

Außenbeleuchtung neu erfinden?



9. LiTG-Tagung Stadt- und Außenbeleuchtung
29. bis 30. Januar 2014

ABSTRACTS

The logo for LiTG (Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V.) features a stylized human figure with arms raised, enclosed within a circle. This circle is connected by thin lines to the letters 'i' and 'T' in the 'LiTG' text below. The text 'LiTG' is rendered in a large, white, outlined, sans-serif font.

LiTG

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V.

Impressum

Veranstalter

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (LiTG)

Burggrafenstraße 6, D-10787 Berlin

LiTG-Bezirksgruppe Thüringen-Nordhessen

Stützpunkt Weimar, Washingtonstraße 53a, D-99423 Weimar

Kooperationspartner

Bauhaus Weiterbildungsakademie Weimar e.V. (WBA)

Bauhaus-Universität Weimar, Professur Bauklimatik

Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik

Lichttechnische Gesellschaft Österreichs (LTG)

Schweizer Licht Gesellschaft (SLG)

Association Française de l'Eclairage (AFE)

Medienpartner

Zeitschrift LICHT | Zeitschrift HIGHLIGHT | Fachzeitschrift ELEKTROPRAKTIKER

Herausgeber

© LiTG e.V. | Bauhaus Weiterbildungsakademie Weimar e.V. | 2014

Herausgeber der vorliegenden Dokumentation sind die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG) in Zusammenarbeit mit der Bauhaus Weiterbildungsakademie Weimar e.V. (WBA).

Es wird darauf hingewiesen, dass das Urheberrecht sämtlicher Manuskripte und Grafiken in dieser Dokumentation bei den jeweiligen Autoren und das Urheberrecht der Dokumentation als Sammelwerk bei den Herausgebern liegt.

Jede Form der Vervielfältigung auf drucktechnischem oder elektronischem Weg – auch auszugsweise – bedarf der ausdrücklichen, schriftlichen Zustimmung der Herausgeber sowie des Verfassers des jeweiligen Beitrages. Für die Inhalte der Beiträge sind die Verfasser verantwortlich.

ISBN 978-3-927787-47-7

Mittwoch, 29. Januar 2014

Übersichtsvorträge

- 9:30 Uhr **Begrüßung und Grußworte**
Dr. Heiko Schultz | Bauhaus-Universität Weimar
- 9:50 Uhr **Effizienzpotenziale bei der öffentlichen Beleuchtung nutzen!**
Bernd Düsterdiek | Referatsleiter Deutscher Städte- und Gemeindebund
- 10:20 Uhr **Grundlagen des nächtlichen Sehens**
Christoph Schierz | TU Ilmenau
- 10:55 Uhr **Blendungsbewertung von LED-Leuchten**
Stephan Völker | TU Berlin

11:30 Uhr Mittagspause

Ausstellerforum

- 12:30 Uhr **Podium ausgewählter aktueller Produkte, Dienstleistungen und Projekte der ausstellenden Firmen**

Aktuelles aus Technologie und Normung

- 15:15 Uhr **EU-Normung auf dem Gebiet der Straßenbeleuchtung**
Axel Stockmar | University of Applied Sciences and Arts Hannover
- 15:50 Uhr **ZVEI-LED-Nomenklaturleitfaden – Planungssicherheit in der LED-Beleuchtung**
Jörg Minnerup | TRILUX GmbH & Co. KG
- 16:25 Uhr **Die neue LiTG-Schrift:
Handlungsempfehlungen: LED-Außenbeleuchtung – Ein Werkzeug für Kommunen**
Mehmet Yeni | Swarco V.S.M. GmbH
- 17:00 Uhr **Technologischer Stand von LED-Straßenleuchten in den USA und Deutschland**
Tran Quoc Khanh | TU Darmstadt, Fachgebiet Lichttechnik

