

teamwork 23.März 2011

Licht und Gesundheit - über die biologische Wirkung von künstlichem Licht

Dr. med. Dipl.-Ing. Herbert Plischke

Peter-Schilffarth-Institut für Soziotechnologie gGmbH
und
Humanwissenschaftliches Zentrum
Ludwig-Maximilians-Universität



Das PSI/GRP
bietet wissenschaftliche Begleitung für Unternehmen um
die technologischen Chancen des demografischen
Wandels bestmöglich umzusetzen

„Innovationsquelle Alter“



seit 2004,
Forum der Generationen,
Bad Tölz



Unsere Themen :

Wissenschaftliche Unterstützung zur Verbesserung bzw.
Neuentwicklung von Produkten und Dienstleistungen unter
spezieller Beachtung des **Demografischen Wandels** in den
Bereichen...

- Gestaltung von Lebensräumen (Infrastruktur)
- Mobilität
- Kommunikation
- Kompetenz, Bildung (lebenslang)
- (geistige) Gesundheit

Mobilitäts-Labor:

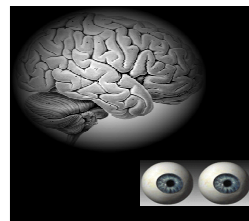
➤ Fahrsimulator



Sehlabor

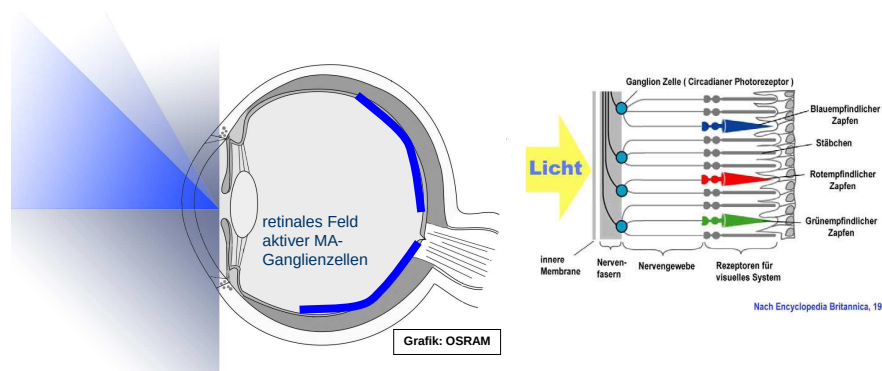


- Sehforschung
- Lichtwirkungsforschung
- Neurokompetenz Forschung

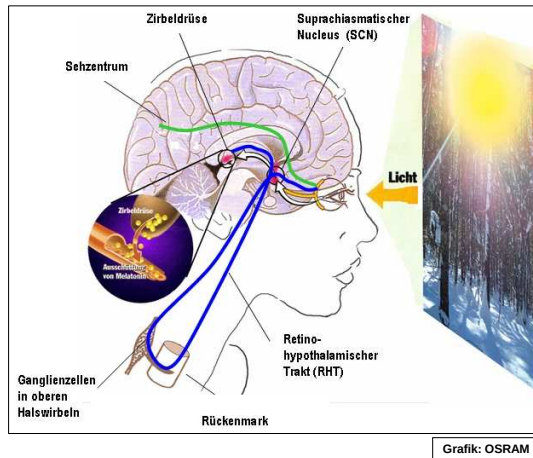


Rapid Report**An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans**

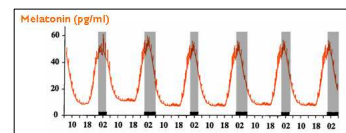
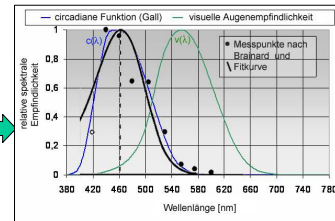
Kavita Thapan, Josephine Arendt and Debra J. Skene

*Centre for Chronobiology, School of Biomedical and Life Sciences, University of Surrey, Guildford, Surrey GU2 7XH, UK**J Physiol* 535, 261-267, 2001**Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor.***Brainard GC et al.**J Neurosci* 21, 6405-6412, 2001**Physiologische Wirkungen von Licht auf den Menschen****Im Jahr 2001 wurde ein neuer Rezeptor in der Retina entdeckt, der nichtvisuelle biologische Effekte über das Auge moduliert**

Wege des Lichts durch das Auge (für visuelle und biologische Effekte)



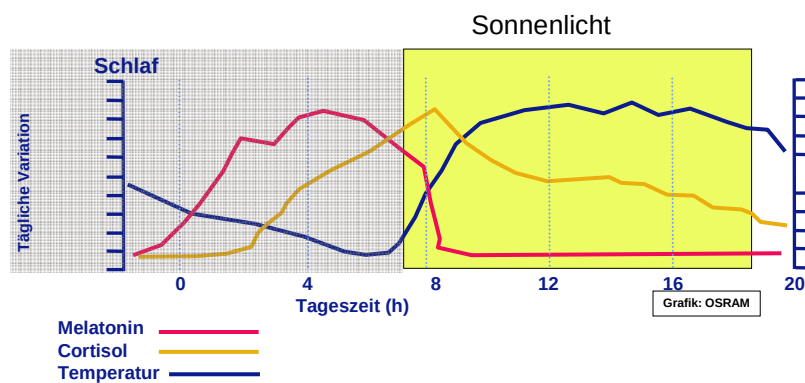
Grafik: OSRAM



© GRP

Page #11

Licht hat visuelle und nicht-visuelle über das Auge vermittelte biologische Wirkungen auf den Menschen

