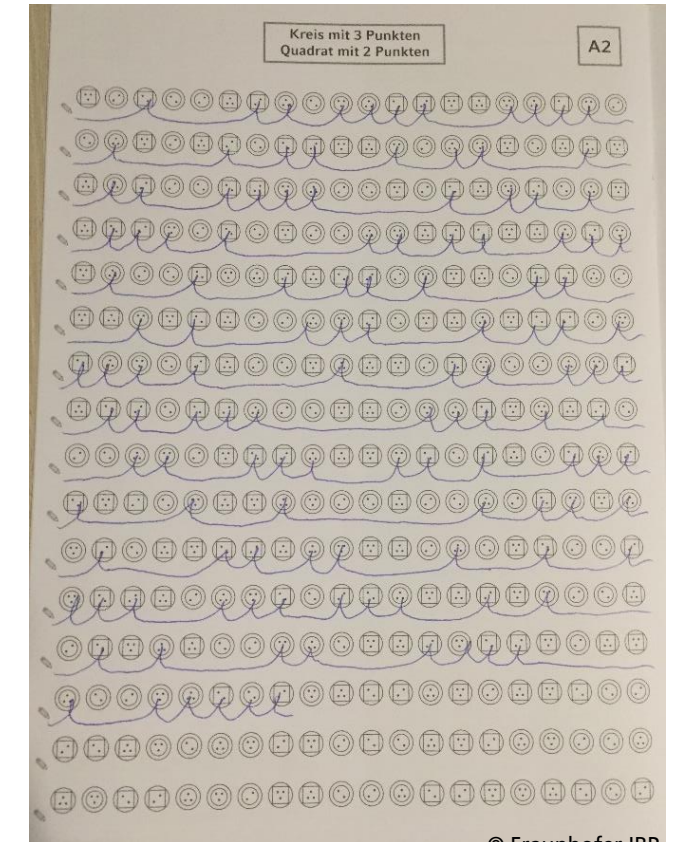
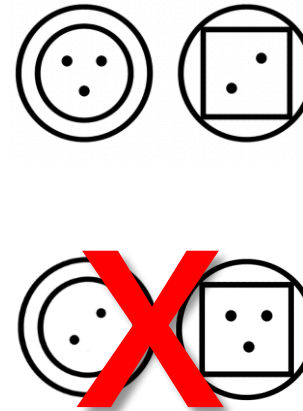
Insgesamt ist die Beleuchtung in diesem Raum...



© Fraunhofer IBP

Leistungstests

- **Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar**
(Petermann, 2011)
 - **Schnelle und genaue Untersuchung visuell ähnlicher Symbole**
 - **Unterscheidung von Ziel- und Ablenkungssymbolen**
 - **Erfassung von: Geschwindigkeit, Qualität (Genauigkeit), Konsistenz**
- Glanzgrad
- Stoffe sortieren



© Fraunhofer IBP

Studieninhalt

Leistungstests

- Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar
- **Glanzgrad**
(NCS Gloss Scale-Karten ISO 21813)
 - **7 Karten so schnell wie möglich nach Glanzgrad sortieren**
- Stoffe sortieren



Studieninhalt

Leistungstests

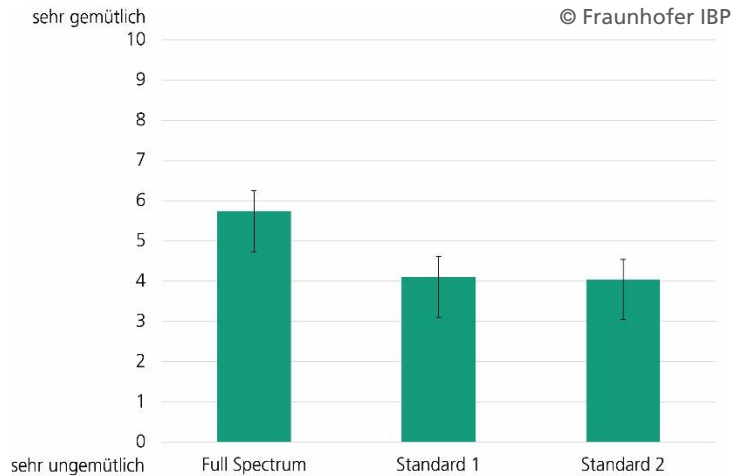
- Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar
- Glanzgrad
- Stoffe sortieren
 - Stoffe so schnell wie möglich nach Fehlern sortieren



