

## **Ein Selbstversuch: Eine Woche ohne blaues Licht – Auswirkungen auf Aufmerksamkeit, Schlaf und Befinden**

*Jan Krüger, Robin Bullmann, Max Drechsler,  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin,  
Fabricestraße 8, 01099 Dresden, krueger.jan@buaa.bund.de*

### **1. Einleitung**

Mögliche Einflüsse von Lichtmangel in den Tagesstunden auf die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit stehen im Mittelpunkt des Forschungsprojekts F2394 „Einfluss circadianer Rhythmen auf die Sicherheit bei der Arbeit“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. In der hier beschriebenen Vorstudie wurde im Rahmen eines Proof-of-Concepts untersucht, ob ein ganztägiger Mangel an blauen Lichtanteilen Wirkungen auf Aufmerksamkeit, Schlaf und Befinden hervorrufen kann. Zu diesem Zweck wurden die drei Autoren für sieben aufeinanderfolgende Tage mit Blaufilterbrillen ausgestattet, welche ganztägig getragen wurden.

Aktuelle Studien belegen, dass die nicht-visuellen Lichtwirkungen u. a. von der gesamten Lichtexposition über den Tagesverlauf bestimmt werden (Lichthistorie) (Münch et al., 2012, Kunz, 2015). Dabei kann die vorangegangene Lichthistorie von wenigen Stunden bis hin zu einer Woche nachwirken (Hebert et al., 2002). Es wird deutlich, dass das Timing und die Menge von Licht und Dunkelheit die nicht-visuelle Wirkung mitbestimmen.

Vor diesem Hintergrund wurde im hier beschriebenen Vorversuch davon ausgegangen, dass eine Reduktion der Zeitgeberstärke für das circadiane System (Reduktion von Blauanteilen) in nachteiligen Effekten für Aufmerksamkeit, Schlaf und Befinden resultieren würde.

Hinweise auf mögliche negative Auswirkungen von Lichtmangel ergeben sich beispielsweise aus Studien zur altersbedingten Linsentrübung. Diesbezüglich wird vermutet, dass Wechselwirkungen zwischen der reduzierten Blaudurchlässigkeit der Augenlinse und der Schlafqualität bestehen könnten. Beispielsweise zeigte Asplund Verbesserungen des Schlafes und der Tagesmüdigkeit nach Kataraktoperationen (Asplund and Lindblad, 2004). Auch Brondsted untersuchte Veränderungen beim Schlaf nach dem Austausch der Augenlinsen gegen künstliche Intraokularlinsen mit 80% Blautransmission (Blaufilterlinse) bzw. 95% Transmission (klare Linse) (Brondsted et al., 2015). In dieser Studie zeigten sich unabhängig von der Linsenart keine Veränderungen beim Schlaf und der Aktigraphie. Jedoch verstärkte sich die Pupillenreaktion bei blauem Licht um 17% nach 2 Tagen bzw. um 24% nach 3 Wochen nach der Operation. Weiterhin ergab sich eine signifikante Erhöhung der Melatoninamplitude. Brondsted leitet ab, dass sich durch den Austausch der Augenlinse der Eintrag in das circadiane System verstärkte.

Weitere Hinweise auf mögliche negative Wirkungen von Lichtmangel gibt Figueiro. In einer Feldstudie trugen Schüler an fünf aufeinanderfolgenden Tagen Blaufilterbrillen während

der Schulzeit. Der Mangel von blauen Lichtanteilen erzeugte eine Verlangsamung der inneren Uhren um ca. 30 min (Figueiro and Rea, 2010). Figueiro vermutet, dass die inneren Uhren der Schüler durch die geringe Zeitgeberstärke anfangen „frei zu laufen“ und sich täglich um ca. 6 min. verlangsamen. Nach Figueiro stehen diese Ergebnisse im Einklang mit den Untersuchungen von Czeisler, welcher eine durchschnittliche intrinsische Periode von ca. 24,18 Stunden beim Menschen bestimmte (Czeisler et al., 1999).