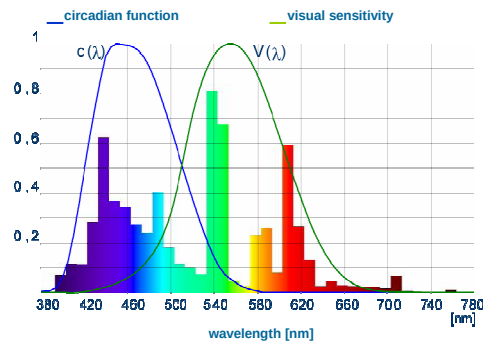


Grafik: OSRAM

© GRP

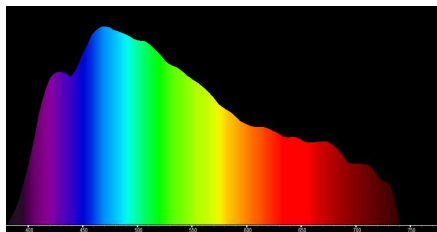
Page #12

Melatoninsupprimierendes Spektrum und visuelles Spektrum

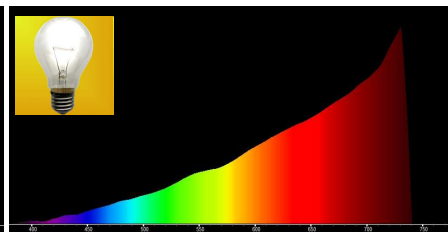


Gall / Die Messung circadianer Strahlungsgrößen, 2004

Spektrale Komponenten von Lichtquellen

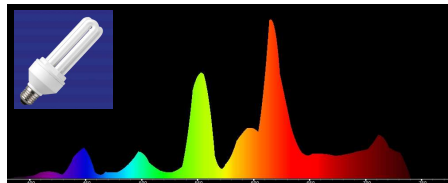


Natürliches Licht (8h)

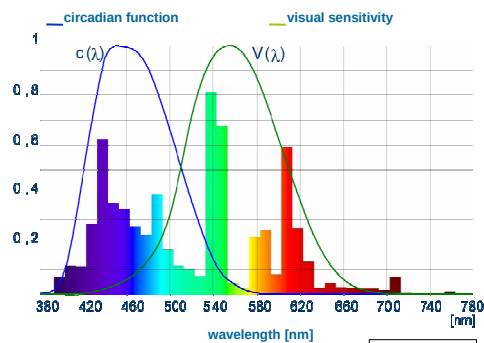


Glühlampe

7W
„Sparlampe“



Circadiane Funktion und visuelles Spektrum

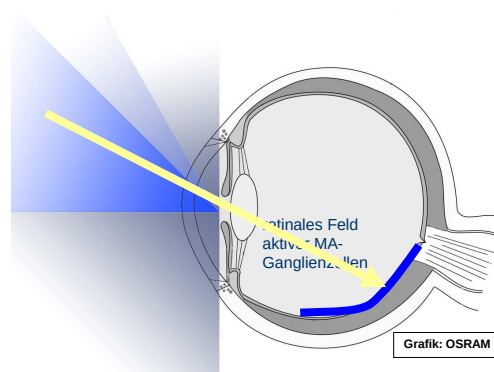


biologischer Wirkungs-
faktor = a_{biol_v}

$$a_{\text{biol}_v} = \frac{\Phi_{\text{biol}_c(\lambda)}}{\Phi_{\text{visual}_V(\lambda)}}$$

Gall / Die Messung circadianer Strahlungsgrößen, 2004

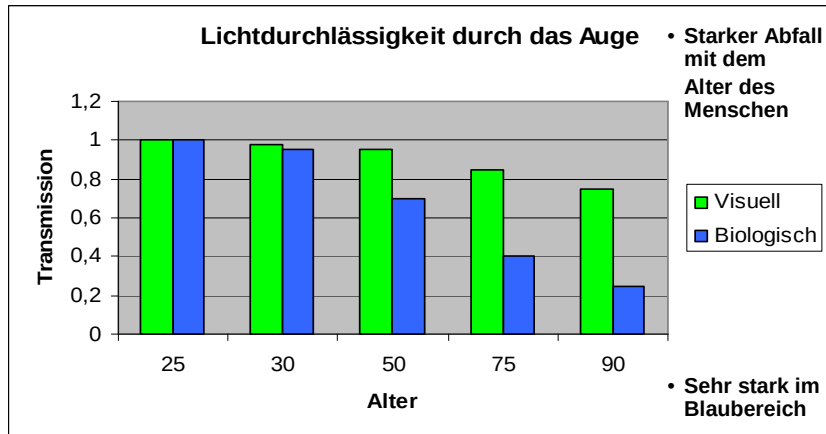
Altersabhängiger Rückgang der biologischen Lichtwirkung



- Sehr starker Abfall der Durchlässigkeit von blauem Licht mit den Alter des Menschen

bei 75-jähriger Person ca. 60% Reduktion

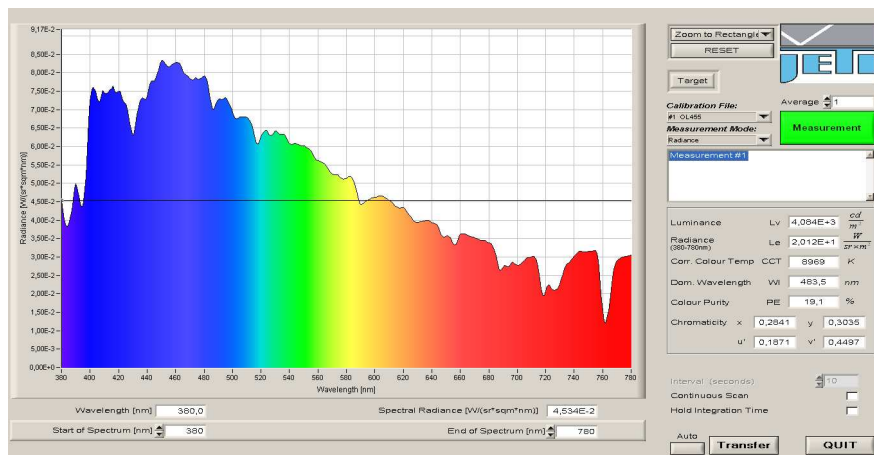
Altersabhängiger Rückgang der biologischen Lichtwirkung



