

Bieske, Karin; Schierz, Christoph; Hubalek, Sylvia; Menen, Christian:

Helmleuchten für den Einsatz im Fahrleitungsbau

DOI: [10.22032/dbt.51605](https://doi.org/10.22032/dbt.51605)

URN: [urn:nbn:de:gbv:ilm1-2022200153](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:ilm1-2022200153)

Original veröffentlicht in: LICHT 2021 : 21.-24.03., online : Tagungsband zum 24. Europäischen Lichtkongress. - Berlin : Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LITG), 2021, S. 461-472.

Conference: Europäischer Lichtkongress ; 24 (Online) : 2021.03.21-24

URL: <https://www.licht2021.de/>

Original published: 2021

Helmleuchten für den Einsatz im Fahrleitungsbau

Karin Bieske; Christoph Schierz; Sylvia Hubalek; Christian Menen**

Technische Universität Ilmenau

FG Lichttechnik | PF 100 565 198684 Ilmenau | Germany

**Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM)*

Zusammenfassung

Durch die Zusammenarbeit von Berufsgenossenschaft, Versicherten und Hochschule konnte in einem Projekt eine Grundlage für die Gefährdungsbeurteilung mit konkreten Anforderungen an die Stirnleuchte für Arbeiten an Fahrleitungen geschaffen werden. Unterstützt wurde die Entwicklung einer Helmleuchte, sodass seit Anfang 2021 eine Leuchte auf dem freien Markt verfügbar ist. Die Ergebnisse des Projektes finden Eingang in die Schrift „Fachbereich AKTUELL“ der BG ETEM mit dem Titel „Arbeiten an Oberleitungsanlagen“ als Erläuterung für die betrieblichen Praktiker zu der Technische Regel für Arbeitsstätten: Beleuchtung ASR A3.4 /1/.

Auf der Grundlage einer Analyse typischer Einsatzfelder, Tätigkeiten und Sehbedingungen bei Arbeiten an Oberleitungen, aus messtechnischen Untersuchungen und Laborstudien wurden Mindestanforderungen für geeignete Leuchten abgeleitet. Eine Marktanalyse sowie die Vermessung und Bewertung der lichttechnischen Eigenschaften ausgewählter Stirnleuchten zeigten, dass eine Leuchte, die genau die erforderlichen Eigenschaften besitzt, derzeit auf dem Markt so nicht verfügbar ist. In Zusammenarbeit mit einem Hersteller wurden Musterleuchten nach Vorgaben gefertigt, vermessen, getestet und optimiert. Ein Feldversuch im Praxiseinsatz beim Fahrleitungsbau wies die grundsätzliche Eignung der Musterleuchten nach.

1 Problemstellung

Im Fahrleitungsbau müssen dringende Reparatur- und Montagearbeiten auf freier Strecke auch in der Nacht durchgeführt werden. Die Arbeitsstellen an Oberleitungen befinden sich meistens in 5 m bis 8 m Höhe. Sie reichen bis zum Mastkopf hinauf.

Die Technische Regel für Arbeitsstätten: Beleuchtung (ASR A3.4) enthält im Anhang 2 Punkt 5 Anforderungen an die Beleuchtung von Gleisanlagen und Bahnbereichen /1/. Konkrete Anforderungen für das Arbeiten an Oberleitungsanlagen bzw. Oberleitungsbaustellen werden jedoch weder in der DIN EN 12464 Teil 2 /2/ noch in der DGUV Information 215-210 /3/ genannt.

In Bahnhöfen, Stellwerken, etc. sind stationäre Beleuchtungsanlagen Stand der Technik. Auch auf freier Strecke werden stationäre Beleuchtungsanlagen eingesetzt, wenn Arbeiten über einen längeren Zeitraum andauern. Nur bei kurzzeitigen Arbeiten, wie im Havariefall oder beispielsweise auf Baustellen, bieten mobile Beleuchtungsanlagen

eine Alternative. Dabei ist die Verhältnismäßigkeit zwischen Aufwand und Risiko ausschlaggebend. Erforderliche zeitliche Teilabschaltungen von Fahrleitungen und der damit unterbrochene Bahnbetrieb sowie die Nähe zu spannungsführenden Teilen oder Bahnbetrieb auf benachbarten Gleisen stellen besondere Herausforderungen dar.

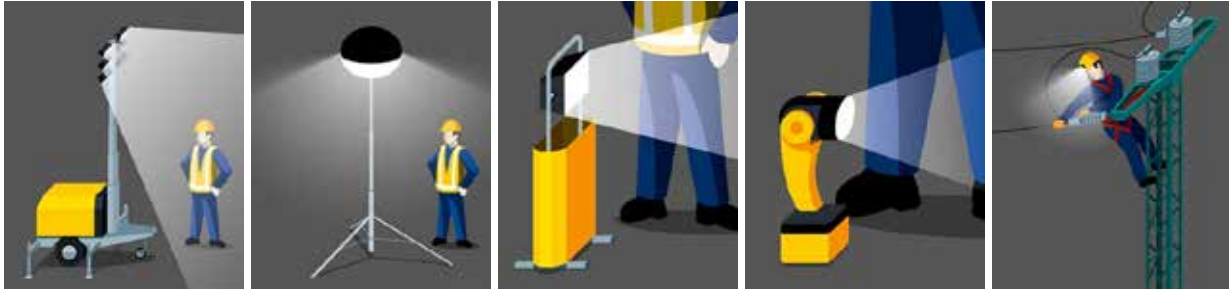


Abb. 1: Beispiele für mobile Beleuchtung im Fahrleitungsbau (Jörg Block/BG ETEM).

