

# LABORSTUDIE ZUR WIRKUNG UNTERSCHIEDLICHER BELEUCHTUNGSBEDINGUNGEN IN LEITWARTEN

Rico Ganßauge<sup>1</sup>, Annette Hoppe<sup>2</sup>

## Motivation

Viele hochkomplexe Systeme und Anlagen werden heute von relativ wenigen Bedienern in einer Leitwartenumgebung geregelt. Das betrifft in hohem Maße die Leitwarten in Kraftwerken oder Netzleitstellen, aber auch andere Bereiche, wie die Überwachung von Produktionsprozessen. Ein bestimmendes Merkmal dieser Tätigkeiten ist die hochgradige automatische Regelung des Prozesses, bei welcher der Mitarbeiter in der Leitwarte im Normalbetrieb nur relativ wenig eingreift (Treier 2008, S. 301). Bei längerdauernder Prozessüberwachung kann es jedoch vergleichsweise rasch zum Absinken der Aufmerksamkeit kommen (DIN 10075-2: 2000, S. 8). Dieser Fakt gewinnt besondere Bedeutung, wenn bedacht wird, dass durch den steigenden Anteil erneuerbarer Energien die Anforderungen an das Wartenpersonal ebenfalls steigen. Daraus ergeben sich Ansatzpunkte für arbeitsgestalterisches Handeln in vielfältiger Hinsicht, wobei die Gestaltung der Beleuchtung eine wichtige Möglichkeit darstellt.

## Zielstellung

Die vorliegende Studie stellt sich das Ziel, die Wirkung unterschiedlicher Beleuchtungsbedingungen auf die Ermüdung des Menschen unter monotonen Reizbedingungen zu untersuchen, um daraus Schlussfolgerungen für Optimierungsmaßnahmen ableiten zu können. Längerfristig kann dies in ein Gesamtsystem von adaptiven und damit noch menschengerechter gestalteten Umgebungsbedingungen eingegliedert werden, die die momentan vorherrschende statische Beleuchtung ablösen können.

## Stand der Forschung

Die Bundesregierung hat durch die Schaffung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes EEG den Vorrang von alternativen Energien in der Einspeisung festgeschrieben. Diese Strategie soll auch in den kommenden Jahren fortgesetzt werden, bis 2020 sollen 47% der Energie aus erneuerbaren Quellen stammen (AEE 2013). Davon wird der überwiegende Teil aus stark schwankender Einspeisung stammen, wie Wind- und Sonnenenergie. Dies stellt steigende Anforderungen an die Operatoren, die nun erheblich häufiger Bedieneingriffe vornehmen müssen. Bei diesen Eingriffen ist höchste Konzentration, Reaktionsfähigkeit und Wachheit erforderlich, um gezielt das anstehende Problem zu lösen und die Betriebssicherheit und Stabilität der Stromversorgung wieder herzustellen. Werden diese Situationen nicht angemessen gelöst, droht Überforderung durch Technikstress (Hoppe, 2009). Um die Wachheit und Aufmerksamkeit des Wartenpersonals zu unterstützen, bieten sich einige neuere Erkenntnisse bezüglich der Wirkung von Licht an. Seit einiger Zeit ist bekannt, dass Licht im kurzen Wellenbereich von 380–580nm die Ausschüttung des so genannten „Schlafhormons“ Melatonin unterdrückt. In Deutschland ist dies bereits in einen Norm-Entwurf zur biologischen Wirkung von Licht eingeflossen (DIN V 5031-100). Es wurden spezielle Rezeptorzellen im Auge nachgewiesen, die für Licht in diesem Wellenbereich besonders empfindlich sind (Berson, Dunn & Takao, 2002). Diese beeinflussen durch ihre Signale indirekt vermittelt über weitere Zwischenstationen im menschlichen Gehirn die circadiane Rhythmik und insbesondere den Schlaf-/ Wachrhythmus. Hier ergibt sich ein Ansatzpunkt für die Beleuchtungsgestaltung. Dazu muss jedoch nachgewiesen werden, dass das Licht in besagtem Wellenbereich tatsächlich eine angemessene Wirkung auf Wachheit und Aufmerksamkeit des Menschen hat.