Zu vergleichbaren Ergebnissen kommt Kunz, welcher nach drei aufeinanderfolgenden Tagen mit gedimmtem Glühlampenlicht am Morgen in der Zeit von 8 bis 11 Uhr bei Probanden im Schlaflabor ebenfalls eine Verlangsamung der inneren Uhr (um 45 min.) feststellte (Kunz, 2015). Darüber hinaus zeigten sich bei Probanden mit Lichtmangel am Morgen größere subjektive Müdigkeit am Morgen und am Abend sowie schlechtere Reaktionszeiten bei der Daueraufmerksamkeit.

Im Kontrast zu den dargestellten Studien geben Untersuchungen von Gimenez Hinweise auf eine Anpassung des circadianen Systems an Blaulichtmangel. Gimenez untersuchte die Melatonin Unterdrückung bei Verwendung von Blaufilter-Kontaktlinsen. Nach 2 Wochen dauerhaften Tragens der Blaufilterlinsen zeigte sich bei der Melatonin Unterdrückung am Abend durch helles weißes Licht, kein Unterschied mehr zur Melatonin Unterdrückung bei Verwendung von klaren Kontaktlinsen (Gimenez et al., 2014). Die Autoren vermuten, dass das circadiane System von jungen Probanden in der Lage ist, sich an Veränderungen der spektralen Transmission anzupassen und die spektrale Empfindlichkeit für die Melatonin Unterdrückung auf andere Photorezeptoren zu verlagern. Zusammenfassend kann dennoch festgehalten werden, dass die vorbenannten Studien Grund zur Annahme geben, dass eine Reduktion von Blauanteilen am Tag und in den Morgenstunden mittelfristig den Schlaf, die circadiane Phase, die Daueraufmerksamkeit und die subjektive Müdigkeit beeinflussen können.

Vor dem Hintergrund der dargestellten Literatur wurden folgende Thesen für den Selbstversuch aufgestellt:

- Im Vergleich zu normalem Tageslicht oder normaler künstlicher Beleuchtung sinkt die Daueraufmerksamkeit bei Blaulichtmangel.
- Im Vergleich zu normalem Tageslicht oder normaler künstlicher Beleuchtung sinkt die Schlafqualität bei Blaulichtmangel.
- Im Vergleich zu normalem Tageslicht oder normaler künstlicher Beleuchtung wird die individuelle emotionale Befindlichkeit bei Blaulichtmangel zum Negativen hin verändert.

Nicht zuletzt sei darauf aufmerksam gemacht, dass die Reduktion von Blauanteilen je nach Anwendungskontext auch zu einer besseren Anpassung des circadianen Systems an bestimmte Umgebungsbedingungen beitragen kann. Beispielsweise kann mithilfe von Blaufiltern die Anpassung von Schichtarbeitern an die Nachtschicht verbessert (Sasseville et al., 2006, Sasseville and Hebert, 2010) oder tagarbeitende Beschäftigte vor einer Störung des circadianen Systems durch Licht am Abend bewahrt werden (Burkhart and Phelps, 2009, van der Lely et al., 2015).

## 2. Methode

Das Versuchsprotokoll beinhaltete für jeden der drei Autoren einen 3-wöchigen Versuchsablauf. Vor dem Beginn der ersten Versuchswoche im Frühling 2017 wurden regelmäßige Bett- und Aufstehzeiten eingehalten, um das circadiane System zu stabilisieren (Adaptationswoche). Anschließend begannen zwei der Probanden mit dem 7-tägigen Tragen der Blaufilterbrille (Interventionswoche). Die zweite Versuchswoche diente allen Teilnehmern zur Regeneration und um einen Übertrag von Effekten der Lichthistorie in die zweite Versuchswoche zu reduzieren. Anschließend übernahm der dritte Versuchsteilnehmer die Blaufilterbrille und die anderen Teilnehmer trugen eine Brille ohne spektralen Filter (Baselinewoche).