Schienengebundene Großgeräte mit fest darauf installierten Beleuchtungsanlagen, mobile Lichtmasten und tragbare Leuchten ermöglichen das nächtliche Sehen (Abb. 1).

Insbesondere bei kleinräumigen Arbeitsbereichen hat sich die zusätzliche Nutzung einer Stirnleuchte bewährt. Gezeigt ist eine solche Arbeitssituation in Abbildung 1 rechts. Die Stirnleuchte wird am Helm befestigt und daher auch als Helmleuchte bezeichnet. Mit der Helmleuchte kann bei Arbeiten an Oberleitungsanlagen sichergestellt werden, dass die Sehaufgabe im direkten Handbereich ausreichend ausgeleuchtet wird.

Der Einsatz der Helmleuchte als einzige Lichtquelle beschränkt sich grundsätzlich auf das Arbeiten an hochgelegenen Arbeitsplätzen auf Oberleitungsanlagen und die unmittelbare Umgebung.

Seitens der Gesetzlichen Unfallversicherung wurde bei aktuell eingesetzten Helmleuchten im Oberleitungsbau aus lichttechnischer Sicht deutlicher Optimierungsbedarf gesehen.

Besonders problematisch sind zu kleine und zu stark gebündelte Lichtkegel. Sie erlauben das Sehen nur innerhalb eines begrenzten Bereichs, ohne dass in der Umgebung etwas zu erkennen ist. Zu hohe Leuchtdichten oder große Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld führen zu Blendung und Störungen der Adaptation und damit des Sehvorgangs. Hohe Lichtleistungen begrenzen die Leuchtdauer und sind in kurzer Sehentfernung zu hell. Reflexe an glänzenden Oberflächen können genauso blenden wie der direkte Blick in die Leuchte. Häufig ist bei Leuchten der direkte Blick in die LED-Lichtquelle möglich /4/, /5/.

2 Untersuchungen

Die lichttechnischen Eigenschaften einer Leuchte werden durch die Sehanforderungen (Größe der Sehdetails, Materialien, Kontraste usw.) und die Sehbedingungen bei Dunkelheit bestimmt. Für eine Abschätzung der lichttechnischen Parameter wurden daher typische Einsatzfelder, Tätigkeiten und Sehbedingungen bei Arbeiten an Oberleitungen analysiert und Messungen der Stoffkennzahlen üblicher Materialien durchgeführt.

Zu den typischen Tätigkeiten zählen (vgl. Abb. 2):

- Arbeiten im Greifraum (Sehweiten 0,5 m)
- Gehen in der Gleisanlage (Sehweiten 1 m bis 2 m)
- Orientierungsblick zum Einsatzort und zu Sicherheitseinrichtungen (Sehweiten bis 10 m)

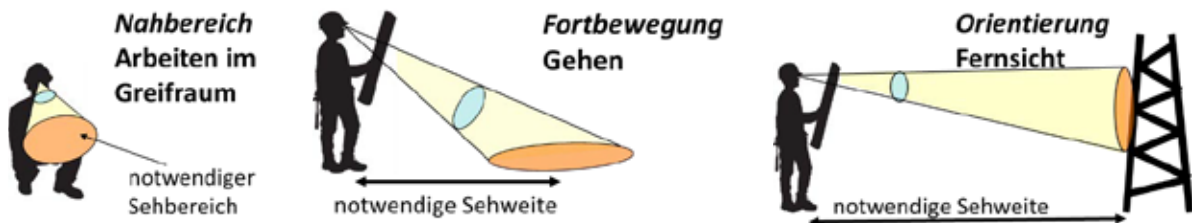


Abb. 2: Typische Tätigkeiten im Fahrleitungsbau.

Auf der Grundlage von Analysen, messtechnischen Untersuchungen und Ergebnissen eines Laborversuchs mit 22 Testpersonen für typische Tätigkeiten zu unterschiedlichen Beleuchtungsniveaus, Lichtverteilungen und der Blendung wurden Mindestanforderungen für geeignete Leuchten abgeleitet. Details dazu und zu den Ergebnissen sind in /4/ und /5/ beschrieben.

Eine Marktanalyse sowie die Vermessung und Bewertung der lichttechnischen Eigenschaften ausgewählter Stirnleuchten zeigten, dass eine Leuchte, die genau die erforderlichen Eigenschaften besitzt und robust genug für den Einsatz als Helmleuchte im Fahrleitungsbau ist, derzeit auf dem Markt so nicht verfügbar war. Zu verschiedenen sind die Beleuchtungsziele und damit die lichttechnischen Auslegungen.

2.1 Entwicklung einer Testleuchte

Die Ergebnisse der Analysen und Untersuchungen wurden verschiedenen Herstellern präsentiert. Die Möglichkeit der Entwicklung einer neuen Leuchte wurde aufgrund der geringen im Fahrleitungsbau benötigten Stückzahlen verworfen. Die Firma KSE-LIGHTS GmbH, ein deutscher Hersteller von Stirnleuchten, war interessiert daran, die lichttechnischen Anforderungen durch Modifikation einer bestehenden Leuchte umzusetzen. In der Entwicklungsphase wurden die Testleuchten im Goniophotometer vermessen und der Entwicklungsprozess dokumentiert.

