



Abbildung 1: Eine richtig gestaltete Straßenbeleuchtung erhöht die Sicherheit von Fahrern und Fußgängern auf der Straße. Daher ist eine Messung der Leuchtdichteverteilung ein wichtiges Werkzeug.

LEUCHTDICHTEVERTEILUNG MESSEN

ERFAHRUNGEN UND HERAUSFORDERUNGEN BEI DER BEWERTUNG VON STRASSENBELEUCHTUNG [1]

Der Einsatz moderner LED-Leuchten in der Straßenbeleuchtung ermöglicht signifikante Energieeinsparungen und bietet die Chance, die Lichtverhältnisse auf beleuchteten Straßenabschnitten zu verbessern. Daher entscheiden sich immer mehr Städte, Gemeinden und Straßenwärter für Investitionen in moderne Beleuchtungslösungen.

Eine der in der aktuellen Norm EN 13201 »Straßenbeleuchtung« beschriebenen Methoden ist das Messen der Verteilung der auf der Straße erzeugten Leuchtdichte. Dieser Artikel stellt Richtlinien für die Gestaltung der Straßenbeleuchtung, Messmethoden und -instrumente sowie Erfahrungen und Probleme im Zusammenhang mit der Durchführung von Messungen in der Straßenbeleuchtung vor.

Die neue Norm EN 13201:2016 »Straßenbeleuchtung« besteht aus fünf Teilen und umfasst die Auswahl der Beleuchtungsklassen, Gütemerkmale, Berechnung der Gütemerkmale, Methoden zur Messung der Gütemerkmale sowie Energieeffizienzindikatoren.

Die grundlegenden Anforderungen an die Beleuchtung von Straßen, die hauptsächlich für den Autoverkehr bei hohen und mittleren Geschwindigkeiten bestimmt sind (Straßen der Klasse M), basieren auf Kriterien, die sich auf die Stärke und Homogenität der Straßenbeleuchtung selbst, ihrer direkten Umgebung und die Blendungsbegrenzung beziehen. Eine richtig gestaltete Straßenbeleuchtung erhöht die Sicherheit von Fahrern und Fußgängern auf der Straße.

ÜBERPRÜFUNG DER BELEUCHTUNGSQUALITÄT

Die mittlere Leuchtdichte L_{mitt} sollte als arithmetisches Mittel der Leuchtdichte der Punkte des Messfeldrasters berechnet werden. Die Gesamtgleichmäßigkeit U_0 sollte als Verhältnis der niedrigsten

Klasse	L_{mitt} [min. Einsatz] [cd/m]	U_o [min]	U_l [min]
M1	2,00	0,40	0,70
M2	1,50	0,40	0,70
M3	1,00	0,40	0,60
M4	0,75	0,40	0,60
M5	0,50	0,35	0,40
M6	0,30	0,35	0,40

Tabelle 1: Beleuchtungsanforderungen für M-Klassen bei trockenen Oberflächen.

Leuchtdichte an jedem Punkt des Messfeldrasters zur mittleren Leuchtdichte berechnet werden. Die Längsgleichmäßigkeit U_l sollte als Verhältnis der geringsten Leuchtdichte zur höchsten Leuchtdichte in Längsrichtung der Achse jeder Fahrspur berechnet werden.

Die Leuchtdichteverteilungen sind in einem Feld zu messen, das zwei aufeinanderfolgende Leuchten in derselben Reihe umfasst. Das Messgerät ist 60 m von der ersten Leuchte entfernt zu positionieren (Abbildung 2), die Messpunkte sind in gleichmäßigen Abständen anzuordnen.

ERMITTLUNG DER LEUCHTDICHTE

Das Leuchtdichtemessgerät sollte sich in einer Höhe von 1,5 m über der Straßenebene befinden. In der Querrichtung sollte das Messgerät

nacheinander in der Mitte jeder Fahrspur der Straße positioniert werden. Die mittlere Leuchtdichte und die Gesamtgleichmäßigkeit der Leuchtdichte sollten für die gesamte Fahrbahn und für jede Position des Messgeräts gemessen werden. Aus der Sicht des Fahrers ist der Straßenbereich zwischen 60 m und 160 m vor dem Fahrzeug wichtig. Bei Einstellung der Sichtebene des Fahrers in einer Höhe von 1,5 m über der Fahrbahnoberfläche (oder, bei Messung, von der Messposition) verändert sich der Winkel zwischen der optischen Achse des Messgeräts und der Fahrbahnoberfläche zwischen $1,5^\circ$ und $0,5^\circ$. Die Durchführung von Messungen in diesem Bereich erfordert ein präzises System, welches es ermöglicht, die Neigung des Messgeräts mit hoher Auflösung zu verändern, um das Messfeld auf den gegebenen Messpunkt zu richten, der sich im oben beschriebenen Abstandsreich befindet.