---

<sup>1</sup> Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Siemens-Halske-Ring 14, 03046 Cottbus, Tel.: 0355/695047, Fax: 0355/694866, rico.ganssaue@tu-cottbus.de, www.tu-cottbus.de/awip

<sup>2</sup> Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg Siemens-Halske-Ring 14, 03046 Cottbus, Tel.: 0355/694824, Fax: 0355/694866, hoppe@tu-cottbus.de, www.tu-cottbus.de/awip

## Methodik

Es wurde ein Laborexperiment konzipiert und durchgeführt. Dabei wurde unter der Versuchsbedingung mit kurzweiligem Licht der Vigilanztest „Mackworth-Clock“ durchgeführt. Die Versuchsbedingung wird nachfolgend als „Blau“ bezeichnet, da das verwendete Licht optisch blau aussieht. Die Ermüdung wurde mit Hilfe eines objektiven und eines subjektiven Verfahrens ermittelt. Das objektive Verfahren war der pupillographische Schläfrigkeitstest „F2D“ der Firma Amtech/Dossenheim. Die subjektive Selbsteinschätzung wurde mittels der Karolinska Sleepiness Scale (KSS, Akerstedt & Gillberg 1990) erhoben. Beide Messungen erfolgten einmal vor und einmal nach dem Vigilanztest. Der Vigilanztest „Mackworth-Clock“ ist eine monotone Überwachungsaufgabe, die die Anforderungen einer Überwachungstätigkeit valide und reliabel nachbildet (Sturm und Büssing 1990). In gleicher Art und Weise wurde von denselben Versuchspersonen die Kontrollbedingung gleicher Beleuchtungsstärke, aber ohne kurzweilige Anteile durchgeführt (diese wird nachfolgend als „Rot“ bezeichnet). Die Anfangszeit beider Bedingungen war gleich, um andere Einflüsse aus der circadianen Rhythmik auszuschalten. Die Anfangszeit lag jeweils am Nachmittag 15:00 Uhr. Damit sollte sichergestellt werden, dass die Versuchspersonen sich im so genannten „Nachmittagstief“ der circadianen Rhythmik befinden, um die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf schwierige Schichtbedingungen, wie z.B. Nachtschicht, sicherzustellen. Bei der Versuchsplanung handelt es sich damit um einen Versuchs-Kontrollgruppenplan mit Wiederholungsmessung. Ein Vorteil dieses Laborsettings ist die Kontrollierbarkeit der übrigen Umgebungsbedingungen, damit Alternativerklärungen ausgeschlossen werden können (Bortz & Döring 2006, S. 493f.).

## Ergebnisse

Erste Auswertungen von  $N = 32$  Versuchspersonen hinsichtlich der Ermüdung zeigen ein überraschendes Ergebnis. So ist die Ermüdung gemessen mit dem pupillographischen Schläfrigkeitstest F2D unter der Versuchsbedingung „Blau“ sogar etwas höher als unter der Kontrollbedingung „Rot“. Die Ausgangswerte der Ermüdung sind gleich bzw. unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (t-Test für gepaarte Stichproben;  $T = 0,43$ ;  $\alpha = 0,97$ ). Sie befinden sich im oberen Bereich der Skala für „wach“. Nach dem Versuch zeigen die Versuchspersonen bei beiden Bedingungen Werte, welche als „kontrollbedürftig“ auf der Skala des Geräteherstellers zu klassifizieren sind. Dies ist jedoch nicht pathologisch, sondern eindeutig auf die monotone Beanspruchung durch den Vigilanztest „Mackworth-Clock“ zurückzuführen und bildet sich nach Ende der Aufgabe schnell zurück. Die subjektive Selbsteinschätzung der Wachheit mittels KSS-Fragebogen tendierte unter beiden Bedingungen von etwas unter „wach“ zu etwas unter „weder wach noch müde“. Dabei zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in den Einschätzungen unter Versuchs- und Kontrollbedingung davor und danach (Wilcoxon-Test, für Differenz vorher:  $\alpha = 0,18$ ; für Differenz nachher:  $\alpha = 0,78$ ). Die Werte der Kontrollbedingung „Rot“ zeigten vorher eine leichte Tendenz der etwas höheren Einschätzung der Ermüdung. Dies ist wahrscheinlich auf das im sonst dunklen Raum schon sichtbare rötliche Licht zurückzuführen und floss bei der Überarbeitung des Versuchsaufbaus ein.

Tabelle 1: Ergebnisse zur Veränderung der der Ermüdung unter beiden Versuchsbedingungen

		Mittelwert	Standardabw.		Mittelwert	Standardabw.
Versuchsbedingung „Blau“	F2D vorher	0,94	0,60	KSS vorher	3,88	1,36
	F2D nachher	1,21	0,75	KSS nachher	5,72	1,71
Kontrollbedingung „Rot“	F2D vorher	0,95	0,67	KSS vorher	4,31	1,28
	F2D nachher	1,12	0,74	KSS nachher	5,81	1,42

In einem nächsten Schritt der Auswertung sollen nun die Werte für Reaktionszeiten und Fehler in der Vigilanzaufgabe „Mackworth-Clock“ mit einbezogen werden. So ist es möglich, besser zu klären, ob die erhöhte Ermüdung *nach* der Versuchsbedingung „Blau“ möglicherweise eine Nachwirkung besserer Wachheit und Aufmerksamkeit *während* der Versuchsdurchführung ist. Damit kann abschließend die Wirkung und der Nutzen einer Veränderung der Beleuchtungsbedingungen aufgeklärt werden.