Die Entwicklung der Testleuchte KS-6001-Duo-GB (Gleisbau) erfolgte 2019 in zwei Phasen. In der ersten Entwurfsphase wurden zwei Versionen (V01 und V02) der Testleuchte mit unterschiedlichen Optiken gefertigt. Abbildung 3 zeigt unterschiedliche Entwicklungsstadien der Testleuchte.

Für die Weiterentwicklung wurde diejenige Optik ausgewählt, die bei gleicher Helligkeit und vergleichbar breiter Ausleuchtung über eine geringere Leuchtdichte der Lichtaustrittsfläche verfügt. Die empfohlene maximale Leuchtdichte von 100 000 cd/m² nach /4/ wurde in beiden Entwürfen deutlich überschritten.



Abb. 3: Verschiedene Entwicklungsstadien der Testleuchte.

Um die maximale Leuchtdichte und damit die Blendungsgefährdung zu reduzieren, wurde nach weiteren Möglichkeiten gesucht. Dafür wurden mikro- und nanostrukturierte Folien der Firma temicon getestet. Ausgewählt wurde ein Zirkulardiffusor mit definiertem Streuwinkel bei gleichzeitiger hoher Transmission (C40). Der Einsatz der Streufolien (siehe Abb. 3 Mitte) hat Einfluss auf die Lichtverteilung und die Beleuchtungsstärke und beeinflusst die Leuchtwerte. Eine entsprechende Anpassung der LED-Ansteuerung war damit erforderlich. Obwohl mit den Streufolien sehr gute Ergebnisse hinsichtlich Blendungsreduktion erzielt werden konnten, wurde von Seiten der BG ETEM wegen des produktionstechnischen Aufwandes verbunden mit einer bei Einzelanfertigungen kaum zu vermeidenden Fehleranfälligkeit entschieden, diesen Weg nicht weiterzuverfolgen. Hinsichtlich der Blendung wäre es ideal gewesen, die gesamte Fläche der Leuchte für die Lichtabstrahlung zu nutzen. Dies hätte aber einer Neuentwicklung der Leuchte bedurft.

Erste Tests unter Einsatzbedingungen zeigten, dass bei schnellen Bewegungen im Sehfeld – wie sie z. B. bei Montagearbeiten auftreten oder bei Niederschlägen vorkommen können – Stroboskopeffekte beobachtet wurden. Aufgrund ihres schnellen Schaltverhaltens wird bei LEDs der Lichtstrom in vielen Anwendungen mittels Pulsweitenmodulation (PWM) gesteuert. Dabei wird die LED in schneller zeitlicher Folge mit der PWM-Frequenz ein- und ausgeschaltet, sodass eine im Mittel reduzierte Helligkeit wahrgenommen wird. Stroboskopeffekte wurden in Untersuchungen bei PWM-Frequenzen bis

2000 Hz wahrgenommen /6/. Um die Flimmerfreiheit sicherzustellen, verfügt die weiterentwickelte Testleuchte über eine Konstantstromregelung zur Anpassung der Beleuchtungsstärke.

Die Tabellen 1 und 2 fassen die lichttechnischen Parameter der Testleuchten in den Varianten V03 und V04 zusammen. Diese wurden durch Messungen im Goniophotometer ermittelt. Beide Leuchtenvarianten wurden unter Praxisbedingungen getestet.

Die Angaben zur Beleuchtungsstärke E_0 in den Tabellen 1 bis 3 beziehen sich auf die zentrale Beleuchtungsstärke im Lichtkegel, die in einer Messentfernung von 0,5 m senkrecht zur Lichtaustrittsfläche der Leuchte gemessen wird.

Tab. 1: Messwerte der Testleuchte V03 mit Streufolie für unterschiedliche Lichtmodi.

Einsatzzweck	Lichtkegel Öffnungswinkel α	Beleuchtungsstärke E_0 (bei 0,5 m)	Lichtstärke I_0	Lichtstrom ϕ	max. Leuchtdichte L_{max} (Mittelwert)*
Greifraum (Mode 2)	52° ($E_0/3$) 78° ($E_0/10$)	56 lx	14,0 cd	16,9 lm	284 000 cd/m ² (38 300 cd/m ²)*
Gehen (Mode 1)	47° ($E_0/3$) 73° ($E_0/10$)	82 lx	20,4 cd	19,4 lm	202 900 cd/m ² (60 570 cd/m ²)*
Boost (Mode 3)	52° ($E_0/3$) 76° ($E_0/10$)	325 lx	81,2 cd	83,4 lm	674 000 cd/m ² (142 600 cd/m ²)*

* Die Angaben zur Leuchtdichte in Klammern geben die mittlere Leuchtdichte über die leuchtende Fläche an.

Tab. 2: Messwerte der Testleuchte V04 ohne Streufolie für unterschiedliche Lichtmodi.