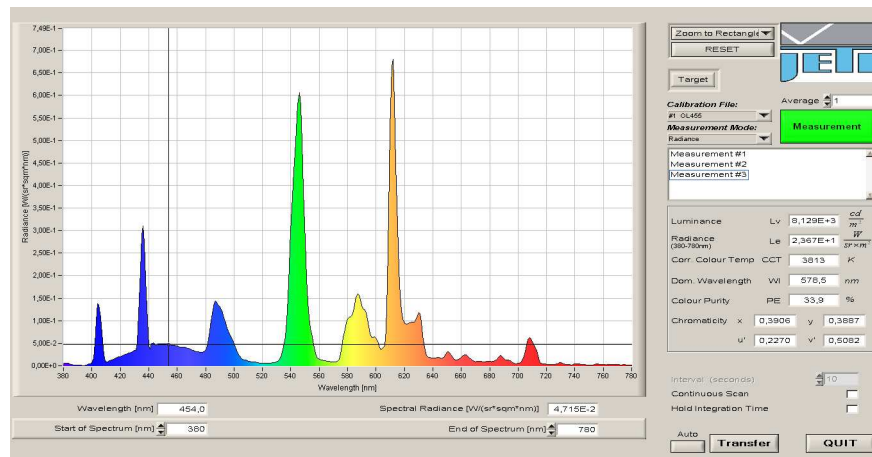
Senioren brauchen mehr Tageslicht

adaptiert von: Van de Kraatz, 2007

Spektrale Komponenten von Lichtquellen

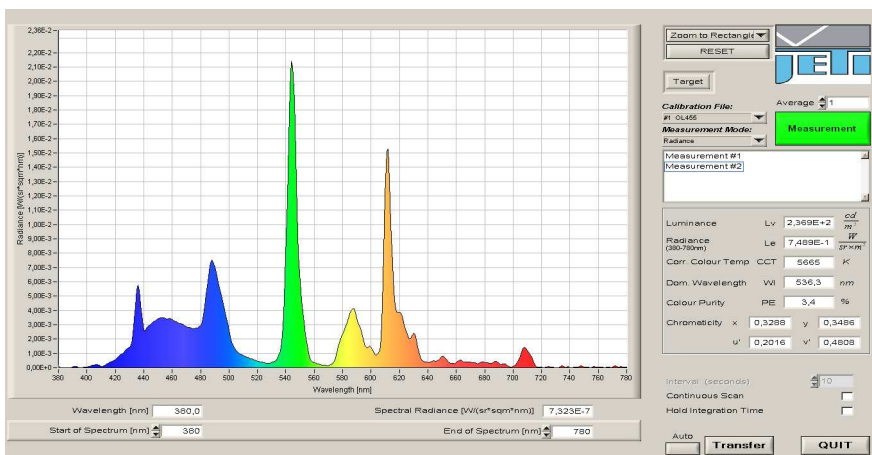


Spektrale Komponenten von Lichtquellen



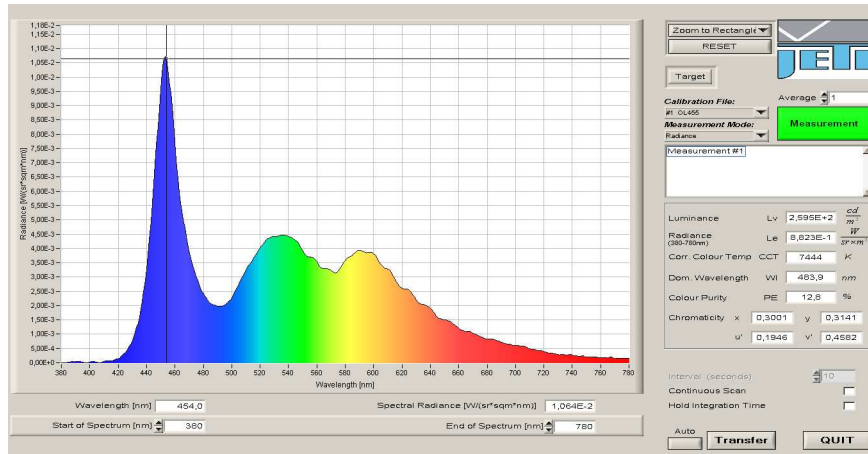
Leuchtstofflampe 840: acv= 0,48

Spektrale Komponenten von Lichtquellen



CCFL Computermonitor: acv= 0,81

Spektrale Komponenten von Lichtquellen



LED Computermonitor: acv= 0,90

Ausgewählte Studienergebnisse von biologisch wirksamer Beleuchtung bei Büroarbeitsplätzen und in Schulen

(es gibt noch zu wenig Studien!)

Original article

Scand J Work Environ Health—online first

Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality

by Antoine U Viola, PhD,¹ Lynette M James,¹ Luc JM Schlangen, PhD,² Derk-Jan Dijk, PhD¹

Viola AU, James LM, Schlangen LJM, Dijk D-J. Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. *Scand J Work Environ Health*—online first.