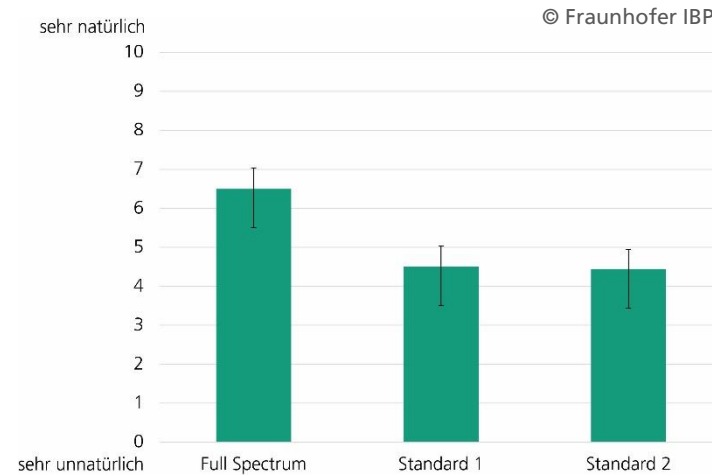
ERGEBNISSE

Ergebnisse

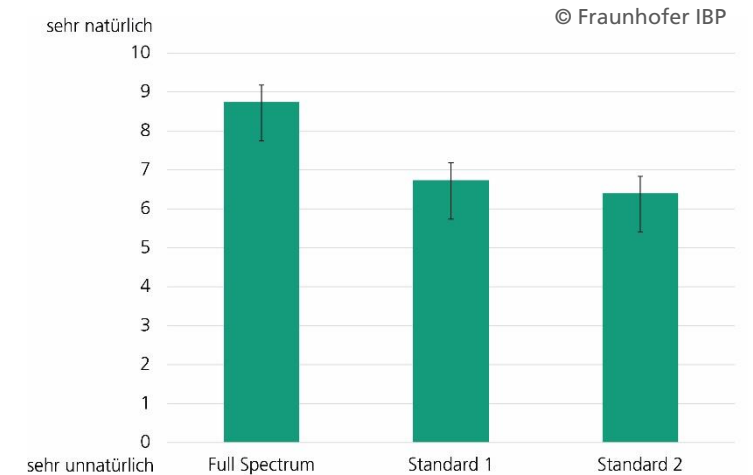
Insgesamt ist die Beleuchtung im Raum...
sehr ungemütlich – sehr gemütlich