Einsatzzweck	Lichtkegel Öffnungswinkel α	Beleuchtungsstärke E_0 (bei 0,5 m)	Lichtstärke I_0	Lichtstrom ϕ	max. Leuchtdichte L_{max} (Mittelwert)
Greifraum (Mode 2)	70° ($E_0/3$) 83° ($E_0/10$)	52 lx	14,1 cd	21,5 lm	1 110 000 cd/m ² (37 210 cd/m ²)
Gehen (Mode 1)	40° ($E_0/3$) 56° ($E_0/10$)	211 lx	54,0 cd	25,2 lm	1 400 000 cd/m ² (168 400 cd/m ²)
Boost (Mode 3)	50° ($E_0/3$) 68° ($E_0/10$)	628 lx	162 cd	111 lm	3 400 000 cd/m ² (409 700 cd/m ²)

* Die Angaben zur Leuchtdichte in Klammern geben die mittlere Leuchtdichte über die leuchtende Fläche an.

2.2 Praxistest

Neunzehn Beschäftigte (27 bis 61 Jahre) in drei Unternehmen testeten die Leuchten an mehreren Tagen im Arbeitskontext des Fahrleitungsbaus. Die Evaluation wurde während der Nachtschicht an unterschiedlichen Standorten und bei verschiedenen Tätigkeiten, örtlichen Gegebenheiten und Witterungsverhältnissen durchgeführt. Für die Evaluierung standen acht Leuchten der Variante V03 und zwei der Variante V04 zur Verfügung. Drei Beschäftigte wurden während einer Nachtschicht begleitet. In der Versuchsroutine war es nicht möglich, alle Testpersonen zu begleiten und die Urteile einzeln zu erfassen. Daher gaben die Probanden ihre Urteile in einem Fragebogen ab.

In allen teilnehmenden Unternehmen erfolgte eine Einweisung von Schichtleitern, Sicherheitsfachkräften, Fachgebietsleiter und, so möglich, der Beschäftigten vor Ort. Die Unterweisung weiterer Probanden wurde durch die verantwortlichen Vorarbeiter und Fachgebietsleiter übernommen, da die Beschäftigten in unterschiedlichen Schichten und an verschiedenen Einsatzorten tätig waren. Im Rahmen der Einweisung erfolgte eine Einführung in die Thematik der Beleuchtung im Fahrleitungsbau und die Vorstellung bisheriger Ergebnisse bezüglich der lichttechnischen Parameter der Helmleuchten. Erläutert wurden die Handhabung der Leuchte und die Beantwortung des Fragebogens. Der Fragebogen und die Anleitung zur Handhabung von Leuchte und Fragebogen sind in /7/ zu finden.

Mit den Fragebögen wurden neben Angaben zur Person (Alter, Sehhilfe) und den Testbedingungen (Witterung, Einsatzort, Tätigkeiten, ...) das Gesamturteil zur Eignung der Testleuchte und der Lichtmodi sowie die Bewertungen für die Beleuchtungsstärke, die Lichtkegelgröße sowie die Störungen durch Blendung für die einzelnen Lichtmodi erfasst. Für die Urteile wurden 21-stufige bipolare Bewertungsskalen verwendet, die eine Einschätzung zwischen gegensätzlichen Aspekten (z. B.: sehr gut geeignet bis völlig ungeeignet) erlaubt.

2.3 Praxistest – Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in Grafiken zusammengefasst. Abbildung 4 zeigt die Gesamturteile für die Eignung der Testleuchte V03 für die Arbeiten im Fahrleitungsbau und die Bewertungen der einzelnen Lichtmodi. Im Mittel als gut wurde die Testleuchte für Arbeiten im Greifraum (Nahfeld) und für das Gehen zum Einsatzort bewertet. Die Urteile für den Boost-Mode für größere Leuchtweiten zeigt die Schwächen der Testleuchte V03 für diesen Lichtmode.

In Abbildung 5 werden die Urteile zu den einzelnen Lichtmodi zwischen den Varianten V03 und V04 verglichen. Danach bekommt die Testleuchte V04 für den Boost-Mode eine bessere Gesamtbewertung. Hier ist die Beleuchtungsstärke etwa doppelt so hoch wie bei der Testleuchte V03 (vgl. Tabelle 1 und 2). Dies ist nicht überraschend, da die Auslegung der Variante V03 deutlich unter den Empfehlungen von mindestens $E_0 = 800 \text{ lx} /4/$ liegt.

