

# Psychologische Blendung und Stressempfinden in Abhängigkeit der Strahldichte

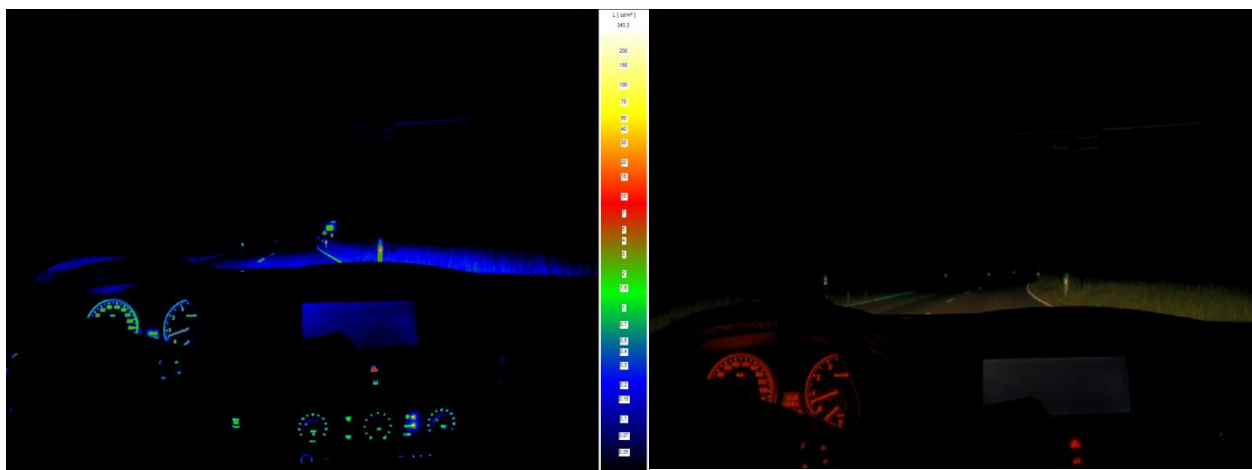
*Dipl.-Phys. Nina Müller, PD Peter Bodrogi, Prof. Tran Quoc Khanh  
Fachgebiet Lichttechnik, Technische Universität Darmstadt*

Die Wahrnehmung von Licht im Straßenverkehr ist ein wichtiges Forschungsgebiet des Fachgebiets Lichttechnik an der TU Darmstadt. Besonders Blendung im nächtlichen Straßenverkehr kann direkt oder indirekt zu Unfällen führen, weshalb in einer Studie die Auswirkung von psychologischer Blendung auf das Stressempfinden untersucht wurde.

## Test Design

Das Experiment wurde so gestaltet, dass es einer Blendsituation im nächtlichen Verkehr auf einer Landstraße entsprach, da in diesem Straßenumfeld die Blendung durch Gegenverkehr die größten Auswirkungen hat: Die Umfeldleuchtdichte beträgt hier weniger als  $0,03 \text{ cd/m}^2$ ; der Gegenverkehr passiert den Fahrer in einem sehr geringen Abstand zur linken Seite. Beim Erscheinen des Gegenverkehrs in der Ferne liegt die Blendquelle damit fast im Zentrum des Blickfeldes. In Kurven wiederum tritt die Blendung unerwartet auf, was zusammen mit dem Straßenverlauf die Komplexität der Fahrsituation erhöht.

Die Fixationsentfernung beträgt auf der dunkeln Landstraße etwa 100 m [Diem], wenn kein vorausfahrender Verkehr vorhanden ist. In der Testumgebung im Labor wird die Hintergrundleuchtdichte durch einen Projektor hergestellt, der ein Foto einer nächtlichen Landstraße darstellt (Abb. 1).