17:35 Uhr Ende des ersten Tages

17:30 Uhr Thematische Stadtführungen

20:00 Uhr Abendveranstaltung

Hauptgebäude der Bauhaus-Universität Weimar, Geschwister-Scholl-Straße 8

Programm

Donnerstag, 30. Januar 2014

Wissenschaft und Forschung I

- 9:00 Uhr **Einfluss der lichttechnischen Tunneleigenschaften auf die augenphysiologische Wahrnehmung während der Fahrt**
Stefan Thiel | TU Darmstadt
- 9:35 Uhr **Ist es zweckmäßig, eine zusätzliche Lichtstärkeverteilung für nasse Straßen einzuführen?**
Andreas Walkling | TU Ilmenau
- 10:00 Uhr **Über die Wirkung der Lichtfarbe auf die Objektdetektion im Straßenverkehr unter trockenen und nassen Wetterbedingungen**
Andreas Ueberschaer | TU Ilmenau
- 10:25 Uhr **Reflexionseigenschaften von Fahrbahnoberflächen – Leuchtdichtekalkulation kleiner Flächen**
Christoph Schulze | TU Dresden

10:50 Uhr Kaffeepause

Wissenschaft und Forschung II

- 11:20 Uhr **Technisches Risikomanagement zur Optimierung von LED-Leuchten im PQL-Forschungsprojekt**
Michael Schneider | FH Bielefeld
- 11:45 Uhr **Erhöhte Blendung durch LED-Straßenleuchten – Mythos oder Realität?**
Mathias Niedling | TU Berlin
- 12:10 Uhr **Verlust der Nacht – Lichtverschmutzung aus lichttechnischer Sicht**
Sebastian Schneider | TU Berlin

12:35 Uhr Mittagspause

Berichte aus der Praxis

- 13:50 Uhr **Straßenbeleuchtung: Sünden der Vergangenheit – Kosten der Zukunft?
Zwischen Stadterlebnis und Verschwendung**
Rudi Seibt | Ingenieurgruppe München e.G. VBI/VDI
- 14:10 Uhr **Was kostet Lichtplanung wirklich und was muss der Planer wirklich leisten?
Gesetzliche Vergütungszwänge und freie Vereinbarungen**
Ulf Greiner Mai | ö.b.u.v. SV und Beratender Ingenieur VBI
- 14:30 Uhr **Der schwierige Weg zur sowohl energieeffizienten, als auch wirtschaftlichen
Straßenbeleuchtungsanlage**
Stephan Unbehau | Landeshauptstadt Erfurt
- 14:50 Uhr **Technische Erfahrungen in kommunalen Beleuchtungsprojekten aus Planersicht und
Betreibersicht**
Hans Jürgen Rathmann | Dipl.-Ing. Lichttechnik
- 15:10 Uhr **LED Straßenbeleuchtung – von der Simulation zum Projekt**
Maximilian Herzig | SWAREFLEX GMBH
- 15:30 Uhr **Besondere Aspekte des Blitzschutz bei LED-Leuchten**
Andreas Wallner | LEUTRON GmbH
- 15:50 Uhr **Resümee und Schlusswort**
- 16:10 Uhr Ende der Veranstaltung**
- 17:30 Uhr Führung durch die Herzogin Anna Amalia Bibliothek [Selbstzahler]**

FÜR HEUTE.
FÜR MORGEN.
FÜR MICH.

LICHT AUF DEN PUNKT GEBRACHT.



Wirtschaftlich. Nachhaltig. Kompetent.

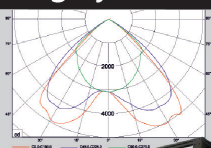
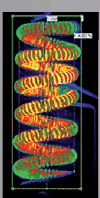
www.swb-beleuchtung.de