Objectives Specifications and standards for lighting installations in occupational settings are based on the spectral sensitivity of the classical visual system and do not take into account the recently discovered melopsin-based, blue-light-sensitive photoreceptive system. The authors investigated the effects of exposure to blue-enriched white light during daytime workhours in an office setting.

Methods The experiment was conducted on 104 white-collar workers on two office floors. After baseline assessments under existing lighting conditions, every participant was exposed to two new lighting conditions, each lasting 4 weeks. One consisted of blue-enriched white light (17 000 K) and the other of white light (4000 K). The order was balanced between the floors. Questionnaire and rating scales were used to assess alertness, mood, sleep quality, performance, mental effort, headache and eye strain, and mood throughout the 8-week intervention.

Results Altogether 94 participants [mean age 36.4 (SD 10.2) years] were included in the analysis. Compared with white light (4000 K), blue-enriched white light (17 000 K) improved the subjective measures of alertness ($P<0.0001$), positive mood ($P=0.0001$), performance ($P<0.0001$), evening fatigue ($P=0.0001$), irritability ($P=0.004$), concentration ($P<0.0001$), and eye discomfort ($P=0.002$). Daytime sleepiness was reduced ($P=0.0001$), and the quality of subjective nocturnal sleep ($P=0.016$) was improved under blue-enriched white light. When the participants' expectation about the effect of the light treatments was entered into the analysis as a covariate, significant effects persisted for performance, alertness, evening fatigue, irritability, difficulty focusing, concentrating, and blurred vision.

Conclusions Exposure to blue-enriched white light during daytime workhours improves subjective alertness, performance, and evening fatigue.

Key terms circadian rhythm; fatigue; melopsin; mood; office lighting.



LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

GRP - GENERATION RESEARCH PROGRAM
HUMANWISSENSCHAFTLICHES ZENTRUM



Participants

Jan 2007- March 2007

- 104 Healthy volunteers, aged 19-63 were recruited through a presentation of the protocol to all RS Components employees working on two floors (3 and 4).
- 96 volunteers completed the full study



RS Components, Corby, UK

Data: Derk-Jan Dijk, PhD, Professor of Sleep and Physiology, Surrey

Hypothesis

The alertness and performance of workers will be improved following exposure to 17000K (blue-enriched light), compared to 4000K (white light)



17000K



4000K



Bilder: Philips

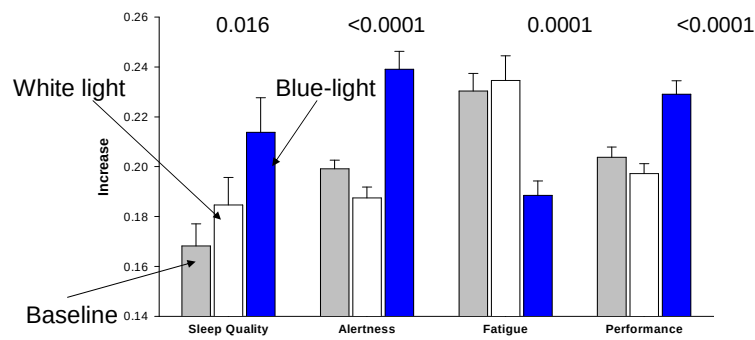
Design: Crossover

25-Jan 2007-20th March 2007

Floor 3	Baseline assessment	17000K				4000K			
		Week1	Week2	Week3	Week4	Week5	Week6	Week7	Week8
4000K				17000K					
Floor 4		Week1	Week2	Week3	Week4	Week5	Week6	Week7	Week8

Grafik: Philips

Results:
Blue-enriched light improves sleep quality, alertness and performance and reduces fatigue



Blue light vs. White light comparison

Data: Derk-Jan Dijk, PhD, Professor of Sleep and Physiology, Surrey

Grafik: Philips

Fazit der Corby Studie:

Blau angereichertes Licht am Tag verbessert:

- Wachheit am Tag
- Arbeitsqualität am Tag
- Schlaf in der Nacht

Dynamisches Licht

Studie der Wirksamkeit von dynamischem Licht in Hamburger Schulklassen

PHILIPS

In Kooperation mit
AG Kinder- und Jugendpsychiatrische Epidemiologie und Evaluation
am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

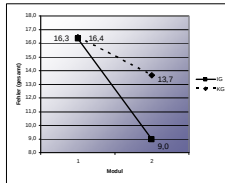


Bilder: Philips

Studie der Wirksamkeit von dynamischem Licht in Hamburger Schulklassen

Studie an 166 Schülern und 18 Lehrern über 1 Jahr.
Die Schüler waren im Alter zwischen 7 und 16 Jahren. Alle Schulformen waren vertreten.
Die Schulen wurden repräsentativ ausgewählt.
Durchgeführt wurde die Studie durch das Forschungsinstitut des UKE in Hamburg

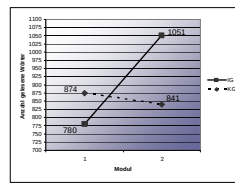
Fazit der Schulstudie (Quelle: Philips)