Die Norm EN 13201-3 empfiehlt, dass, um eine Übereinstimmung zwischen den gemessenen und berechneten Werten zu erhalten, die Lage der Messpunkte und die Position des Beobachters den in den Berechnungen verwendeten Positionen entsprechen sollten. Die Anwendung solcher Anforderungen führt zu den folgenden Problemen:

- Es wird eine sehr große Anzahl von Messpunkten angelegt.
- Die Messung von Leuchtdichteverteilungen wird zu einer schwierigen Aufgabe. Probleme, die bei der Messung der Leuchtdichte auftreten können, stehen eher nur mit der großen Anzahl von Messpunkten in Zusammenhang. ▶

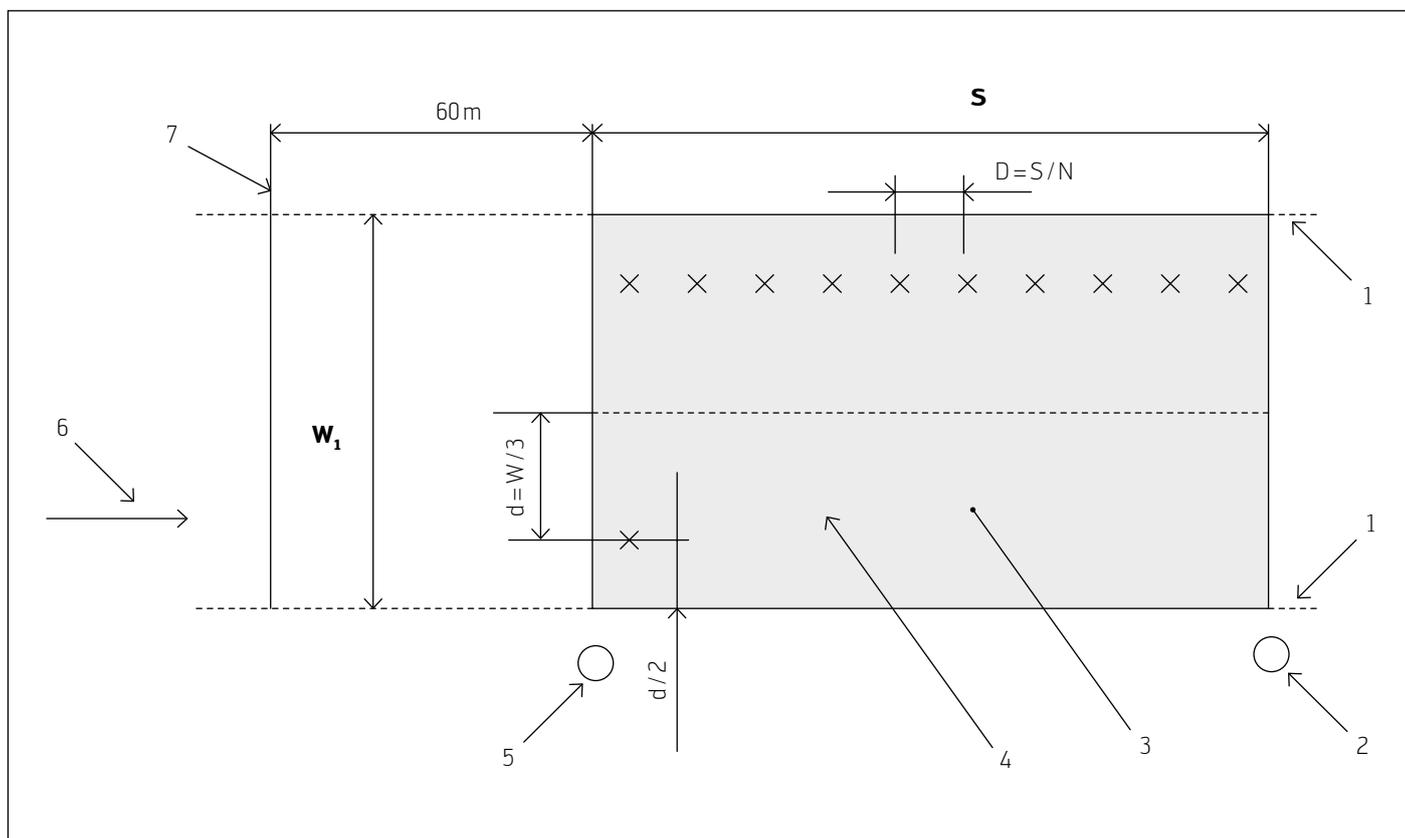


Abbildung 2: Berechnungsfeld der Leuchtdichte: Positionen der Berechnungspunkte in der Fahrspur: Rand der Fahrspur (1), letzte Leuchte im Messfeld (2), Messfeld (3), Fahrspurachse (4), erste Leuchte im Messfeld (5), Beobachtungsrichtung (6), Position des Leuchtdichtemessgeräts für die Längsbeobachtung (7), Markierung der Messpunkte (x).

- Ein präzises und technisch anspruchsvolles Leuchtdichtemessgerät ist erforderlich, welches den Gesamtwinkel des Messkegels auf 2 Bogenminuten auf der vertikalen Fläche und auf 20 Bogenminuten auf der horizontalen Fläche begrenzen soll.
- Es besteht die Möglichkeit der Überlappung von Messfeldern von benachbarten Punkten.
- Probleme bei der genauen Ausrichtung des Beobachtungsfeldes des Messgeräts auf das Messfeld können auftreten.

PROFESSIONELLE MESSUNG

Die jahrelange Erfahrung zeigt, dass Messungen mit einem Spot-Leuchtdichtemessgerät eine zuverlässige Messung, insbesondere der Leuchtdichteverteilung, jedoch das Erhalten eines objektiven Werts der Leuchtdichtegleichmäßigkeit praktisch unmöglich machen. Die oben genannten Probleme können gelöst werden, indem eine bildgebende Leuchtdichtekamera (ILMD) zum