



## **Einfluss der LED auf die Verkehrssicherheit**

Das in Wien beheimatete Unternehmen Viewpointssystem produziert das derzeit fortschrittlichste mobile System zur Messung von Blicken und Reaktionen. Im gegenständlichen Fall wurde das System zur Dokumentation und Evaluierung verwendet.

Im Zuge von vorher-nachher Untersuchungen wurden im Zeitraum zwischen 1. April und 30. September 2016 Blickmuster elektronisch unmittelbar erfasst und hinsichtlich allfälliger Beeinflussungen des Blickverhaltens bzw. auftretender Blendungen ausgewertet. Mit Hilfe dieser Messungen in Echtzeit konnten Aussagen über etwaige Unterschiede der herkömmlichen Leuchten und der LED-Leuchtmittel objektiv getätigt werden.

Um möglichst repräsentative Ergebnisse zu erhalten wurden Straßenabschnitte in dicht und weniger verbauten Gebieten und Abschnitte mit niedrigem / hohem Vegetationsanteil gewählt, sowie unterschiedliche topografische Gegebenheiten (Ebene / Steigungen) berücksichtigt.

Als Probanden dienten Berufskraftfahrer der Wiener Linien (im Speziellen Lenker der Buslinie 57A) sowie der Wiener Magistratsabteilungen 48 (Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark) und 70 (Wiener Berufsrettung), die mit ihren Dienstfahrzeugen eine vorgegebene Route befuhren. Die Probanden wurden von den jeweiligen Organisationen bereitgestellt, Information bezüglich des Untersuchungsgegenstandes der Befahrung gab es keine. Nach einer kurzen Kalibrierung des Systems (Anpassung der Brille) in der jeweiligen Dienststelle befuhren die, mit der Viewpointssystem-Eye Tracking Brille, der VPS16, ausgestatteten Lenker die vorgegebenen Fahrtstrecken. Gleichzeitig wurde das Blickverhalten und die Wahrnehmung aus Lenkersicht im realen Verkehrsgeschehen genau dokumentiert. Auf Grundlage der hierbei erhobenen Daten konnte das Navigations- und Blickverhalten der jeweiligen Lenker detailliert analysiert und bewertet werden.

## Exkurs: Definition von Blendungen

Laut ÖNORM EN 12665 [1] wird Blendung als „unangenehmer Sehzustand durch ungünstige Leuchtdichteverteilung oder zu hohe Kontraste“ definiert. Die Leuchtdichte beschreibt das fotometrische Maß für die von Menschen empfundene Helligkeit (Lichtstärke pro Fläche).

Zu große Leuchtdichteunterschiede bzw. ungünstige Verteilungen der Leuchtdichte im Gesichtsfeld können zu einem unangenehmen Gefühl (psychologische Blendung) oder zu tatsächlichen Beeinflussungen der Sehleistung führen (physiologische Blendung). Die Stärke der Blendung hängt vom Adaptationszustand des Auges ab. Der Raumwinkel, unter dem die Lichtquelle gesehen wird, ist von großer Bedeutung für das Ausmaß der Beeinflussung genauso wie der Ort der Abbildung der Blendlichtquelle auf der Netzhaut.

Im peripheren Wahrnehmungsbereich der Netzhaut befinden sich die licht- und blendungsempfindlichen Stäbchenrezeptoren, die bei Auftreten eines Reizes zu erzwungenen Blickzuwendungen führen (bewegungssensitiv). Diese Blickzuwendungen können nur durch aktive Konzentration auf die Augenbewegung verhindert werden.

Was genau versteht man unter physiologischer und psychologischer Blendung und wie unterscheiden sich diese von einander:

### PSYCHOLOGISCHE BLENDUNG

**Psychologische Blendung** wird vom Lenker als unangenehm empfunden und führt zu einem **verminderten Sehkomfort** ohne dass eine tatsächliche Beeinträchtigung des Sehvermögens zwingend gegeben sein muss. Sie ist messtechnisch nicht nachweisbar, es handelt es sich um rein subjektive Eindrücke.

Im internationalen elektrotechnischen Wörterbuch findet sich für die psychologische Blendung folgender Eintrag: „glare that causes discomfort without necessarily impairing the vision of objects“ (IEV-Nummer 845-02-56 [2]). Die Sehfähigkeit bleibt also voll erhalten, während das subjektive Unbehagen die dominierende Rolle spielen.