Konzentrationsfehler



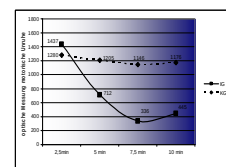
- 44,9%



Leseleistung



+ 34,8%



Bewegungsunruhe



- 76,6%

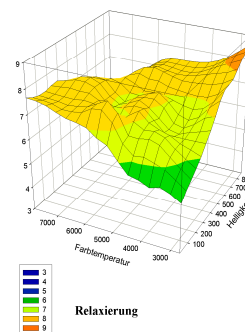
Grafiken: Philips

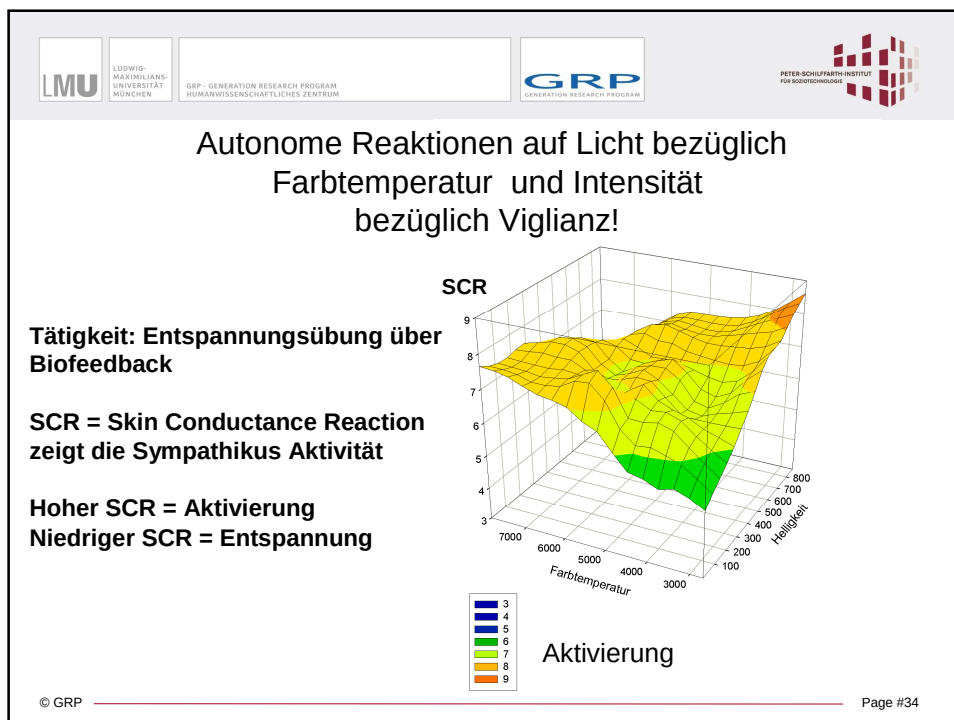
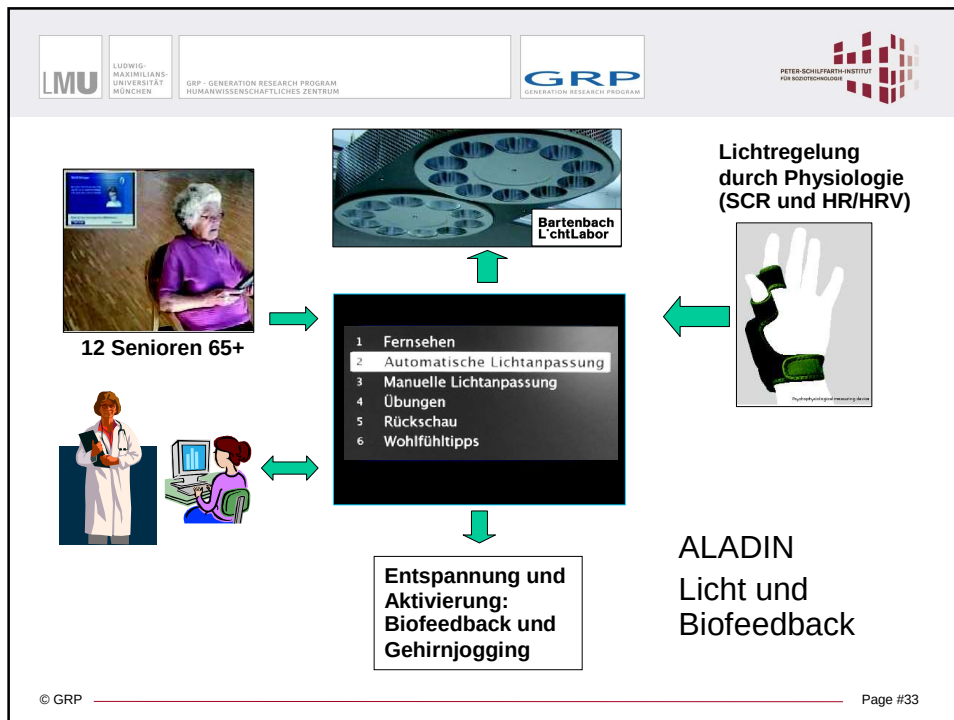
Verbesserung der untersuchten Parameter durch dynamisches Licht
doch: Studiendesign wurde kritisiert
Replikationsstudie wird am 7.6.2011 beim DIN Expertenforum vorgestellt



2007 - 2009
GRP
EU-Projekt ALADIN

Feedback control
Hautleitwert,
Herzrate



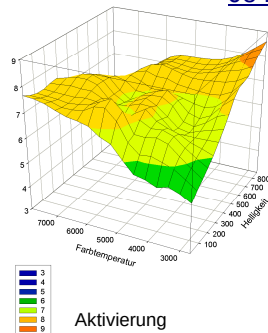


Teilergebnis der ALADIN-Studie:

Je höher der Blauanteil der Beleuchtung desto höher die endogene sympathische Aktivierung

Je höher die Intensität der Beleuchtung desto höher die endogene sympathische Aktivierung

Keine Summation der Effekte!