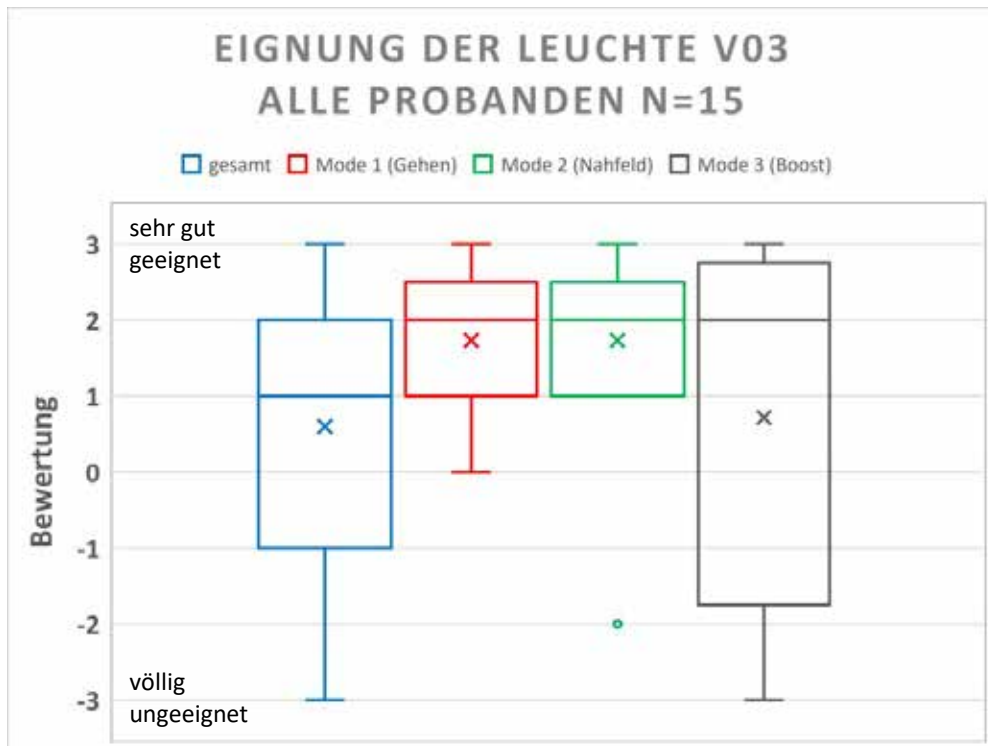


Abb. 4: Bewertung der Eignung der Testleuchte V03 gesamt und nach Lichtmode, dargestellt sind Boxplots (Min, 25 %-Perzentil, Median, 75 %-Perzentil, Max) und Mittelwerte der Bewertungen (Kreuz).

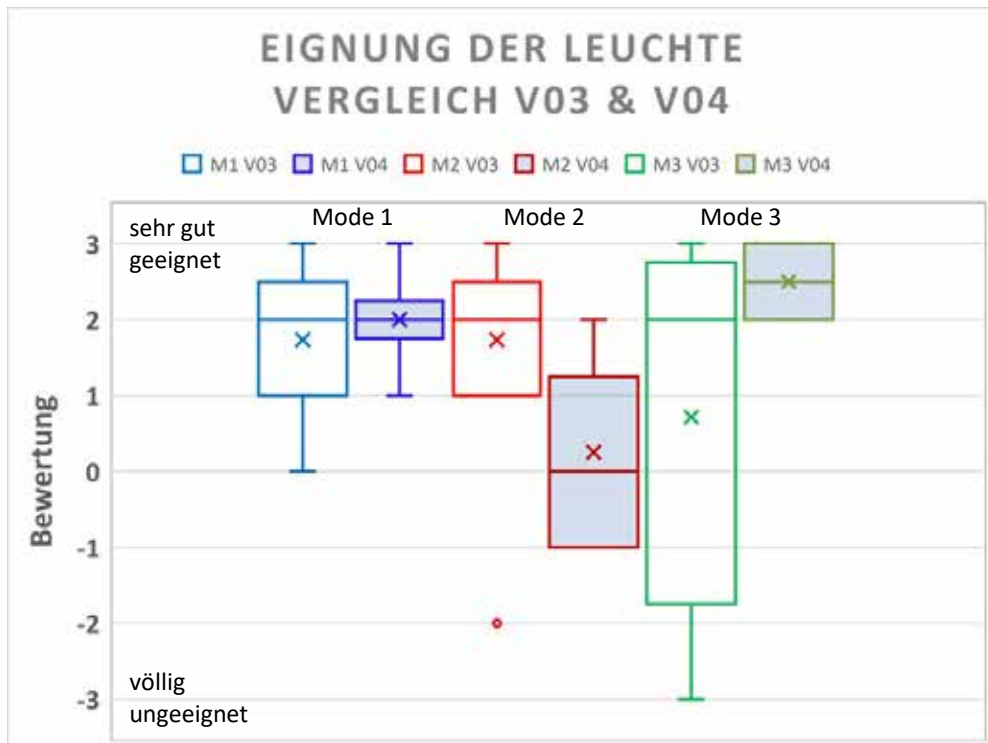


Abb. 5: Vergleich zwischen den Testleuchten mit Streufolie (V03) und ohne (V04) bezüglich des Gesamturteils für die unterschiedlichen Lichtmodi, dargestellt sind Boxplots (Min, 25 %-Perzentil, Median, 75 %-Perzentil, Max) und Mittelwerte der Bewertungen (Kreuz).

Die Urteile bezüglich Beleuchtungsstärke, Lichtkegelgröße und Blendung bzw. Reflexblendung sind in Abbildung 6 für den Lichtmode 2, die Beleuchtung des Arbeitsbereiches im Nahfeld (Greifraum), dargestellt.

Eine Beleuchtungsstärke $E_0 = 56 \text{ lx}$ nach Tabelle 1 wird als etwas zu dunkel eingeschätzt. Die Größe des ausgeleuchteten Bereichs mit $\alpha = 78^\circ$ ($E_0/10$), wurde von der Hälfte der Probanden als genau richtig bewertet. Der Mehrheit der Testpersonen ist keine Blendung störend aufgefallen. Einzelpersonen berichteten von deutlich wahrnehmbarer Blendung bis störend empfundener Blendung bzw. Reflexblendung an glänzenden Teilen selbst bei dem geringen Beleuchtungsniveau. Mit einer maximalen Leuchtdichte bis zu $284\,000 \text{ cd/m}^2$ ist in diesem Lichtmode mit Blendung in der Begegnungssituation bzw. Reflexblendung an glänzenden Oberflächen zu rechnen. Weitere Details sind in /7/ ausgeführt.