Einsatz kommt. Die Bedienung eines solchen optischen Kamerasystems ist ähnlich wie die einer Digitalkamera. Professionelle Versionen solcher Leuchtdichtekameras weisen keinen optischen Sucher auf und das analysierte Bild kann auf dem Bildschirm eines tragbaren Computers angezeigt werden. Die Messungen werden durchgeführt durch

- Aufstellen des Kamerasystems an einem geeigneten Ort,
- Kennzeichnen des Messfeldes (einschließlich seiner Abmessungen),
- einzelnes Aufnehmen der analysierten Bildoberfläche,
- sowie Analysieren und Bewerten des aufgezeichneten Bildes nach der Aufnahme.

Viele Straßenbeleuchtungsexperten verfügen über langjährige Erfahrung bei der Durchführung von Leuchtdichtemessungen auf Straßen unter Verwendung sowohl eines Spot-Leuchtdichtemessgeräts als auch eines bildgebenden Leuchtdichtekamera (ILMD). Die Verwendung von bildgebenden Leuchtdichtemesssystemen erfordert eine Verbindung mit einem PC, auf dem eine dedizierte Software installiert ist. Dieses Programm kann mit einem EN-13201-Add-on erweitert werden, das die Berechnung der Leuchtdichte auf der Straße in Übereinstimmung mit der Norm EN 13201 ermöglicht. Allerdings stellen die Straßenbeleuchtungsexperten fest, dass die derzeit verfügbaren Leuchtdichtemessgeräte nicht ausreichend gut angepasst sind, um Messungen von Leuchtdichteverteilungen auf der Straße durchzuführen.

Die Verwendung eines ILMD-Messsystems erleichtert die Durchführung von Messungen erheblich und trägt dazu bei, zuverlässigere Ergebnisse zu erhalten, die eine eindeutige Bewertung des Zustands der Straßenbeleuchtungsanlage ermöglichen. Messgeräte dieser Art, die von verschiedenen Firmen hergestellt werden, sind jedoch im Grunde genommen Labormessgeräte und es ist sehr umständlich, diese für Feldmessungen einzusetzen.