Weiterführende Frage:

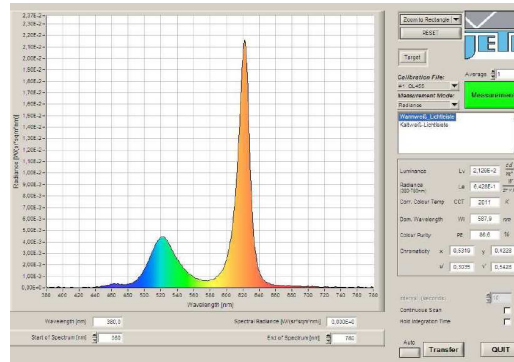
Kann hohe Intensität mit geringen Blauanteil Melatoninunschädlich aktivieren?

GRP Studie 2010/ 11: Biologisch aktives LED-Licht

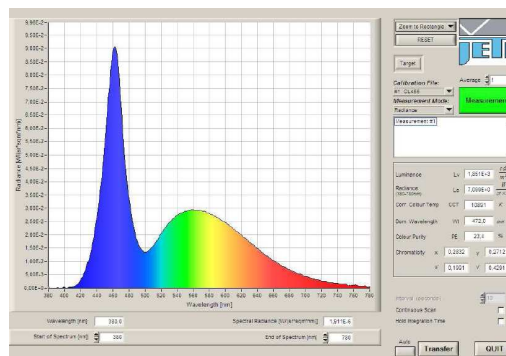
LichtszENARIO 1: 500Lux, 2100 K
(vermutet Melatoninunschädlich)

LichtszENARIO 2: 1500 Lux, 10.891 K
(vermutet Melatoninsupprimierend)

Szene 1- vermutlich Nicht Suppressierend: 2100 K, 500 Lux am Tisch



Szene 2 - Suppressierend: 10.891 K, 1500 Lux am Tisch



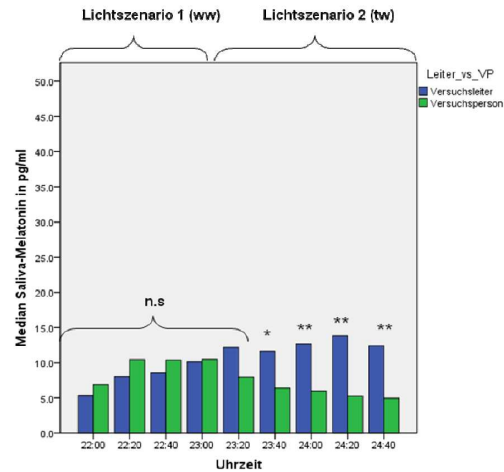


Abbildung 36: Median der Saliva-Melatoninwerte zu den unterschiedlichen Testzeitpunkten; N = 60 (30 VL und 30 VP); VPn befanden sich in der NapCab, VL als Kontrollen außerhalb bei gedämpftem Licht (ca. 18 lx); Differenzen 22 Uhr bis 23:20 Uhr n.s., Differenz 23:40 Uhr signifikant ($p < .05$) und ab 24 Uhr hoch signifikant ($p < .01$)

Fazit der GRP2-Studie:



Aktivierung

Vermutlich kann normgerechte Beleuchtung für Arbeitsplätze (2.100 K, 500Lx) melatoninunschädlich gestaltet werden!
- Wichtig für Nachtarbeit und Schlafqualität!!

Hoher Blauanteil (10.891 K, 1500Lx) und hohe Intensität hat hohe Melatoninsuppression in der Nacht und folglich auch am Tag!
Wichtig für Tagarbeit und Schlafqualität!!

Weiterführende Frage:

Kann man die Ergebnisse auch im Feldtest replizieren?

Beleuchtungssysteme und Arbeitsplätze

VBG
Ihre gesetzliche
Unfallversicherung

GRP
GENERATION RESEARCH PROGRAM

- Gemeinsamer Messestand mit der VBG zu biologisch optimierter Beleuchtung wurde aufgebaut

Motto:

Schichtarbeit bringt
Probleme mit sich

Das richtige **Licht** zur
richtigen Zeit kann
Probleme mindern



**GRP Studie: Optimierte Beleuchtung in Schaltwarten
mit 24h Kunstlicht (OBELIS)**

*Glaswerk Fa. NSG Pilkington,
Weiherhammer, Deutschland*





LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

GRP - GENERATION RESEARCH PROGRAM
HUMANWISSENSCHAFTLICHES ZENTRUM



PETER-SCHULFARTH-INSTITUT
FÜR SOZIOLOGIE

Ein gemeinschaftliches Projekt von:



GENERATION RESEARCH PROGRAM



VBG
Ihre gesetzliche
Unfallversicherung



Waldmann W
ENGINEER OF LIGHT.



PILKINGTON
NSG Group Flat Glass Business

© GRP

Page #43



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

GRP - GENERATION RESEARCH PROGRAM
HUMANWISSENSCHAFTLICHES ZENTRUM



PETER-SCHULFARTH-INSTITUT
FÜR SOZIOLOGIE

Warum diese Studie?