*Abbildung 1: Im Test verwendetes Szenario auf einer dunkeln Landstraße; links: Leichtdichteaufnahme, rechts: Fotografie. [Müller]*

Der Proband sitzt in einer Entfernung von 3 m vor der Leinwand, alle Entfernungen sind maßstabsgetreu angepasst: Bei einer angenommenen Ausdehnung eines Frontscheinwerfers von 25 cm – also einem Winkel von  $8,6'$  im Sichtfeld bei einer Entfernung von 100 m – entspricht die Ausdehnung im Labor etwa 0,75 cm. Der Abstand zum Scheinwerfer auf dem

linken Fahrstreifen beträgt etwa 2,5 m oder  $1,43^\circ$  bei 100 m. Dies entspricht 7,5 cm links des Fixationszentrums in der Laborumgebung.

Die Leuchtdichte verschiedener Scheinwerfer liegt abhängig von der Lichtquelle zwischen einigen  $10^4$  und einigen  $10^6$   $\text{cd/m}^2$ , nach einigen Messungen am Fachgebiet Lichttechnik. Um dies zu simulieren wurde eine Hochleistungs-LED (Optogan x10) mit der Ausdehnung  $1 \times 1 \text{ cm}^2$  (CCT = 5000 K,  $R_a = 72,0$ ; Werte bei  $I = 350 \text{ mA}$ ) verwendet. Betrieben bei  $1 \text{ mA} \leq I \leq 1350 \text{ mA}$  lieferte sie Strahldichten zwischen  $3,6 \text{ W/m}^2\text{sr}$  und  $6000 \text{ W/m}^2\text{sr}$ . Diese entsprechen bei dem gemessenen Spektrum Leuchtdichten zwischen  $1,21 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$  und  $1,93 \times 10^6 \text{ cd/m}^2$  [Müller]. Im Versuch wurden zehn Leuchtdichtewerte in zufälliger Reihenfolge jeweils für fünf Sekunden angezeigt, danach folgte eine Pause zwischen 20 und 40 Sekunden. Diese Sequenz wurde fünfmal wiederholt [Müller].

Der Proband wurde gebeten, einen Fixationspunkt zu zentrieren, durfte aber wegschauen, wenn die Blendung zu stark wurde. Weiterhin sollte er oder sie die Blendung auf der inversen deBoer-Skala bewerten, auf der 1 der niedrigste („gerade wahrnehmbar“) und 9 der höchste Wert („unerträglich“) ist.

Das Stressempfinden wurde untersucht, indem physiologische Signale, die durch das sympathische Nervensystem gesteuert werden, das auf Stress reagiert, gemessen wurden. Diese sind die Herzfrequenz und das Verhalten des Hautleitwertes. Weitere Details finden sich in [Müller] und [Schandry].

Das Experiment wurde bewusst einfach gehalten, um Störeinflüsse weitestgehend zu vermeiden.

## Ergebnisse

Untersucht wurden 14 Männer und drei Frauen, der größte Teil (bis auf zwei Männer) zwischen 28 und 35 Jahre alt.

### Mathematische Auswertung

Die erste Auswertung wurde rein mathematisch durchgeführt: In den ersten 15 Sekunden nach dem Blendreiz wurden der Durchschnitt von Herzfrequenz und mittelfristiger Hautleitwertänderung (SCL = Skin conductancy level) sowie Minimum und Maximum der Herzfrequenz ermittelt; außerdem wurden die Ausschläge der kurzfristigen Hautleitwertänderung (SCR = Skin conductancy response) pro Minute gezählt. Alle Werte wurden zur interpersonellen Vergleichbarkeit auf die Werte der Messung des Ruhezustandes bezogen [Müller]. Abb. 2 zeigt die Ergebnisse mit Standardabweichung. Die Abweichung des SCL ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt; sie ist sehr groß.