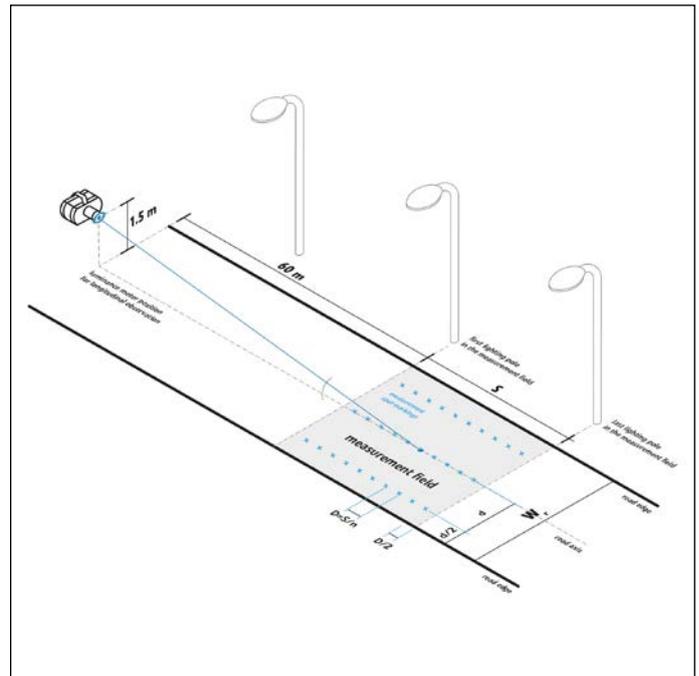


Abbildung 3: Perspektivische Darstellung des Messbereichs.

KONZEPT EINES BILDGEBENDEN LEUCHTDICHTEMESSSYSTEMS (ILMD)

Das ILMD sollte ein umfassendes System zur bildgebenden Messung der Leuchtdichteverteilung mit besonderem Schwerpunkt auf der Messung der Straßenbeleuchtung entsprechend den Anforderungen der EN 13201 und in Laboranwendungen sein. Das System sollte eine Anpassungsmethode für Selbstbelichtung anbieten, die auf einem Programm basiert, das das Sichtfeld des Messgeräts in Echtzeit analysiert und die hochliegenden Leuchtdichtefelder (hauptsächlich Leuchten) aus der Analyse eliminiert. Es ermöglicht eine präzise Anpassung der Matrixbelichtungszeit an den Bereich der auf der gemessenen Straßenoberfläche auftretenden Leuchtdichte.

Messungen der Leuchtdichteverteilung auf der Straße werden durch Positionieren des ILMD in der Mitte der Fahrspuren durchgeführt. Das optische System des ILMD-Messgeräts ermöglicht Messungen mit einer geeigneten Winkelauflösung, die der Auflösung des menschlichen Auges (die sich aus der Sehschärfe des optischen Systems des Auges ergibt) unter den Bedingungen der Anpassung an das Leuchtdichteniveau, das auf einer mit künstlichem Licht beleuchteten Straße auftritt, entspricht.

Das bildgebende Leuchtdichtemesssystem besteht nicht nur aus einer bildgebenden Leuchtdichtekamera, sondern auch aus Peripheriegeräten, die eine komfortable Messung der Leuchtdichteverteilung auf Straßen ermöglichen und keine Spezialkenntnisse erfordern. Die marktüblichen bildgebenden Leuchtdichtemessgeräte sind kostspielig, kompliziert zu bedienen und nicht vollständig an die Durchführung von Leuchtdichtemessungen auf Straßen gemäß den Anforderungen der EN 12301 angepasst. Auch Bediener, die nicht über akademische Fachkenntnisse verfügen, können das neue Straßenbeleuchtungsmesssystem einsetzen.

Das ILMD-System umfasst:

- eine zuverlässige Stromversorgung,
- Tags, die das Markieren des Messfeldes ermöglichen,
- eine an das Messfeld angepasste Optik,
- ein integriertes Modul, welches ein effizientes und schnelles Einstellen des Messsystems in einer bestimmten Position durch eine Person unter Berücksichtigung der Anforderungen der Norm EN 12301 ermöglicht,
- ein komfortables System zum Messen des Abstands zwischen dem Messgerät und dem Anfang des Messfeldes,
- eine benutzerfreundliche Software, die es ermöglicht, Ergebnisse zur Bewertung der Qualität der Straßenbeleuchtung gemäß EN 12301 in Echtzeit zu erhalten.