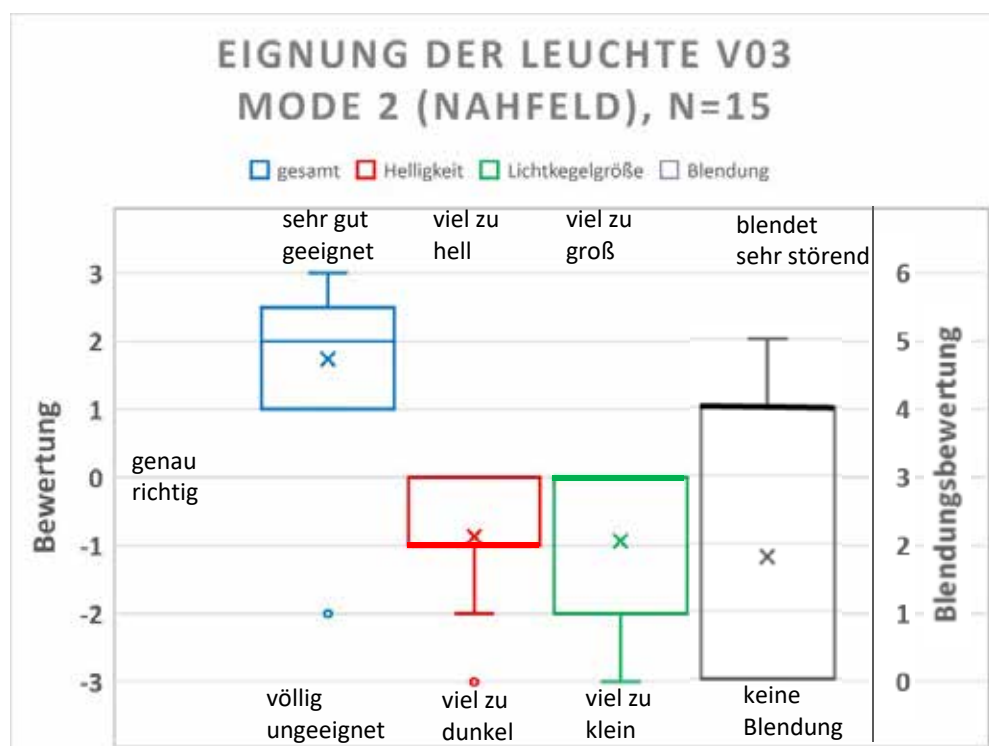


Abb. 6: Urteile über die Testleuchte V03 zum Mode 2 (Greifraum) gesamt und nach Beleuchtungsstärke, Größe des ausgeleuchteten Bereichs und Blendung/ Reflexblendung, dargestellt sind Boxplots (Min, 25 %-Perzentil, Median, 75 %-Perzentil, Max) und Mittelwerte der Bewertungen (Kreuz).

2.4 Diskussion

Die Urteile der Probanden zeigen das Dilemma zwischen einer ausreichenden Helligkeit im Sehfeld und der Blendungsgefährdung. Eine Beleuchtungsstärke von $E_0 = 56 \text{ lx}$ für die Ausleuchtung im Nahfeld sollte nicht deutlich überschritten werden. Müssen kleine Sehdetails wie Risse im Material erkannt werden, sind höhere Beleuchtungsstärken er-

forderlich. Alternativ kann in diesem Falle auf den Lichtmode für Gehen mit der höheren Beleuchtungsstärke umgeschaltet werden, um höheren Sehanforderungen im Arbeitsbereich gerecht zu werden.

Die Laborstudie wurde bei völliger Dunkelheit durchgeführt. Entsprechend ergaben sich die Ergebnisse für die Mindestbeleuchtungsstärke /4/. Zusätzliches Licht in der Umgebung durch Straßen- und Stadtbeleuchtung oder in Bereichen von Haltepunkten auf Bahnstrecken hat Einfluss auf den jeweiligen Adaptationszustand und damit das Helligkeitsempfinden. In dunkler Umgebung wirkt die gleiche Beleuchtungsstärke heller als im helleren Umfeld.

Für das Gehen im Gleisbett ist eine Beleuchtungsstärke von $E_0 = 100 \text{ lx}$ bis 150 lx bezogen auf eine Messentfernung von $0,5 \text{ m}$ sinnvoll. Die Lichtmodi 1 (Gehen) und 2 (Nahfeld) sollten deutlich unterschiedlich wahrgenommen werden können und sich die Beleuchtungsstärke um den Faktor zwei bis drei unterscheiden.