swb

TechnoTeam high precision measuring systems



LMK
VIDEO PHOTOMETER



801
RIGO
GONIOPHOTOMETER



Impressum	2
Programm	3
Inhalt	7
Abstracts	
Effizienzpotenziale bei der öffentlichen Beleuchtung nutzen!	
Bernd Düsterdiek, Deutscher Städte- und Gemeindebund.....	10
Grundlagen des nächtlichen Sehens	
Univ.-Prof. Dr. sc. nat. Christoph Schierz TU Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik.....	18
Blendungsbewertung von LED-Leuchten	
Stephan Völker TU Berlin.....	20
EU-Normung auf dem Gebiet der Straßenbeleuchtung	
Hon.-Prof. Dipl.-Ing. Axel Stockmar University of Applied Sciences and Arts Hannover.....	22
ZVEI-LED-Nomenklaturleitfaden – Planungssicherheit in der LED-Beleuchtung	
Jörg Minnerup, TRILUX GmbH & Co. KG.....	24
Die neue LiTG-Schrift:	
Handlungsempfehlungen: LED-Außenbeleuchtung – Ein Werkzeug für Kommunen	
Dr.-Ing. Mehmet Yeni Swarco V.S.M. GmbH.....	26
Technologischer Stand von LED-Straßenleuchten in den USA und Deutschland	
Prof. Dr. -Ing.habil. Tran Quoc Khanh TU Darmstadt, Fachgebiet Lichttechnik.....	28
Einfluss der lichttechnischen Tunneleigenschaften auf die augenphysiologische Wahrnehmung während der Fahrt	
Dipl.-Ing. Stefan Thiel selbständiger Berater Prof.-Dr.-Ing. Tran Quoc Khanh TU Darmstadt, Fachgebiet Lichttechnik.....	30
Ist es zweckmäßig, eine zusätzliche Lichtstärkeverteilung für nasse Straßen einzuführen?	
Dipl.-Ing. Andreas Walkling TU Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik Univ.-Prof. Dr. sc. nat. Christoph Schierz TU Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik.....	32
Über die Wirkung der Lichtfarbe auf die Objektdetektion im Straßenverkehr unter trockenen und nassen Wetterbedingungen	
Dipl.-Ing. Andreas Ueberschaer TU Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik Univ.-Prof. Dr. sc. nat. Ch. Schierz TU Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik.....	34
Reflexionseigenschaften von Fahrbahnoberflächen – Leuchtdichtekalkulation kleiner Flächen	
Christoph Schulze TU Dresden, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr.....	36

Inhalt

Technisches Risikomanagement zur Optimierung von LED-Leuchten im PQL-Forschungsprojekt

Dipl. Ing. (FH) Michael Schneider, Prof. Dr.-Ing. Eva Schwenzfeier-Hellkamp,
Dipl. Ing. (FH) Daniel Werner | Fachhochschule Bielefeld 38

Erhöhte Blendung durch LED-Straßenleuchten – Mythos oder Realität?

Mathias Niedling, Stephan Völker, Martine Knoop | Technische Universität Berlin, Fachgebiet Lichttechnik..... 40

Verlust der Nacht – Lichtverschmutzung aus lichttechnischer Sicht

Dipl.-Ing. Sebastian Schneider | TU Berlin, Fachgebiet Lichttechnik 42

Straßenbeleuchtung: Sünden der Vergangenheit – Kosten der Zukunft? Zwischen Stadterlebnis und Verschwendung

Rudi Seibt, Ingenieurgruppe München e.G. VBI/VDI 44

Was kostet Lichtplanung wirklich und was muss der Planer wirklich leisten? Gesetzliche Vergütungszwänge und freie Vereinbarungen

Ulf Greiner Mai | ö.b.u.v. SV und Beratender Ingenieur VBI 46

Der schwierige Weg zur sowohl energieeffizienten, als auch wirtschaftlichen Straßenbeleuchtungsanlage

Stephan Unbehau | Stadtverwaltung Erfurt, Tiefbau- und Verkehrsamt, Sachgebiet Straßenbeleuchtung 48

Technische Erfahrungen in kommunalen Beleuchtungsprojekten aus Planersicht und Betreibersicht

Hans Jürgen Rathmann | Dipl.-Ing. Lichttechnik 50

LED Straßenbeleuchtung – von der Simulation zum Projekt

Maximilian Herzig | SWAREFLEX GmbH 52

Besondere Aspekte des Blitzschutzes bei LED-Leuchten

Andreas Wallner | LEUTRON GmbH 54

The logo for Biowi, with 'Bio' in green and 'wi' in orange, set against a background of colorful, abstract light patterns.