Die Befindlichkeitsstörung bei dieser Blendungsform ist von der spektralen Zusammensetzung der Blendlichtquelle abhängig [3], da Farben oftmals Einfluss auf das persönliche Empfinden haben. Zudem wird die psychologische Blendung nicht nur von der scheinbaren Leuchtdichte beeinflusst, sondern auch von der Umgebungsleuchtdichte. Dabei nimmt sie sowohl mit abnehmender Lichtaustrittsfläche als auch mit abnehmender Entfernung zu. Reduziert man den Kontrast zwischen der Blendlichtquelle und der Umgebung durch Herabsetzen der Leuchtdichte der Quelle oder Erhöhung der Umgebungsleuchtdichte, so führt dies zu einer Verringerung der psychologischen Blendung.

### PHYSIOLOGISCHE BLENDUNG

Bei **physiologischer Blendung** dagegen ist das **Sehvermögen messbar beeinträchtigt**, sie geht immer mit psychologischer Blendung einher. Nachfolgend werden vor allem die physiologischen Blendungen genauer betrachtet.

Bei Blendungen wird die Adaptationsleuchtdichte angehoben und die **Kontrastwahrnehmung** ist im Vergleich zur Wahrnehmung ohne Blendung **verringert**.

Die Blendwirkung einer Lichtquelle ist abhängig vom Einfallswinkel des Lichts auf die Netzhaut des Auges. Sie nimmt mit dem Quadrat des Blendwinkels ab, das bedeutet je peripherer eine potentielle Blendlichtquelle wahrgenommen wird, desto geringer ist die Blendwirkung.

Helle Lichtquellen stellen jedoch optische Reize dar, die reflexartige Blickzuwendungen hervorrufen können, was vor allem bei plötzlichem Auftreten eines Lichtpunkts gegeben ist (vgl. Aufblinken von Sonnenreflexionen an Glasscheiben, Blaulicht von Einsatzfahrzeugen o.ä.).

Durch eine Änderung der Lichtverhältnisse finden **Adaptationsvorgänge (Pupillenreaktionen)** im Auge statt. Man spricht von einer **Hell-Adaptation** wenn sich die Pupille in Folge von größerem Lichteinfall verkleinert. Diese Adaptation geschieht relativ schnell (innerhalb weniger Sekunden). Bei einer Änderung von hell auf dunkel vergrößert sich die Pupille um mehr Lichteinfall auf die Netzhaut zu ermöglichen. Diese **Dunkel-Adaptation** benötigt jedoch mehr Zeit als die Hell-Adaptation (volle Empfindlichkeit wird erst nach 30 min. Dunkelaufenthalt erreicht). (BIERBAUMER und SCHMIDT, 1991 in MARX und PFLEGER, 1993) Im Zusammenhang mit Blendungen sind besonders plötzliche Änderungen der Umfeldleuchtdichte bzw. große Leuchtdichteunterschiede von Bedeutung.

Je nachdem welche Gegebenheiten die Blendung hervorgerufen erfolgt eine Unterscheidung nach der Art der Blendung [4].

- **Adaptationsblendungen** treten durch einen **plötzlichen Anstieg der Umfeldleuchtdichte**, beispielsweise bei der Ausfahrt aus einem Tunnel ins helle Sonnenlicht, auf. Sie resultieren aus einer Adaptationslatenz bei der Hell-Adaptation. Die Pupillenreaktion setzt mit leichter Verzögerung ein und der Adaptationsvorgang dauert eine gewisse Zeit. Währenddessen fällt jedoch viel Licht ein und die Netzhaut wird überreizt. Dies kann im Extremfall zu Netzhautschädigungen durch starke Blendungen führen.
- Von **Absolutblendung** wird gesprochen, wenn die Leuchtdichte so hoch ist, dass die **Adaptationsfähigkeit des Auges überschritten** wird (z.B. starke Sonnenblendung).
- **Relativblendungen** entstehen durch zu große **örtliche Leuchtdichteunterschiede** die gleichzeitig im Gesichtsfeld auftreten (unbeleuchteter Fußgänger vs. Scheinwerferlicht).
- Eine **Sukzessivblendung** liegt vor, wenn eine **vorangegangene Blendung zeitliche Nachwirkungen** in Form von positiven Nachbildern auf der Netzhaut bewirkt (z.B. Einfahrt in einen dunklen Straßenabschnitt nach Durchfahrt durch einen hellbeleuchteten Tunnel).
- Bei der Nebelblendung handelt es sich um die Blendung, die durch leuchtende Streukörper (z.B. Wassertröpfchen im Nebel) hervorgerufen wird. Da diese Art der Blendung bei den Befahrungen nicht auftrat sei sie an dieser Stelle nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