Durch dynamisches Licht könnte evtl. verbessert werden:

- Ein- und Durchschlafschwierigkeiten
- Eingeschränktes Konzentrationsvermögen durch Müdigkeit
- Vermindertes Wohlbefinden
- Privater und beruflicher Stress
- Langfristig negative Auswirkungen auf die Gesundheit (Herz-Kreislauf; Magen-Darm, Hinweise auf erhöhte Krebsrate)

1. **Warum diese Studie?**
2. Grober Studienaufbau
3. Details zur Vorstudie
 - a) Was wird untersucht
 - b) Ergebnisverwertung

© GRP

Page #44



LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN
GRP - GENERATION RESEARCH PROGRAM
HUMANWISSENSCHAFTLICHES ZENTRUM



PETER-SCHULFARTH-INSTITUT FÜR SOZIOLOGIE

Grober Studienaufbau

Ziel der Untersuchung:

- Untersuchung der gesundheitlichen und psychischen Situation von Schichtarbeitern bei NSG Pilkington
→ Stufe I: Vorstudie (Sept. 2009 – Jan. 2010)
- Können festgestellte Beeinträchtigungen durch angepasste Beleuchtung abgemildert werden?
→ Stufe II: Hauptstudie (Sept. 2010 – Juni 2011)

1. Warum diese Studie?
- 2. Grober Studienaufbau**
3. Details zur Vorstudie
 - a) Was wird untersucht
 - b) Ergebnisverwertung

© GRP
Page #45



LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN
GRP - GENERATION RESEARCH PROGRAM
HUMANWISSENSCHAFTLICHES ZENTRUM



PETER-SCHULFARTH-INSTITUT FÜR SOZIOLOGIE

Grober Studienaufbau

Vorstudie:

Explorative Untersuchung zu den Auswirkungen von Schichtarbeit im Werk Weiherhammer (Leitstand od. anderes Schichtpersonal) -> **Hawthorne Effekt beachten!!**

Ergebnisse dienen der Planung der Hauptstudie

Hauptstudie:

Entwicklung eines Beleuchtungskonzeptes für den ausgewählten Leitstand

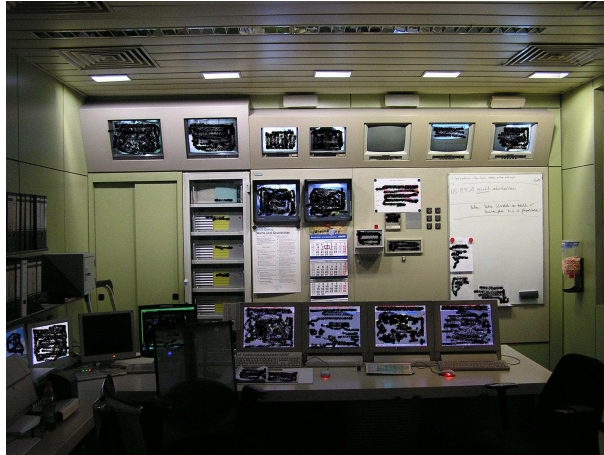
Testung der entwickelten Lichtlösung zur Unterstützung des biologischen Rhythmus während der Schichtarbeit

Statisches Licht (Normlicht BG Richtlinien, 4000 K) versus Dynamisches Licht

1. Warum diese Studie?
- 2. Grober Studienaufbau**
3. Details zur Vorstudie
 - a) Was wird untersucht
 - b) Ergebnisverwertung

© GRP
Page #46

Schaltwarte im Ausgangszustand

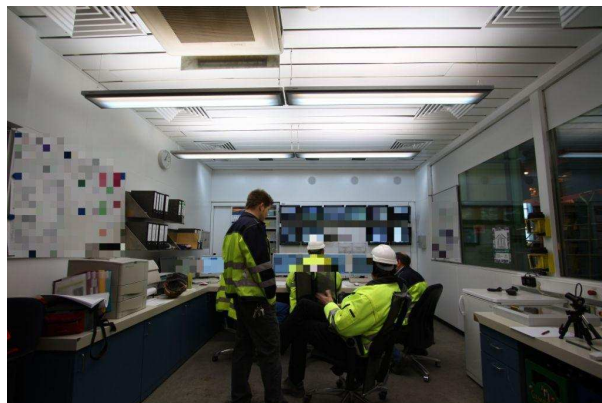


© GRP

Page #47

1. Warum diese Studie?
2. **Grober Studienaufbau**
3. Details zur Vorstudie
 - a) Was wird untersucht
 - b) Ergebnisverwertung

Schaltwarte mit neuer Lichtanlage



© GRP

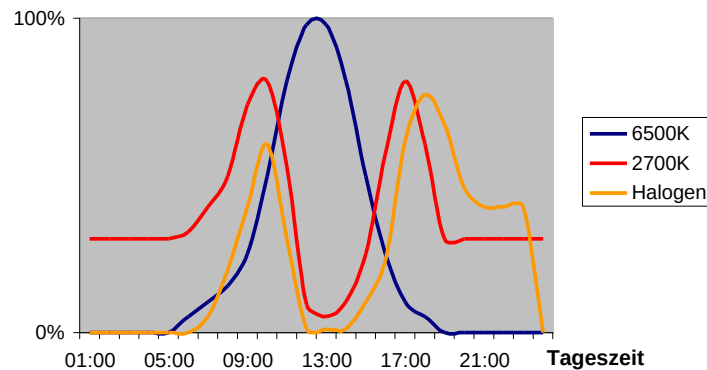
Page #48

1. Warum diese Studie?
2. **Grober Studienaufbau**
3. Details zur Vorstudie
 - a) Was wird untersucht
 - b) Ergebnisverwertung

Vorschlag für Szenario für das schnell wechselnde Schichtsystem bei NSG

= Unterstützung des natürlichen Blauanteils, möglichst keine
Verschiebung des zirkadianen Rhythmus durch Blauanteile in der
Nacht.

1. Warum diese Studie?
2. Grober Studienaufbau
3. Details zur Vorstudie
 - a) Was wird untersucht
 - b) Ergebnisverwertung



Details zur Vorstudie – 3a

Was wird untersucht?