Aufgrund des fließenden Übergangs zwischen Lichtkegel und Umgebung bei der Testleuchte ist keine sprunghafte Änderung der Helligkeit im Sehfeld erkennbar. Es ist anzunehmen, dass dies Einfluss auf die Bewertung der Lichtkegelgröße hat, da sich der ausgeleuchtete Bereich durch den flachen Gradienten nicht klar von der dunklen Umgebung abgrenzt. Dieser fließende Übergang sichert die Erkennbarkeit auch von Objekten mit schwachem Kontrast zur Umgebung, wie sie Objekte auf Wegen oder vor dem dunklen Himmel haben. Abb. 7 zeigt neben dem gleichmäßig hell ausgeleuchteten Bereich in der Mitte auch den Übergangsbereich zur Umgebung, in dem die Helligkeit langsam abnimmt. Bei $E_0/3$ beträgt die Beleuchtungsstärke noch $1/3$ bei $E_0/10$ noch $1/10$, bei einer zentralen Beleuchtungsstärke von $E_0 = 150 \text{ lx}$ also $E_0/3 = 50 \text{ lx}$ und $E_0/10 = 15 \text{ lx}$.

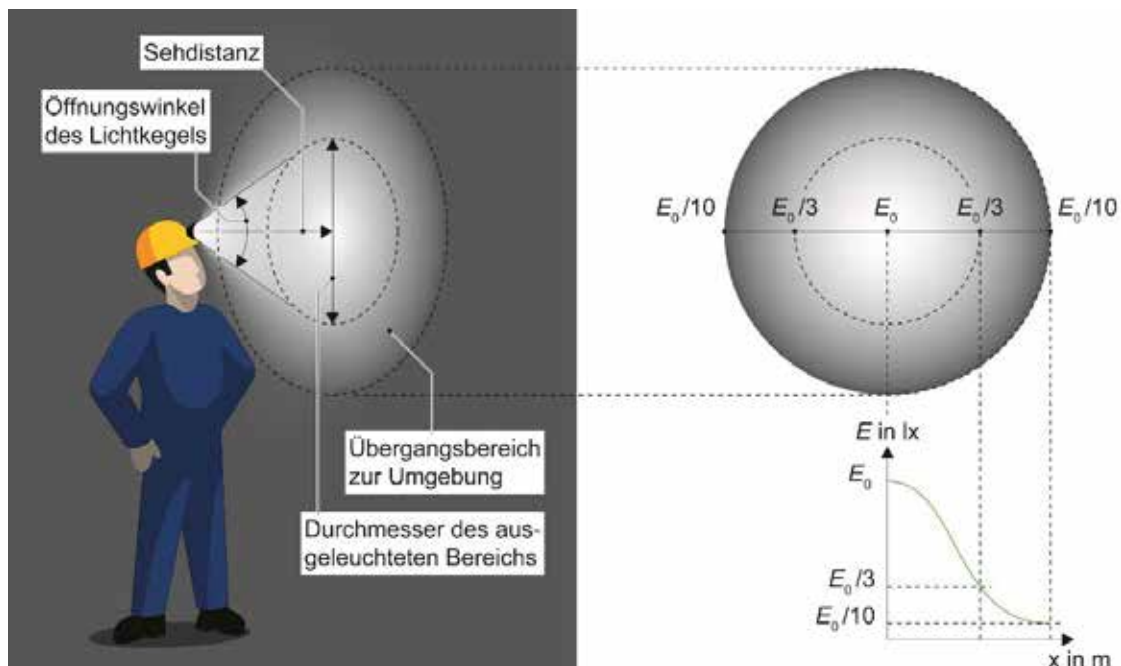


Abb. 7: Ein fließender Übergang der Helligkeit ermöglicht das Erkennen der Umgebung (Quelle: Jörg Block/BG ETEM).

Für den Nahbereich sollte die Größe des ausgeleuchteten Bereichs mindestens 75° betragen, um zusätzliche Kopfbewegungen oder eine Positionsanpassung der Helmleuchte zu vermeiden. Der Lichtmode für das Gehen erfordert mindestens einen Lichtkegel von 50°, was der Ausleuchtung des 2,4 m breiten Gleisbetts in einer Entfernung von 2 m vor der Person entspricht, in dem Bereich, in dem die Orientierung beim Gehen in dunkler Umgebung erfolgt /4/.

3 Zusammenfassung

Die Evaluation der Testleuchte in der Praxis hat gezeigt, dass für unterschiedliche Einsatzzwecke drei Lichtmodi zur Anpassung von Lichtleistung und Lichtverteilung zweckmäßig sind. Nur so kann gewährleistet werden, dass mit „so viel Licht wie nötig“ und so „wenig Licht wie möglich“ der Sehbereich für die jeweiligen Einsatzzwecke ausgeleuchtet wird, ohne die Adaptation der Augen an die Dunkelheit zu stören und damit Blendung sowie unfallrelevante Sehstörungen zu vermeiden. Die Praxistests zeigen aber auch, dass die Ergebnisse der Laborstudie in der Praxis nur zum Teil akzeptiert wurden. Mehrheitlich wurde selbst die im Vergleich zu der Laborstudie höhere Beleuchtungsstärke der Testleuchte als zu dunkel empfunden. Daher wird für Mode 2 (Greifraum) die doppelte Beleuchtungsstärke und eine um den Faktor 3 dazu höhere Beleuchtungsstärke für Mode 1 (Gehen) im Vergleich zu den Ergebnissen der Laborstudie empfohlen. Dieser Kompromiss wird auch damit gerechtfertigt, dass die Leuchte nicht nur bei vollkommener Dunkelheit eingesetzt wird. Der Boost-Mode sollte eine Beleuchtungsstärke von 1000 lx nicht unterschreiten, um den Blick in größere Entfernung zu ermöglichen. Die Empfehlungen sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tab. 3: Empfehlung für Helmleuchten im Fahrleitungsbau.