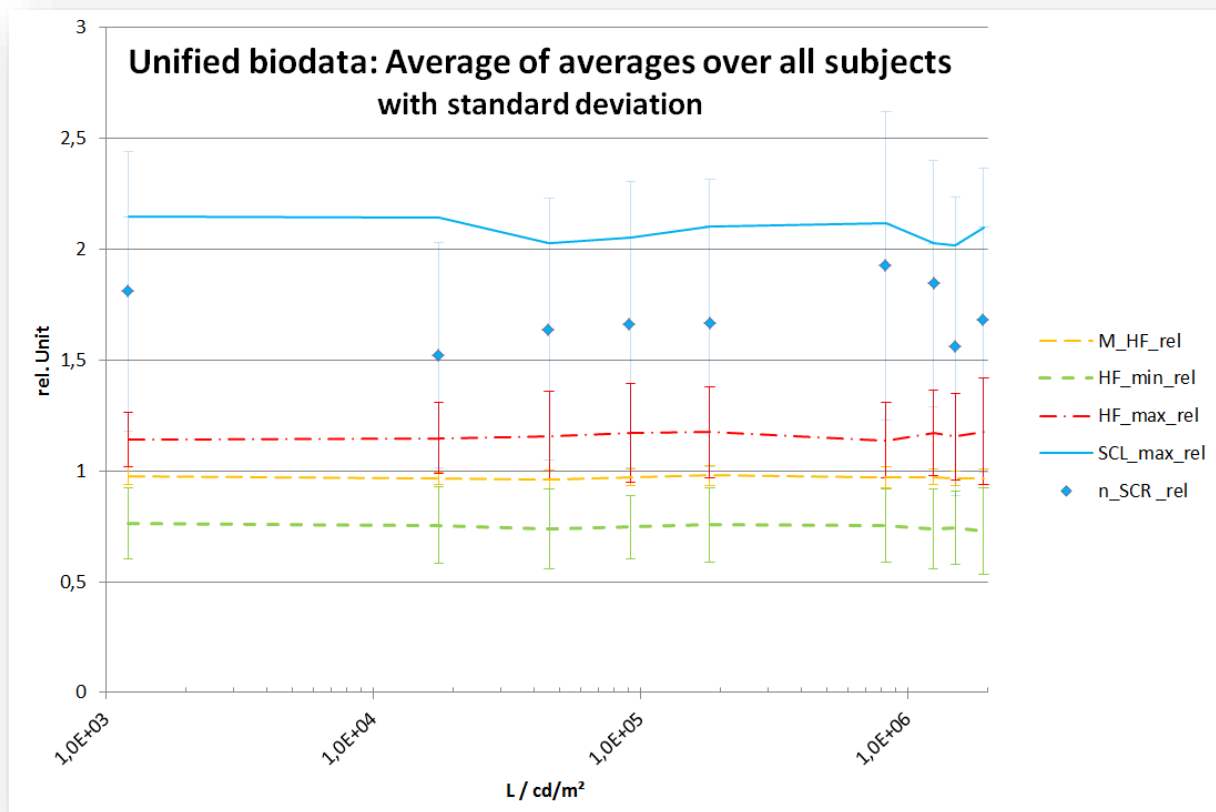


Abbildung 2: Mathematische Auswertung der normierten Biosignale: Durchschnitt von Herzfrequenz und Hautleitwert, Minimum und Maximum der Herzfrequenz sowie Ausschläge der SCR pro Minute. Darstellung in Abhängigkeit des Reizes (Leuchtdichte in  $\text{cd/m}^2$ ). [Müller]

Wie in der Abbildung zu erkennen, gibt es keine Proportionalität zwischen Reaktion und Reiz. Die mittlere Herzfrequenz liegt etwas niedriger als die der Baseline, aber es zeigt sich kein signifikanter Unterschied. Die Hautleitwerte liegen beide signifikant höher als im Ruhezustand, was auf erhöhten Stress und erhöhte Aufmerksamkeit hindeutet. Beides kann sowohl durch den Blendreiz, als auch durch die Testsituation an sich hervorgerufen worden sein, weshalb an dieser Stelle keine weitere Schlussfolgerung gezogen wird. [Müller]

### Individuelle Auswertung

Die rein mathematische Auswertung bezieht interpersonelle Unterschiede nur begrenzt ein, charakteristische kurzfristige Änderungen der Biosignale nach einem Reiz überhaupt nicht. Die individuelle Auswertung ist aber sehr zeitintensiv, weshalb sie hier nur bei sechs der 17 Probanden durchgeführt wurde.