Durch das Tragen der Blaufilterbrillen (Eschenbach wellnessPROTECT wP 15) sollte der Einfall blauer Lichtanteile in das Auge kontrolliert werden. Abbildung 1 zeigt die spektralen Transmissionseigenschaften des Kantenfilters. Die verwendete Brille absorbiert ca. 98% der Blauanteile. Aus dem Diagramm wird deutlich, dass auch die Grün- und Gelbanteile um etwa 33% reduziert werden und selbst die Rotanteile eine Dämpfung um 10% erfahren.

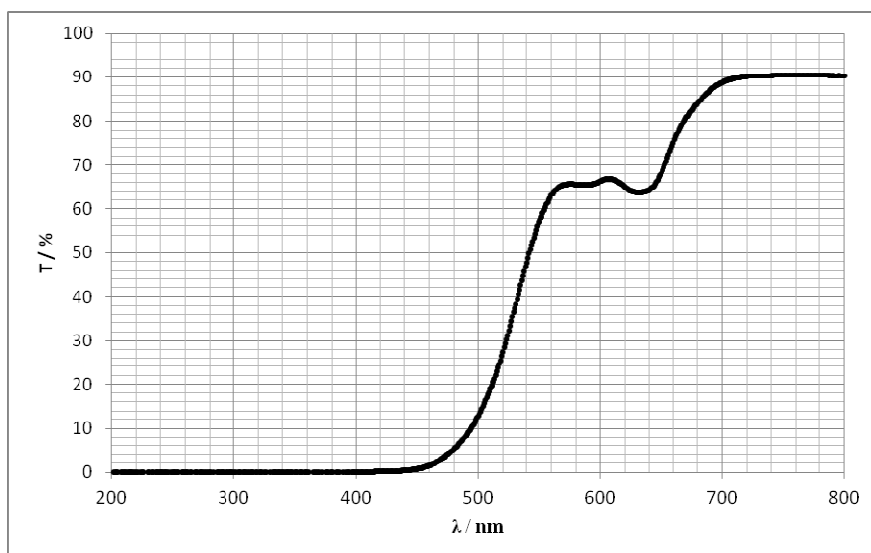


Abbildung 1: Transmissionseigenschaften der Blaufilterbrille

Während des gesamten Versuchszeitraums trugen die Versuchsteilnehmer jeweils zwei Aktivitätsmonitore, welche gleichzeitig das individuelle Lichtprofil aufzeichneten (Philips Actiwatch Spectrum). Eines der Dosimeter wurde am Handgelenk getragen und ein weiteres mit vertikaler Ausrichtung an der Brust. Die Versuchsteilnehmer waren zwischen 27 und 33 Jahre alt, gute Schläfer und keine extremen Chronotypen.

Die abhängigen Variablen umfassen objektive Parameter wie die Daueraufmerksamkeit (psychomotorischer Vigilanztest) oder Aktivität und subjektive Einschätzungen von Stimmung (PANAS), depressiven Symptomen (ADS) und Schlafqualität (PSQI, PROMIS). Die Durchführung der Vigilanztests, sowie die Fragebogenerhebungen erfolgten in regelmäßigen Abständen durch automatisierte Zusendung auf das Smartphone (Experience Sampling).

### 3. Ergebnisse

Eine Gegenüberstellung von Daten der Interventionswoche mit der Baselinewoche zeigt einen Einfluss der Brillenbedingung auf Daueraufmerksamkeit, Stimmung und depressive Symptome. Demgegenüber blieben Schlaf und Aktivität unbeeinflusst.