2. Praxisforum Biologische Lichtwirkungen

**Wirkungen des Lichtes auf den Menschen –
Biologische Lichtwirkungen**

7. bis 8. Mai 2014 in Weimar

www.biowi.wba-weimar.de

WBA

WBA | Bauhaus Weiterbildungsakademie Weimar e.V.
Institut an der Bauhaus-Universität Weimar

Effizienzpotenziale bei der öffentlichen Beleuchtung nutzen!

Bernd Düsterdiek, Deutscher Städte- und Gemeindebund

Vor dem Hintergrund stetig steigender Energiepreise belasten die Betriebskosten veralteter Beleuchtungsanlagen zunehmend die Haushalte der Städte und Gemeinden. Gesetzliche Vorgaben fordern zudem Mindesteffizienzen, um den CO₂-Ausstoß bei der Energieerzeugung zu reduzieren. Auch die Wirkung schlechter Beleuchtung ist insbesondere in Schulen und Kindergärten mehr als nur ein Ärgernis und häufig der Grund für Konzentrationsmangel und nachlassende Leistung.

In Deutschland werden für die Beleuchtung von Straßen, Wegen und Plätzen jedes Jahr bis zu vier Milliarden Kilowattstunden Strom verbraucht. Dies entspricht etwa dem Stromverbrauch einer Million Haushalte in Deutschland. Es ist daher wichtig, Möglichkeiten aufzuzeigen, die öffentliche Beleuchtung in Deutschland energieeffizienter und damit im Ergebnis für Städte und Gemeinden kostengünstiger zu gestalten.

Innovative Lichtsysteme sind hierbei nicht nur ökonomisch und ökologisch sinnvoll, sie schaffen mit besserer Lichtqualität zudem gute Sehbedingungen und sorgen für mehr Sicherheit im öffentlichen Raum. Dennoch beträgt die Wechselrate zu energieeffizientem Licht bei der Straßenbeleuchtung gerade mal fünf und bei der Bürobeleuchtung etwa zehn Prozent. Dies ist zu wenig, wenn man die Forderung nach aktivem Klimaschutz in Kommunen wirklich ernst nimmt.

Mit dem Wechsel zu energieeffizienten Beleuchtungssystemen lassen sich nicht nur Energie- und Betriebskosten sparen, fast immer ist mit dem Wechsel auch eine Verbesserung der Lichtqualität verbunden. Die Industrie treibt die Entwicklung derartiger Beleuchtungslösungen weiter voran und setzt mit bereits vorhandenen und immer wieder neuen Lichtanwendungen wichtige Trends.

Nachhaltigkeit und energieeffiziente Beleuchtungskonzepte stehen dabei im Mittelpunkt. Die Diskussion über die Gestaltung eines ökonomisch und ökologisch verantwortbaren Umfeldes sollte sich aber nicht allein auf wirtschaftliche Aspekte beschränken. Sie sollte alle Lebensbereiche erfassen und die Verantwortlichen sowie die Bürgerinnen und Bürger davon überzeugen, dass Nachhaltigkeit kein anderes Wort für Verzicht ist, sondern die Voraussetzung für eine bessere Zukunft und eine intakte Umwelt.

Abdruck „Statement zur Energie- und Umweltpolitik“ mit freundlicher Genehmigung des DSTGB



DStGB
Deutscher Städte-
und Gemeindebund

Freitag, 27. September 2013 | www.dstgb.de | position@dstgb.de

Position

DER AUTOR

Dr. Gerd Landsberg

*ist Geschäftsführendes
Präsidialmitglied des Deutschen
Städte- und Gemeindebundes.
Der Deutsche Städte- und
Gemeindebund vertritt die Interessen
der Kommunalen Selbstverwaltung der
Städte und Gemeinden in Deutschland
und Europa. Über seine Mitglieds-
verbände repräsentiert er rund 11.000
Kommunen in Deutschland.*