#### 1 – Bewertung auf der inversen deBoer-Skala

Wie in Abb. 3 gezeigt gibt es einen logarithmischen Zusammenhang zwischen der Leuchtdichte des Blendreizes und der Bewertung auf der inversen deBoer-Skala. Die Auswertung zeigte aber auch, dass die Bewertung im ersten der fünf Durchläufe höher war als in den folgenden Durchläufen. Die Probanden stellten sich also auf das angezeigte Leuchtdichteintervall ein und passten ihre Bewertungen entsprechend an. Es handelt sich also um relative Bewertungen, weshalb sie nur innerhalb eines Experimentes oder zwischen Experimenten mit gleichem Leuchtdichte-Bereich und ähnlichem Aufbau verglichen werden sollten. [Müller]

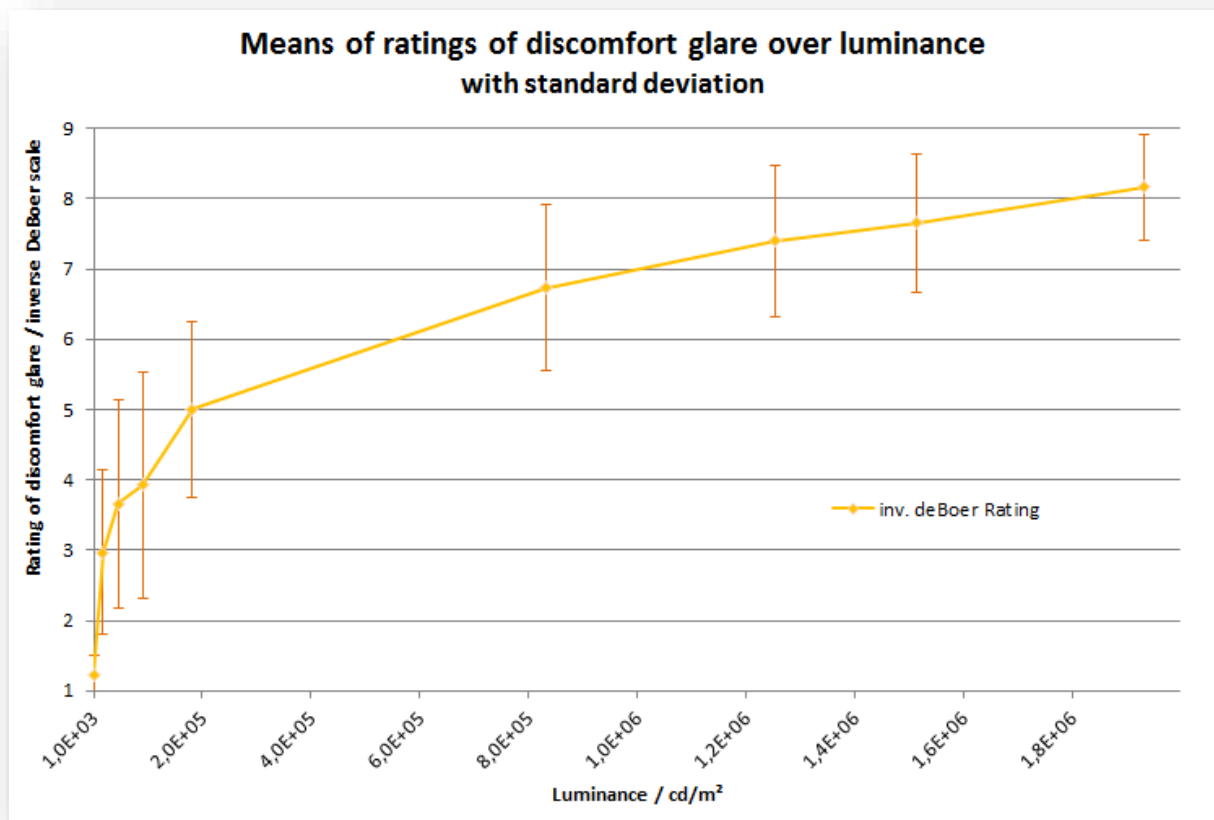


Abbildung 3: Bewertung auf der inversen deBoer-Skala. [Müller]