**Daueraufmerksamkeit:** Die Vigilanzmessungen wurden dreimal täglich zur selben Uhrzeit durchgeführt. Dabei ergaben sich insgesamt ca. 4700 Einzelmessungen der Aufmerksamkeit für alle drei Probanden. Die dreifaktorielle Varianzanalyse zur Auswertung der Reaktionszeiten des Vigilanztests beinhaltete die Faktoren Proband, Brillenbedingung (Blaufilterbrille, Placebobrille) und Zeitpunkt der Messung (Vormittag, Nachmittag, Abend). Es ergaben sich signifikante Effekte für die Faktoren Proband ( $F(2,4201)=1794,18$   $p<0,001$ ), Zeitpunkt ( $F(2,4201)=19,72$   $p<0,001$ ) und eine signifikante Interaktion zwischen den Probanden und der Brillenbedingung ( $F(2,4201)=27,23$   $p<0,001$ ). Demnach unterschieden sich die Reaktionszeiten generell zwischen den drei Versuchsteilnehmern und weiterhin zwischen den Messzeitpunkten am Morgen, mittags und am Abend. Aufgrund der unterschiedlichen Reaktionszeiten zwischen den Probanden wurde ein möglicher Haupteffekt der Brillenbedingung maskiert. Jedoch ergab die Analyse der signifikanten Interaktion zwischen dem Probanden und der Brillenbedingung, dass sich die Reaktionszeiten der Probanden beim Tragen der Blaufilterbrillen verschlechterten.

Neben der Reaktionszeit wurde die Anzahl der begangenen Fehler während des Vigilanztests mithilfe von Kreuztabellen und dem Chi<sup>2</sup>-Test analysiert. Zwar stieg die Anzahl der Fehler beim Tragen der Blaufilterbrille an (261 Fehler mit Blaufilterbrille, 206 Fehler ohne), dieser Effekt erreichte jedoch keine Signifikanz.

**Stimmung und depressive Symptome:** Der Fragebogen zum positiven und negativen Affekt (PANAS) wurde von jedem Probanden dreimal täglich ausgefüllt. Abbildung 2 zeigt einen höheren positiven Affekt, wenn keine Blaufilterbrille getragen werden musste. Der Anstieg beim positiven Affekt deutet auf eine bessere Stimmung bei den Probanden hin. Hinsichtlich des negativen Affekts ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Brillenbedingungen.

Weiterhin ließ sich aus der wöchentlichen Erhebung von depressiven Symptomen (ADS) bei 2 von 3 Probanden eine Tendenz zur Erhöhung des depressiven Gefühls beim Tragen der Blaufilterbrille ableiten.

**Schlaf:** Die Schlafqualität sowie die Beurteilung von Schlafstörungen wurde nach jeder Versuchswoche mit dem PSQI bzw. PROMIS Fragebogen ermittelt. In beiden Erhebungen zeigten sich keine Veränderungen des Schlafs während des Versuchszeitraums.