Mitgliedsverbände

- Bayerischer Gemeindetag
- Gemeinde- und Städtebund Rheinland-Pfalz
- Gemeinde- und Städtebund Thüringen
- Gemeindetag Baden-Württemberg
- Hessischer Städte- und Gemeindebund
- Hessischer Städtetag
- Niedersächsischer Städte- und Gemeindebund
- Niedersächsischer Städtetag
- Saarländischer Städte- und Gemeindetag
- Sächsischer Städte- und Gemeindetag
- Schleswig-Holsteinischer Gemeindetag
- Städte- und Gemeindebund Brandenburg
- Städte- und Gemeindebund Nordrhein-Westfalen
- Städte- und Gemeindebund Sachsen-Anhalt
- Städte- und Gemeindetag Mecklenburg-Vorpommern
- Städtebund Schleswig-Holstein
- Städtetag Rheinland-Pfalz

STATEMENT ZUR ENERGIE- UND UMWELTPOLITIK

Energiewende:

- **Umsetzung mit mehr Transparenz, Ehrlichkeit und Sachlichkeit**
- **Fördersystem reformieren**
- **Netzausbau beschleunigen und Versorgungssicherheit gewährleisten**

Die Energiewende kann nur mit den Kommunen, ihren Bürgerinnen und Bürgern und der Wirtschaft gemeinsam umgesetzt werden. Alle Akteure müssen zusammenarbeiten: Die Stadtwerke, die großen Energieversorger, die Kommunen und die Bürger. Den Städten und Gemeinden kommt dabei eine besondere Rolle zu. Denn hier müssen die alternativen Energien angesiedelt, die Stromtrassen gebaut sowie die Infra- und Speicherstruktur geschaffen werden und hier wird der Strom verbraucht. Erforderlich sind daher eine enge Einbindung der Kommunen und eine Stärkung ihres Handlungsspielraumes.

Die Zukunft der Energieversorgung und -erzeugung ist dezentral

Die mit der Energiewende beschlossenen Ausbauziele Erneuerbarer Energien bedeuten einen grundlegenden Wandel weg von der zentralen Energieerzeugung hin zur Dezentralität. Damit die Energiewende ein Erfolg wird, werden alle Ressourcen der alternativen Energieerzeugung – je nach lokalen und regionalen Strukturen – mobilisiert werden müssen. Der Ausbau bietet Städten und Gemeinden eine breite Palette an Gestaltungsmöglichkeiten. Die Erneuerbaren Energien sind vor Ort vorhanden, sie eröffnen neue Möglichkeiten für den ländlichen Raum,

stärken die Wirtschaft in den Regionen und können in Form von gemeinsamen Konzepten die nötige Akzeptanz der Bürgerinnen und Bürger schaffen.

Die Vielzahl an dezentral angesiedelten Erneuerbaren Energien stellt uns gleichzeitig vor große Herausforderungen. Sie erfordert nicht nur den Aus- und Umbau der Netzinfrastruktur, sondern auch neue, intelligente Technologien sowie einen modernen und umweltfreundlichen Kraftwerkspark, der Versorgungssicherheit garantiert. Hierfür gefragt sind innovative, dezentrale Lösungen, d.h. Technologien und Speicher, die geeignet sind, Angebot und Nachfrage von Strom, Gas und Wärme besser aufeinander abzustimmen.

Damit Städte und Gemeinden diese Aufgaben meistern können, müssen die rechtlichen Rahmenbedingungen daher insgesamt noch stärker auf die kommunalen Belange und örtliche Infrastruktur angepasst werden.

Marktwirtschaft stärken, Planwirtschaft vermeiden

Die Erneuerbaren Energien werden künftig die tragende Säule unserer Energieversorgung sein. **Notwendig ist eine grundlegende Überarbeitung des Fördersystems, damit die Kosten nicht aus dem Ruder laufen.**



DStGB
Deutscher Städte-
und Gemeindebund

Position

Bei der künftigen Förderung ist mehr Markt- und weniger Planwirtschaft geboten. Es macht keinen Sinn, wirtschaftliche und unwirtschaftliche Standorte gleichermaßen zu fördern. Erst Recht nicht solche Standorte, an denen die Energie nicht abtransportiert werden kann, weil der Netzanschluss nicht steht.