- Schichttyp, Chronotyp
- Wohlbefinden, Schlafqualität
- Konzentrationsfähigkeit
(kurzzeitige und längerfristige Beanspruchung)
- Stresserleben, Müdigkeit, Ernährungsverhalten/
Rauchen/Medikamente

und die

- Beleuchtungssituation im Leitstand

1. Warum diese Studie?
2. Grober Studienaufbau
3. Details zur Vorstudie
 - a) Was wird untersucht
 - b) Ergebnisverwertung

Vorab Ergebnisse:

Aussagen der Schichtführer zu statischem Licht:

Schicht x (seit 10.02.2011 statisch):

- Ist sehr zufrieden mit neuer Lichtsituation
- Dynamisches Lichtprogramm macht aber noch besseren Eindruck
- Wach- Schlafrythmus ist immer gleich gut
- Verbesserungsvorschlag: Lichtprogramm an Jahreszeit anpassen

Schicht y (seit 10.02.2011 statisch):

- Dynamisches- und statisches Beleuchtungsprogramm sind auf jeden besser als Lichtsituation vor der Studie
- Dynamisches Programm wurde als optimal empfunden vor allem in der Nachtschicht (allerdings in der Mittagszeit etwas zu hell)
- Keine Veränderung des Wach-Schlaf-Rhythmus
- Verbesserungsvorschlag: Helligkeitsmaximum in der Mittagszeit verkleinern

1. Warum diese Studie?
2. Grober Studienaufbau
3. Details zur Vorstudie
 - a) Was wird untersucht
 - b) Ergebnisverwertung

Vorab Ergebnisse:

Aussagen der Schichtführer zu dynamischem Licht:

Schicht z (seit 10.02.1011 dynamisch):

- dynamisches Licht wird als viel schöner empfunden als statisches Licht
- Schlechte Schlafqualität nach Nachtschicht scheint sich verbessert zu haben.
- Verbesserungsvorschlag: ab 18 Uhr Helligkeit verringern

Schicht w (seit 10.02.2011 dynamisch):

- In der Nachtschicht war statische Beleuchtung besser als dynamische, da mehr Blauanteil
- ansonsten aber auf jeden Fall besser als vorher
- Keine Veränderung der Schlafqualität bemerkt (war immer gut)
- Verbesserungsvorschlag: In der Nachtschicht um Mitternacht noch mehr Blauanteil und in der Früh mehr rötliches Licht

1. Warum diese Studie?
2. Grober Studienaufbau
3. Details zur Vorstudie
 - a) Was wird untersucht
 - b) Ergebnisverwertung

Vorab-Fazit der OBELIS-Studie:

Hohe Akzeptanz und Zufriedenheit der Schichtarbeiter!

Subjektiv geäußerte Schlafqualität besser?

Dynamisches Licht wird sehr positiv aufgenommen!

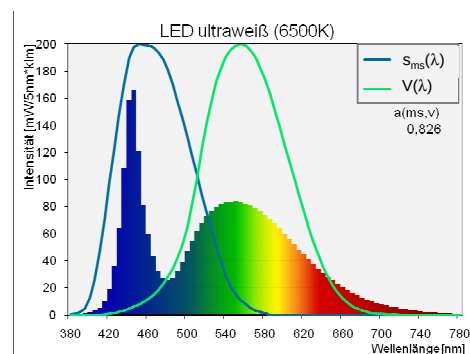
Weiterführende Frage:

Kann man die Ergebnisse in weiteren 24h Kunstlichtarbeitsplätzen replizieren?

Kann man langfristige gesundheitspräventive Wirkungen feststellen?

Wichtige Frage zur Normung (DIN FNL 27, Quelle: Osram D. Lang)

Bewertung der Energieeffizienz biologisch wirksamer Beleuchtung



- Energieeffizienz (lm/W) berücksichtigt nur $V(\lambda)$
- biologische Wirkung wird nicht berücksichtigt
- EU – Verordnungen schreiben Mindestwerte für Energieeffizienz vor
- Risiko für Einschränkungen bei biologisch wirksamer Beleuchtung

- auch biologisch wirksame Beleuchtung muss hocheffizient sein
- Notwendigkeit für ein Bewertungssystem der Energieeffizienz jenseits von lm/W

Naturwissenschaften (2008) 95:367–382
DOI 10.1007/s00114-007-0335-y

REVIEW

*Forschungsthema
der nächsten Jahre!!!*

Chronodisruption and cancer

Thomas C. Erren • H. Gerd Pape • Russel J. Reiter •
Claus Piekarski

Erren:...Moreover, our meta-analyses of 30 epidemiological studies evince that flight personnel and shift workers exposed to chronodisruption may have increased breast and prostate cancer risks: summary relative risks (RRs) for investigations of flight personnel and of shift workers suggested a 70 and 40% increase in the risk of breast cancer, respectively, and excess relative risks of prostate cancer in nine studies in flight personnel (40%) and in two studies in male shift workers.

Roenneberg... Although there is no experimental evidence that light at night is at the basis of increased cancer rates in shiftworkers, the scenario "light at night can cause cancer" influences research, medicine, the lighting industry... There is no doubt that shiftwork can be detrimental to one's health and that the prevalence of certain cancer types correlates with the state of industrialization.

Flash Animation wenn Zeit!

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt:

Dr. med. Dipl.-Ing. Herbert Plischke

Generation Research Program der LMU München
Peter-Schilffarth-Institut gemeinnützige GmbH

Prof.-Max-Lange-Platz 11

83646 Bad Tölz

Tel.: +49 (0) 8041 – 79929-0

Fax: +49 (0) 8041 – 79929-11

Email: plischke@lmu.de

Internet: www.peter-schilffarth-institut.de