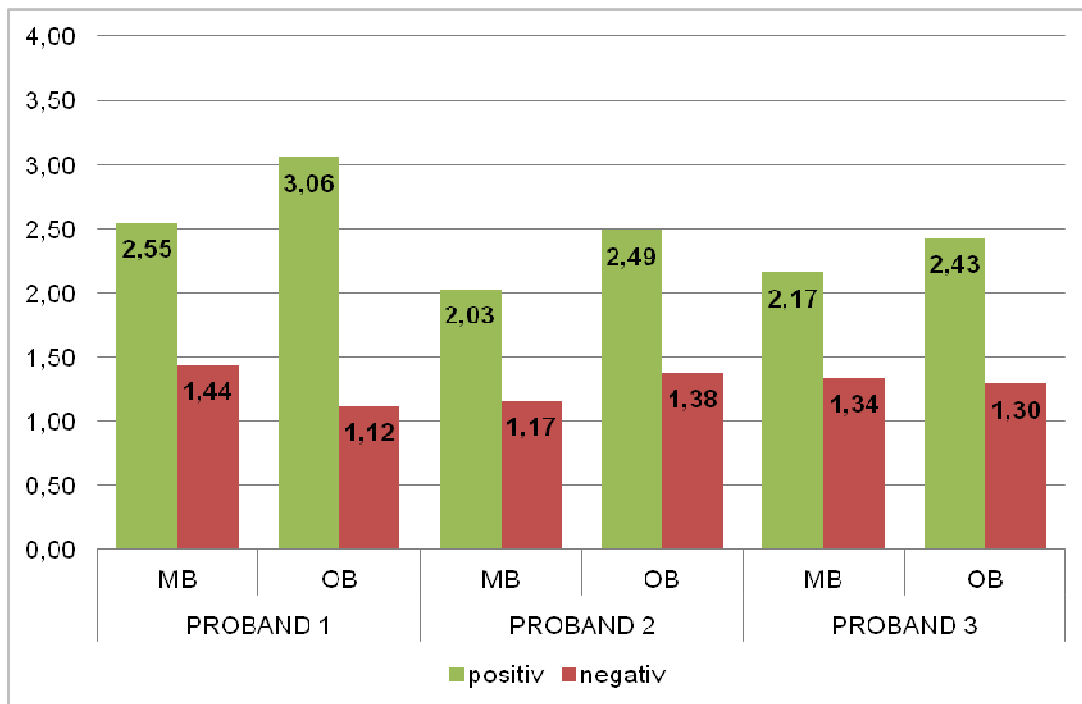


Abbildung 2: Positiver und negativer Affekt (MB – mit Brille, OB – ohne Brille)

**Aktivität:** Die Aktivitätsprofile wurden auf eine zeitliche Vor- oder Nachverschiebung des Aktivitäts-Ruhe-Zyklus in Abhängigkeit der Brillenbedingung überprüft. Im Rahmen der Analyse zeigten sich signifikante Unterschiede in der Uhrzeit der Aktivitätsmitte zwischen den Probanden. Jedoch ergaben sich keine Effekte der Brillenbedingung und keine Interaktion zwischen Brillenbedingung und Probanden.

**Lichtexposition:** Die Lichtexpositionsdaten wurden im Rahmen des Versuchs lediglich zur Überwachung der Gesamtlichtexposition zwischen den Probanden, den Versuchswochen und den Baseline- bzw. Interventionswochen erhoben, um mögliche Auffälligkeiten im Rahmen der Auswertung besser interpretieren zu können. Die Lichtexposition unterschied sich nicht zwischen den Baseline- bzw. Interventionswochen. Zwischen den Lichtprofilen der Brust- und Armmessung ergab sich eine Korrelation von  $r=0,87$   $p<0,001$ . Diese können daher als hinreichend ähnlich angenommen werden.

#### 4. Diskussion

Mit Blick auf die Hypothesen kann abgeleitet werden, dass die Daueraufmerksamkeit bei Blaulichtmangel im Vergleich zu normalem Tageslicht oder normaler künstlicher Beleuchtung absinkt. Weiterhin wird im Vergleich zu normalem Tageslicht oder normaler künstlicher Beleuchtung die individuelle emotionale Befindlichkeit bei Blaulichtmangel zum Negativen beeinflusst. Keine Effekte ergaben sich beim Schlaf.

Obwohl die Versuchsergebnisse weitestgehend im Einklang mit der oben dargestellten Literatur stehen, müssen diese kritisch hinterfragt werden. Zum einen verbietet die geringe Teilnehmerzahl von drei Versuchsteilnehmern sowie deren aktive Einbindung bei Vorbereitung und Auswertung der Versuche eine belastbare Interpretation der Ergebnisse. Darüber hinaus unterschieden sich die verwendeten Brillen in ihrer