Ein sinnvoller Ansatz wäre z.B. stattdessen, eine staatlich definierte Menge an Erneuerbaren Energien über ein spezielles Auktionsverfahren zu fördern, das nach Technologien und Regionen unterscheidet. So kommt das wirtschaftlichste Angebot zum Zuge. Auch ein Quotenmodell, bei welchem den Energieversorgern gesetzlich vorgegeben wird, eine bestimmte Menge an EE-Strom zu liefern, kommt in Betracht. Eine Kontrolle könnte hierbei durch Zertifizierung des Ökostroms, verbunden mit Strafzahlungen bei Nichteinhaltung erfolgen.

Wettbewerbsfähigkeit sichern

Für Deutschland ist die Energiewende eine große Chance, seine führende Position in der Umwelt- und Energietechnologie zu behaupten und damit Wohlstand und Arbeitsplätze zu sichern. Gleichzeitig darf die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen im globalen Wettbewerb nicht durch zu hohe Energiepreise geschmälert werden. Wachstum und Beschäftigung sind entscheidende Faktoren für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Wir brauchen eine Energiewende mit Augenmaß.

Um Verbraucher, Kommunen und Unternehmen nicht zu überfordern, müssen staatliche Subventionen für Erneuerbare Energien regelmäßig in einem trans-

parenten Verfahren überprüft werden.

Die mit der Energiewende verbundenen Mehrkosten müssen gerecht verteilt werden. Dies betrifft Kosten, die durch den Ausbau der Verteilnetze (die „Zugangstraßen“ zu den Hochspannungstrassen) entstehen, genauso wie jene, die durch den Ausbau der Übertragungsnetze bedingt sind. Nach dem Grundsatz der gleichwertigen Lebensbedingungen muss ein gespaltenen Strompreis Stadt/Land ausgeschlossen werden.

Ehrliche Debatte um Mehrkosten

Die Energiewende muss durch eine aktive Informations- und Kommunikationsstrategie begleitet werden, mit welcher über die erforderlichen Maßnahmen, Alternativen, Risiken und Folgen bei der Umsetzung dieses großen Infrastrukturprojekts aufgeklärt wird. Dieses zeigt sich insbesondere bei der Diskussion um steigende Strompreise, welche zuweilen die gebotene Sachlichkeit vermissen lässt. Richtig ist, dass Verbraucher, Kommunen und Unternehmen nicht durch zu hohe Energiepreise überfordert werden dürfen. Die Menschen dürfen jedoch nicht im Glauben gelassen werden, dass es eine schnelle und zudem bezahlbare Energiewende bei gleichzeitiger Gewährleistung der Versorgungssicherheit zum Null-Tarif geben kann.

Erforderlich sind Transparenz und Ehrlichkeit in der Debatte. Vor einer „Strompreishysterie“ ist zu warnen. Da die fossilen Brennstoffe wie Öl und Gas endlich sind, steigen die Strompreise seit Jahren völlig unabhängig von

der Energiewende. Der Fokus sollte vielmehr stärker darauf gerichtet werden, Anreize für Energieeinspar- und Effizienzmaßnahmen zu setzen.

Netzausbau beschleunigen

Immer wieder muss in der Öffentlichkeit auch verdeutlicht werden, dass die Energiewende ohne den erfolgreichen Netzausbau scheitern wird. Bei den Höchstspannungstrassen wurde ein Bedarf von insgesamt 2.800 km neuen Leitungen und die Erhöhung von 2.900 km bereits vorhandenen Leitungen errechnet. Bei den wichtigen Verteilnetzen sind ca. 200.000 km neue Leitungen notwendig. Um die Projekte auch verwirklichen zu können, bedarf es der Schaffung von Investitionsanreizen, vor allem für den Aus- und Umbaubedarf der Verteilnetze. Wie auch im Bereich der Höchst- und Hochspannungstrassen müssen bei den Verteilnetzen Investitionsbudgets anerkannt werden, um für den Netzbetreiber eine Refinanzierung zu ermöglichen.