Einsatzzweck	Typische Sehdistanz	Lichtkegel Öffnungswinkel $\alpha^{+)$	Beleuchtungsstärke $E_0^{*)}$
Greifraum	0,5 m	$\geq 75^\circ$	50 lx
Gehen	1 m bis 2 m vor der Person	$\geq 55^\circ$	150 lx
Orientierung	bis 10 m	$\approx 15^\circ$	1000 lx

+) bezieht sich auf den Bereich bei $E_0/10$; *) in 0,5 m Entfernung senkrecht zur Leuchte

Die Streufolie im Leuchtenkopf reduziert nachweislich die Blendung, jedoch führt dies auch zur deutlichen Verringerung der Beleuchtungsstärke im Boost-Mode. Die Abwertung der Gesamtbewertung der Testleuchte hängt wesentlich mit dieser Schwäche zusammen.

4 Weitere Schritte zur Einführung

Von Seiten der BG ETEM wurden die Ergebnisse für die betrieblichen Praktiker in einer sogenannten „Fachbereich AKTUELL“ mit dem Titel „Arbeiten an Oberleitungsanlagen“ zusammengefasst /8/ und mit dem Sachgebiet Beleuchtung der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) abgestimmt. Derzeit befindet sich die Schrift in der finalen Umsetzungsphase durch die Medienproduktion der DGUV.

Eine Checkliste für die Auswahl geeigneter Leuchten ergänzt die lichttechnischen Anforderungen um Kriterien wie Schutzart, Bedienbarkeit mit Handschuhen, Stoßfestigkeit und Lademanagement. Zusätzlich sind dort praktische Handlungsempfehlungen enthalten, wie ohne Messgerät die grundsätzliche Eignung marktverfügbarer Leuchten getestet werden kann.

Seit Anfang 2021 ist die Helmleuchte als „6002-Series Gleisbau“ auf dem freien Markt verfügbar. Sie wird zusammen mit dem im Feldversuch verwendeten Fragebogen ausgeliefert. So kann der Einsatz von den interessierten Betrieben nochmals in der Praxis bewertet werden. Eine Herausforderung für die Betriebe wird sein, die Tätigkeiten festzulegen, für welche die Helmleuchte eingesetzt wird. Optimiert wurde sie für Tätigkeiten auf dem Mast auf freier Strecke und somit für eine dunkle Umgebung.

Für andere Sehaufgaben, wie z. B. Tätigkeiten in hell beleuchteter Umgebung könnten höhere Lichtströme erforderlich sein.

5 Ausblick

Die Beleuchtung von Arbeiten an Oberleitungen ist nicht einfach zu realisieren. Arbeiten in der Höhe oder am Mast werden durch betriebstechnische Besonderheiten, wie z. B. der Konstruktion der spannungsführenden Oberleitungsanlagen, erschwert.

Durch die Zusammenarbeit von Berufsgenossenschaft, Versicherten und Hochschule konnte eine Grundlage für die Gefährdungsbeurteilung mit konkreten Anforderungen an die Stirnleuchten geschaffen werden.

Besteht bei bestimmten Tätigkeiten ein höherer Lichtbedarf, wie z. B. bei größeren Leuchtweiten, müssen zusätzliche Leuchten eingesetzt werden. Für planbare Baustellen sind die Anforderungen der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.4 zu erfüllen.

Literatur

- /1/ Technische Regel für Arbeitsstätten: Beleuchtung (ASR A3.4). Ausg. 4/2011. Zuletzt geändert GMBI 2014, S. 287
- /2/ DIN EN 12464-2: Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten Teil 2: Arbeitsplätze im Freien, 5/2014, Beuth-Verlag
- /3/ DGUV Information 215-210: Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten, 2016
- /4/ Bieske, K. et al.: Abschlussbericht - Projekt „Stirnleuchten im Oberleitungsbau“, im Auftrag der BG ETEM, TU Ilmenau, 2018
- /5/ Bieske, K.; Vandahl, C.; Schierz, Ch.; Holzschneider, M.; Hubalek, S.: Anforderungen an Helmleuchten für den Einsatz im Oberleitungsbau Tagung LICHT 2018, Davos (Schweiz) 9.-12.9.2018
- /6/ Roberts, J. E.; Wilkins, A. J.: Flicker can be perceived during saccades at frequencies in excess of 1 kHz. Lighting Research and Technology, Vol. 45, 2013, S. 124-132, doi: 10.1177/1477153512436367
- /7/ Bieske K. et al.: Abschlussbericht – Projekt „Stirnleuchten im Oberleitungsbau - Teil II“, im Auftrag der BG ETEM, TU Ilmenau, 2019
- /8/ Fachbereich AKTUELL: Arbeiten an Oberleitungsanlagen, 2021 (in Vorbereitung)

Kontakt

Dr.-Ing. Karin Bieske
karin.bieske@tu-ilmenau.de

Dr. Sylvia Hubalek
hubalek.sylvia@bgetem.de

Christian Menen
menen.christian@bgetem.de