Gesamtlichttransmission. Die, durch die Filtereigenschaften der Blaufilterbrille, reduzierte Gesamtlichtexposition über alle Wellenlängenbereiche wurde nicht mit der Verwendung eines Graufilters in der Kontrollbrille kompensiert. Weiterhin konnte nicht sichergestellt werden, dass die Messungen der Daueraufmerksamkeit zur selben circadianen Phase stattgefunden haben. Besonders die Ergebnisse zu den psychischen Faktoren wie Stimmung und depressive Symptome könnten teilweise durch einen Einfluss der Blaufilterbrille auf das visuelle System verursacht worden sein. Aufgrund der starken Filterwirkung war die Farbwahrnehmung beeinträchtigt sowie die Sehleistung in den Abendstunden. Zwei Probanden berichteten von Kopfschmerzen und visueller Ermüdung beim Tragen der Blaufilterbrille. Auch der gewohnte Tagesablauf wurde durch die Versuchsbedingungen beeinflusst. Beispielsweise war eine Teilnahme am Straßenverkehr nicht möglich, wenn die Blaufilterbrille getragen wurde.

Trotz der dargestellten Limitierungen geben die Studienergebnisse Hinweise darauf, dass sich Blaulichtmangel, unter den dargestellten extremen Bedingungen, nachteilig auf Sicherheit und Gesundheit auswirken kann.

## 5. Literatur

- Asplund R. & Lindblad B. E. (2004) Sleep and sleepiness 1 and 9 months after cataract surgery. *Arch Gerontol Geriatr*, 38(1): 69-75.
- Brondsted A. E., Sander B., Haargaard B., Lund-Andersen H., Jennum P., Gammeltoft S. & Kessel L. (2015) The Effect of Cataract Surgery on Circadian Photoentrainment: A Randomized Trial of Blue-Blocking versus Neutral Intraocular Lenses. *Ophthalmology*, 122(10): 2115-2124.
- Burkhart K. & Phelps J. R. (2009) Amber lenses to block blue light and improve sleep: a randomized trial. *Chronobiol Int*, 26(8): 1602-1612.
- Czeisler C. A., Duffy J. F., Shanahan T. L., Brown E. N., Mitchell J. F., Rimmer D. W., Ronda J. M., Silva E. J., Allan J. S., Emens J. S., Dijk D. J. & Kronauer R. E. (1999) Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science*, 284(5423): 2177-2181.
- Figueiro M. G. & Rea M. S. (2010) Lack of short-wavelength light during the school day delays dim light melatonin onset (DLMO) in middle school students. *Neuro Endocrinol Lett*, 31(1): 92-96.
- Gimenez M. C., Beersma D. G., Bollen P., van der Linden M. L. & Gordijn M. C. (2014) Effects of a chronic reduction of short-wavelength light input on melatonin and sleep patterns in humans: evidence for adaptation. *Chronobiol Int*, 31(5): 690-697.
- Hebert M., Martin S. K., Lee C. & Eastman C. I. (2002) The effects of prior light history on the suppression of melatonin by light in humans. *J Pineal Res*, 33(4): 198-203.
- Kunz D. (2015) Circadiane Wirksamkeit Aml-basierter Beleuchtungssysteme: Wirkungsfragen circadianer Desynchronisation. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Münch M., Linhart F., Borisuit A., Jaeggi S. M. & Scartezzini J.-L. (2012) Effects of prior light exposure on early evening performance, subjective sleepiness, and hormonal secretion. *Behavioral Neuroscience*, 126(1): 196-203.

- Sasseville A. & Hebert M. (2010) Using blue-green light at night and blue-blockers during the day to improve adaptation to night work: a pilot study. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 34(7): 1236-1242.
- Sasseville A., Paquet N., Sevigny J. & Hebert M. (2006) Blue blocker glasses impede the capacity of bright light to suppress melatonin production. *J Pineal Res*, 41(1): 73-78.
- van der Lely S., Frey S., Garbazza C., Wirz-Justice A., Jenni O. G., Steiner R., Wolf S., Cajochen C., Bromundt V. & Schmidt C. (2015) Blue Blocker Glasses as a Countermeasure for Alerting Effects of Evening Light-Emitting Diode Screen Exposure in Male Teenagers. *Journal of Adolescent Health*, 56(1): 113-119.