Bezüglich der Höchstspannungsstromleitungen sowie damit verbundener Fragen der Erdverkabellung, der landschaftlichen Beeinträchtigungen und Kosten für Ausgleichs- und Kompensationsmaßnahmen brauchen wir eine gesellschaftliche Diskussion, was geleistet werden kann, was gewünscht und was akzeptiert wird. Eine beschleunigte Planung kann nur gelingen, wenn die Planungshoheit der Städte und Gemeinden als bürgernächste Ebene auch beim Netzausbau umfassend gewährleistet ist und die kommunalen Belange inhaltlich berücksichtigt werden.



DStGB
Deutscher Städte-
und Gemeindebund

Position

Wenn die Mehrheit der Bevölkerung die Energiewende will, muss sie auch den Netzausbau mittragen. Voraussetzung hierfür ist eine sachliche und transparente Debatte über Kosten und Nutzen des Netzausbaus und einer gerechten Verteilung der Lasten.

Gleichzeitig müssen die Verfahren beschleunigt werden. Planungsprozesse selbst bei Großprojekten von fünfzehn Jahren (Stuttgart 21) sind nicht akzeptabel. Deshalb muss auch weiterhin daran gearbeitet werden, Verfahren zu straffen und zu beschleunigen, wie dies bereits im Bereich der Netzausbauplanung bei länderübergreifenden Stromtrassen geschehen ist. Die Kompetenzen werden auf einer übergeordneten Ebene gebündelt und eine Reduzierung des Instanzenzuges erreicht.

Gemeinsame Steuerung und Management

Wir brauchen eine bessere Abstimmung und Koordinierung zwischen Bund, Ländern, Kommunen und weiteren beteiligten Energieakteuren. Um widersprüchliche Rahmenvorgaben zu vermeiden, sollte die Energiekompetenz auf Bundesebene an einer Stelle gebündelt werden und nicht auf verschiedene Ressorts (Umwelt, Wirtschaft, Bau, Verkehr und Forschung) verteilt bleiben. Die dazu eingerichteten Plattformen für Erneuerbare Energien, Zukunftsfähige Energienetze und das Kraftwerksforum können dafür als Basis genutzt werden.

Die Energiewende kann nur gelingen, wenn nicht jedes Land eine eigene Wende verfolgt. Die Länder sind gefordert, ihre Kon-

zepte aufeinander abzustimmen und am Erhalt eines funktionierenden Gesamtsystems mitzuarbeiten. Dabei müssen nicht nur die Reform der Förderinstrumente für Erneuerbare Energien, sondern auch der Netzausbau und die Sicherung der Kraftwerkskapazitäten aufeinander abgestimmt und zu einem Gesamtkonzept entwickelt werden.

Das immer wieder geforderte „neue Marktdesign“ muss mit Inhalten gefüllt und implementiert werden. Dabei muss dafür Sorge getragen werden, dass sowohl die Erneuerbaren Energien als auch die daneben benötigten konventionellen Kraftwerke in einem gemeinsamen Markt bestehen können und ihre Finanzierung wirtschaftlich bleibt.

Zusätzlich sollte ein unabhängiger Sachverständigenrat Energiewende eingerichtet werden. Dieses Gremium sollte jährlich über den Sachstand der Umsetzung berichten und Vorschläge zur Beseitigung von Hemmnissen unterbreiten.

Akzeptanz schaffen und Bürgerbeteiligung modernisieren

Energiepolitik der Zukunft bedeutet auch Konsens unter Bürgerbeteiligung. Um jahrelange Verzögerungen bei der Planung und beim Bau zu vermeiden, sind für die konkreten Vorhaben eine aktive Informationspolitik und eine frühzeitige Beteiligung der Bürger bei den Planungsvorhaben notwendig. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die gesetzlich vorgeschriebenen Beteiligungsmöglichkeiten von Bürgerinnen und Bürgern in vielen Fällen nicht wahrgenommen werden und die Gefahr späterer Protestbewegungen entsteht, welche den

Prozess verzögern. Wenn sich die Sprache der Bürger verändert und die traditionellen Spielregeln kaum noch akzeptiert werden, müssen wir diese anpassen. Hier sind besonders die Planungsträger gefordert.