## 2 – Relative Ausschläge des Hautleitwertes (SCL)

Die Ausschläge (Peaks) des Hautleitwertes, die direkt auf einen Reiz folgten, wurden hinsichtlich ihrer Amplitude relativ zum momentanen Grundwert [Müller, Schandry] ausgewertet. Das Zeitintervall beträgt hier nur 12 Sekunden, da einige Probanden einen Lerneffekt zeigten und ihre Werte Ausschläge nach 20 Sekunden zeigten – zu dem Zeitpunkt, an dem sie den nächsten Reiz erwarteten.

Diese Untersuchung zeigte eine sehr große Varianz und keine Proportionalität zur Reizgröße. Eine Schwierigkeit bei der Auswertung war, dass der Hautleitwert einiger Personen mit der Zeit anstieg und mit ihm die Größe der relativen Ausschläge. Bei anderen Personen verhielt es sich umgekehrt und die Werte verringerten sich insgesamt. Aus diesem Grund stellen diese Ausschläge kein sinnvolles Maß zur Stressbewertung dar [Müller].

## 3 – Anzahl der charakteristischen Ausschläge

Wenn man den Hautleitwert (SCL) zusammen mit dem Reizverlauf betrachtet, erscheinen oft Peaks, die bis zu einer Sekunde nach dem Einsetzen des Reizes auftreten (Abb. 4). Die erste Auswertung zeigt, dass das Auftreten der Peaks mit der Zeit seltener wurde, also von Durchlauf zu Durchlauf. Dies wird auf ein erhöhtes Stressempfinden zu Beginn des Experiments zurückgeführt. Nachdem die Probanden sich an die Situation gewöhnt hatten, sank das Stresslevel.

Die zweite Analyse zeigte zunächst keinem Zusammenhang zwischen Reizgröße und Anzahl der Peaks. Fast man den Reiz jedoch in einen oberen und unteren Leuchtdichtebereich zusammen, also Bereich A zwischen  $1.2 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$  und  $1.8 \times 10^5 \text{ cd/m}^2$ , verglichen mit Bereich

B zwischen  $8.3 \times 10^5 \text{ cd/m}^2$  und  $1.9 \times 10^6 \text{ cd/m}^2$ , so erhält man einen signifikanten Unterschied: Im Bereich B mit den höheren Leuchtdichten liegt die mittlere Anzahl der Peaks mit 3,37 (von möglichen 5) deutlich höher als in Bereich A (2,4 von 5) (siehe Tabelle;  $p=0,0023$ ). [Müller]