WICHTIGE ASPEKTE BEI DER MESSUNG

Um die Verteilung der Leuchtdichte auf der Straße nach den Anforderungen der Norm EN 12301 korrekt zu messen, muss das Messfeld zwischen zwei aufeinanderfolgenden Leuchten ausgewählt werden. Die zu messende Distanz sollte geradlinig sein, was in der Praxis selten der Fall ist. Wählen Sie eine möglichst kurvenarme Distanz und überprüfen Sie bei der Analyse der Messergebnisse, dass sich die Messpunkte nicht mit den Fahrbahnmarkierungen, z. B. den Fahrspurtrennlinien, überschneiden. Außerdem sollte die Straße hinter dem Messfeld in einem Abstand von mindestens der zwölffachen Höhe des Lichtmasts beleuchtet werden.

Der nächste wichtige Schritt ist das korrekte Markieren des Messfeldes. Die Messfeldmarkierungen sollten die tatsächlichen Grenzen des zu messenden Bereichs deutlich anzeigen. Dies ist für das Positionieren der Berechnungspunkte bei der Analyse des mit dem Matrix-Leuchtdichtemessgerät aufgenommenen Bildes notwendig. Als nächstes ist die Position der Leuchtdichtekamera während der Messungen zu beachten. Diese sollte in der Mitte jeder Fahrspur in einer Höhe von 1,5 m über der Straßenoberfläche und 60 m vor dem Messfeld positioniert werden und die verwendete Optik muss es ermöglichen, die Leuchtdichte über die gesamte Breite der gemessenen Straße zu messen. Schließlich muss vor dem Messen die geeignete Belichtungszeit entsprechend dem Leuchtdichtenniveau des Messfeldes gewählt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Bewertung der Beleuchtungsparameter auf der Straße ist dank der Verwendung von hochwertigen, für diese Zwecke angepassten Messgeräten möglich. Die Wahl des Messgeräts ist besonders wichtig für Leuchtdichtemessungen, da diese Messungen schwierig und zeitraubend sind und es erfordern, während Vorbereitung und Messung den Verkehr anzuhalten. In dieser Situation ist ein Messsystem, bestehend aus einer bildgebenden Leuchtdichtekamera (ILMD) mit entsprechend ausgewählter Optik und benutzerfreundlicher Software, das die Parameter auf der Straße gemäß den Anforderungen der Norm EN 13201:2016 auswertet, die beste Lösung. Eine effiziente Durchführung der Messungen ist

möglich, wenn das System mit zusätzlichen Elementen ausgestattet ist, beispielsweise Tags zum Markieren des Messfeldes, einer Vorrichtung zum Messen des Abstands zwischen Messkamera und Messfeld, und einem integrierten Modul zum Einstellen des Messgeräts in der entsprechenden Höhe und Position mit einem Computer. Die kompakte Form des Messsystems ermöglicht eine schnelle und effiziente Messung der Leuchtdichteverteilung auf der Straße durch eine einzige Person und minimiert die mit der Reduzierung des Fahrzeugverkehrs während der Messungen verbundenen Störungen, wenn die Messungen auf den im Einsatz befindlichen Straßen durchgeführt werden. ■

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] GL Optic. Forschungsbericht in Zusammenarbeit mit der Poznan University of Technology

Weitere Informationen

Hersteller: GL Optic, Weilheim an der Teck, www.gloptic.com

Autor: Abdel H. Najj

Fotos: GL Optic

Innovatives Messinstrument

Nur ein bildgebendes Matrix-Leuchtdichtemessgerät mit Optik für ein breites Spektrum von Anwendungen garantiert eine optimale Messung der Allgemeinbeleuchtung – einschließlich LED-Lampen und -Leuchten, LED-Chips und -Modulen, Audits der Innen- und Außenbeleuchtung sowie der Straßenbeleuchtung.

Das Leuchtdichtemessgerät »GL Opticam 3.0« ist kalibriert und mit V-Lambda-Korrekturfilter und CMOS-empfindlichem Bildsensor ausgestattet. Es erfasst Bilder und berechnet die Leuchtdichte an jedem Punkt des Bildes, alles in einem einzigen Bild und in einer einzigen Messung. Die von GL Optic entwickelte Analysesoftware bietet eine benutzerfreundliche, Schnittstelle zum Verarbeiten aufgezeichneter Daten und Erstellen von Messberichten. Das Gerät kann zusätzlich an das Spektrometer angeschlossen werden und ermöglicht so die gleichzeitige Erfassung von Spektral-, Farb- und Leuchtdichtedaten.