## Blendungen bei Dunkelheit

Bei Dunkelheit gibt es – vor allem in einer Großstadt wie Wien – viele Lichtquellen mit unterschiedlichsten Aufgaben. Dadurch wirken multiple optische Reize auf die Fahrzeuglenker ein und stehen miteinander in direkter Konkurrenz. Deswegen kann es zu Blendungen durch unterschiedliche Lichtquellen kommen:

- Blendung durch die Signalgeber der Verkehrslichtsignalanlagen (VLSA)
- Blendung durch die (dritte) Bremsleuchte voranfahrender Fahrzeuge
- Blendung durch die Scheinwerfer des Gegenverkehrs (auch durch Stirnlampen von Radfahrern)
- Blendung über Rückspiegel durch Scheinwerfer des hinterherfahrenden Fahrzeugs
- Blendungen durch private Lichtquellen (beleuchtete Fenster, hinterleuchtete Werbungen, blinkende LED-Schilder: z.B. „offen“ oder „Kebab“,...)
- Mutwillige Blendungen durch beispielweise Laserpointer
- Blendungen durch die Straßenbeleuchtung

Bei diesen Blendungen handelt es sich in den meisten Fällen um Relativblendungen auf Grund der zu großen Unterschiede in der Leuchtdichte im Gesichtsfeld der Lenker.

In der subjektiven Informationsaufnahme werden zumeist die hellsten Punkte wahrgenommen, wodurch es zu einer Verschiebung der Blickprioritäten kommt. Selbst im peripheren Sehbereich führen plötzliche optische Reize zu erzwungene Blickzuwendungen wodurch die Blendungsgefahr erhöht wird. Allerdings kann bei erfahrenen Lenkern eine andere Blickstrategie festgestellt werden: Durch bewusstes Wegsehen von der Blendquelle wird nicht nur die Einschränkung des Sehvermögens verhindert, sondern auch der Blendwinkel vergrößert wodurch wiederum die Blendgefahr sinkt.

# Ergebnisse der Blickuntersuchungen

Es lassen sich folgende Ergebnisse ableiten:

- Auf allen ebenen Straßenabschnitten sind keine geänderten Blickstrategien bzw. besondere Ablenkungen durch die unterschiedlichen Leuchtmittel / Beleuchtungstypen nachweisbar.
- Die Blickstrategien in Bereich von Steigungen / Gefällen zeigen keine signifikanten Unterschiede zu den Strategien in ebenen Abschnitten.
- „Lichtführung / Linienführung“: Sowohl LED als auch herkömmliche Leuchtmittel werden zum Teil von Fahrzeuglenkern als Navigationshilfsmittel bzw. Orientierungshilfe – vor allem im Fernbereich – genutzt (Einmessen des weiteren Straßenverlaufs).
- Physiologische Blendungen aufgrund direkter Fixationen direkt im Nahbereich der Leuchtmittel sind nur singulär nachweisbar und eher auszuschließen. Vielmehr können Blendungen durch direkte Blicke in die Scheinwerfer des Gegenverkehrs bzw. auf aktiv beleuchtete Werbeflächen / -tafeln auftreten.
- Auffallend ist jedoch die unterschiedliche Abstrahlcharakteristik der LED-Leuchtmittel: Hier fällt vor allem die eher spotförmige Ausleuchtung auf. Dies ist besonders bei Interaktionsbereichen (wie z.B. Aufstellflächen und Annäherungsbereiche von Schutzwegen) zu berücksichtigen: So sollten sich Aufstellflächen nicht in dunklen Bereichen vor und nach den „spotförmig“ ausgeleuchteten Bereich befinden.
- Die herstelleroptimierten Leuchtmittel zeigen eine geringere Spot-Charakteristik.
- Der Einsatz unterschiedlicher Leuchtmittel entlang eines Abschnittes führt generell zu optischen Inhomogenitäten, die in weiterer Folge für unroutinierte Fahrzeuglenker ablenkend wirken können.

## Literatur

- [1] ÖNORM EN 12665: Licht und Beleuchtung – Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung
- [2] Commission Internationale de l'Éclairage (CIE): International Lighting Vocabulary. Publication CIE 17.4-1987 und IEC 60050-845, Ed. 1.0: 1987-12-15. International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 845: Lighting, <http://www.electropedia.org>
- [3] Hartmann, E.: Was wir heute über Blendung wissen. Augenoptiker (1958) Nr.5, S. 9-15
- [4] MARX E. und PFLEGER E., Forschungsarbeit. Veröffentlicht in der kleinen Forschungsreihe des KfV, Band 29: Informationsaufnahme und Informationssysteme im Straßenverkehr. Wien, 1993