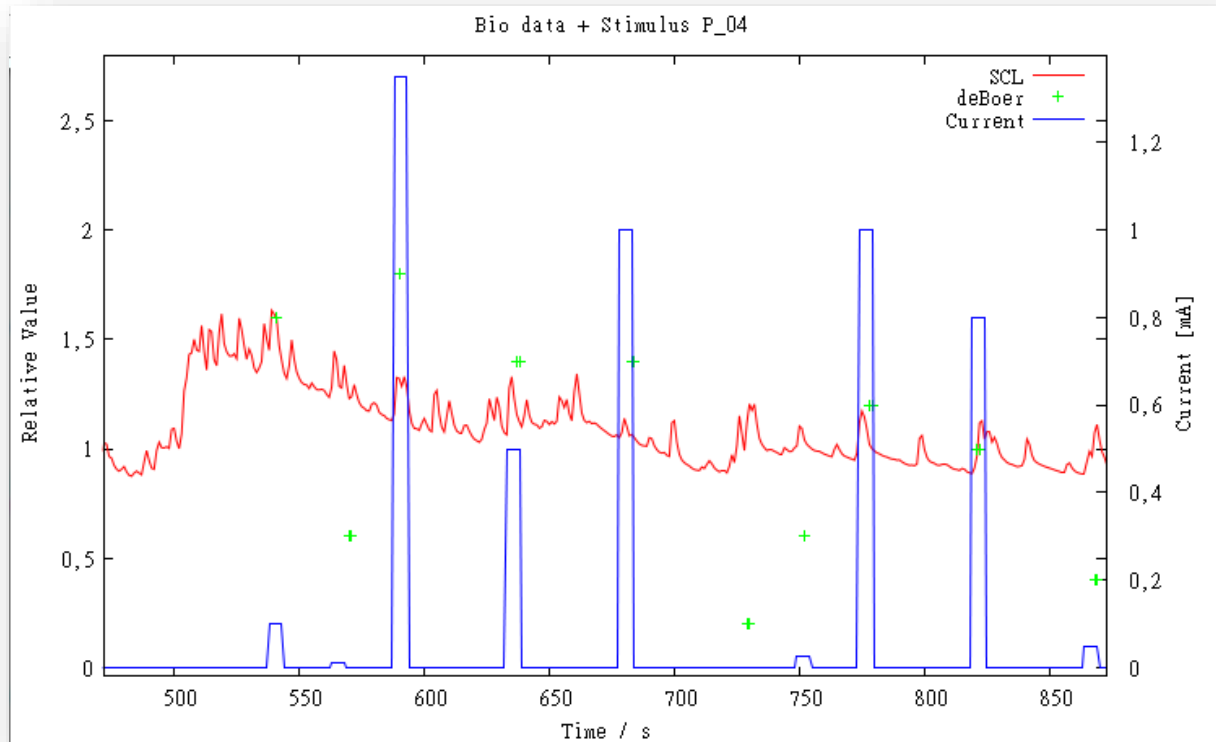


Abbildung 4: Charakteristische Ausschläge des SCL-Werte, die dem Anstieg des Reizes folgen, hier als Strom dargestellt. [Müller]

	Mean number of peaks	Sigma
Bereich A	2,40	1,083
Bereich B	3,37	1,016

Tabelle 1: Anzahl der charakteristischen Ausschläge im oberen (B) und unteren Leuchtdichtebereich (A). [Müller]

## Zusammenfassung

Die Bewertungen auf der inversen deBoer-Skala waren sehr akkurat und reproduzierbar. Allerdings sollten sie als relative Bewertungen verstanden und nur mit Ergebnissen aus derselben Experimentreihe oder aus Experimenten mit sehr ähnlichen Randbedingungen verglichen werden.

Die physiologischen Daten zeigen einen Anstieg des Stresslevels während des Experimentes, die gewünschte proportionale Beziehung zwischen Reizgröße und Reaktion konnte aber nicht gezeigt werden. Insgesamt wurde der Stress, der durch einen einzelnen Reiz in einer geschlossenen Laborumgebung verursacht wurde, durch die Probanden als eher gering beschrieben.

Weitere individuelle Auswertungen zeigten, dass im Bereich höherer Leuchtdichte das Stressempfinden leicht erhöht war. [Müller]

Um das Stressempfinden bei Blendung im Straßenverkehr weiter zu untersuchen, wird am Fachgebiet Lichttechnik der TU Darmstadt zur Zeit eine Studie am Fahrsimulator durchgeführt.

## Literatur

- [Müller] Nina Müller et al.: Discomfort glare and stress as a question of lighting geometry and radiance, 10<sup>th</sup> International Symposium on Automotive Lighting 2013, Proceedings, Utz Verlag, München, 2013
- [Diem] Carsten Diem: Blickverhalten von Kraftfahrern im dynamischen Straßenverkehr, Darmstädter Dissertation D17, Herbert Utz Verlag München, 2004
- [Schandry] Klaus Gramann, Rainer Schandry: Psychophysiologie – Körperliche Indikatoren psychischen Geschehens, 4. Auflage, Verlag Beltz Weinheim, 2009