Die Farbe der Objekte auf dem Tisch wirkt...
sehr unnatürlich – sehr natürlich



Wie bewerten Sie die Natürlichkeit Ihrer Hand?
sehr unnatürlich – sehr natürlich



Ergebnisse

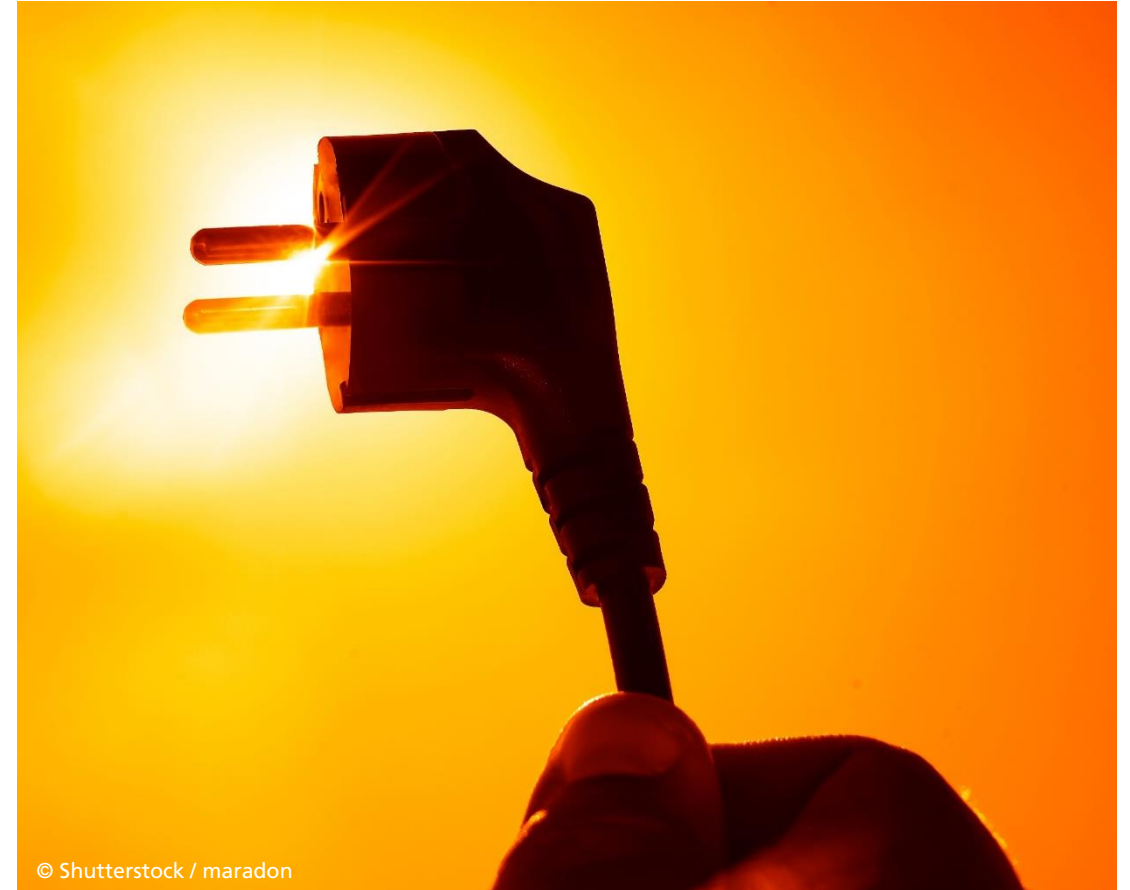
- Weitere statistisch signifikante Unterschiede zu Gunsten der Vollspektrum LEDs:
 - »Unter dieser Beleuchtung scheint die gesamte Schreibtischfläche ... sehr unangenehm - sehr angenehm«
 - »Unter dieser Beleuchtung wirkt die Farbe meiner Hände ... sehr unnatürlich – sehr natürlich«
- Schläfrigkeit:
Aktivierung der Proband*innen während der Studie, keine Unterschiede zwischen den Lichtbedingungen
- Leistungstests:
Keine statistisch signifikanten Unterschiede



FAZIT UND AUSBLICK

Fazit und Ausblick

- Bei allen statistisch signifikanten Unterschieden schnitten die Vollspektrum-LEDs besser ab als die Standard-LEDs
- In keinem Vergleich schnitten die Standard-LEDs besser ab als die Vollspektrum-LEDs
- Bei einigen subjektiven Evaluationen und bei den Leistungstests zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den LEDs
-> Die Effekte sind spezifisch
- In Planung: Feldstudie bspw. in Büros, Einzelhandel, Gastronomie



© Shutterstock / maradon

KONTAKT

Daniel Neves Pimenta

Lichttechnik und
passive Solarsysteme

Telefon +49 711 970 - 3402

daniel.neves.pimenta@
ibp.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Lisa-Marie Wadle

Psychoakustik und
kognitive Ergonomie

Telefon +49 711 970 - 3332

lisa-marie.wadle@ibp.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

www.ibp.fraunhofer.de