Aktive Teilhabe von Bürgerinnen und Bürgern, aber auch von privaten Akteuren wie Wirtschaft und Handel führt zu einer stärkeren Identifikation, Akzeptanz und Durchsetzung von Entscheidungen. Dies bedingt aber auch, dass die Beteiligung nicht auf die unmittelbar Betroffenen beschränkt wird und sich die Beteiligungsformen an Allgemeinwohl dienenden Zielen orientieren. Konkret sollten Bürger und Kommunen beim Netzausbau nicht nur durch frühzeitige Mitsprache bei der Planung neuer Trassen einbezogen werden. Auch finanzielle Beteiligungsmodelle, die möglichst viele zu ökonomischen Gewinnern machen, können auch beim Netzausbau zu mehr Akzeptanz und damit für eine Beschleunigung sorgen.

Ein weiterer Ansatz könnte zudem die Einschaltung eines Mediators sein, der die Einwände der Bürger bündelt und in das Verfahren einbringt.

Kommunen und Bürger an Wertschöpfung beteiligen

Die Städte und Gemeinden müssen an der Wertschöpfung der Energieerzeugung und des Netzausbaus beteiligt werden. Den Bürgern wird schwer zu vermitteln sein, warum sie Einschnitte in ihrer Landschaft durch Stromtrassen, Biogasanlagen und Windräder hinnehmen sollen, aber ihrer Stadt das Geld für den Kita-Ausbau und zum Stopfen der Schlaglöcher fehlt.



Für eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende bedarf es der Bereitschaft in den Städten und Gemeinden, neue Standorte für Erneuerbare-Energien-Anlagen auszuweisen. Um einen entsprechenden wirtschaftlichen Anreiz zu setzen, müssen nicht nur die Gemeinden, in denen das Unternehmen seinen Sitz hat, einen Anteil an der Gewerbesteuer erhalten. Der Vorschlag, den bereits geltenden besonderen Maßstab für die Zerlegung des Gewerbesteuermessbetrages zwischen Standort- und Betriebsgemeinde, wie er bislang nur für Windkraftanlagen gilt, auf alle Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien auszuweiten, ist hier ein richtiger Schritt, der nun durch Gesetz umgesetzt werden muss. Darüber hinaus sollte auch im Zuge einer Reform der Grundsteuer eine bessere Beteiligung der Gemeinden erreicht werden.

Zudem muss der Netzausbau zwingend mit einer gesetzlich vorgeschriebenen Akzeptanzzahlung verbunden werden. Die derzeitige Regelung, wonach eine freiwillige Zahlung nach Ermessen des Netzausbaubetreibers sich auf lediglich 40.000 Euro pro Kilometer bemisst, ist nicht ausreichend. Erforderlich ist eine verbindliche Zahlung eines Betrages in angemessener Höhe, um die Akzeptanz zu steigern und so den Ausbau zu beschleunigen.

Bürgerwindparks und Energiegenossenschaften sind dabei ein sinnvoller Ansatz, auch die Bürger in dem Prozess mitzunehmen und zu beteiligen. Auch sind hier Kooperationsformen mit Kommunen und ihren Unternehmen wichtig.

Versorgungssicherheit gewährleistet

Die Umstellung auf Erneuerbare Energien und das Abschalten der Atomkraftwerke führt notwendigerweise zu Stromschwankungen im Netz. Um die Stabilität der Netze langfristig zu sichern, sind Reservekraftwerke notwendig, die bei Bedarf aktiviert werden können, um die so genannte Grundlast zu garantieren. Die Städte und ihre Stadtwerke sind grundsätzlich bereit und in der Lage, die insoweit vorhandenen Strukturen weiter auszubauen. Günstige Börsenpreise für Strom aus fossiler Kohle führen jedoch dazu, dass sich Investitionen in neue Kraftwerke, die je nach Bedarf schnell hoch- und runtergefahren werden können, wirtschaftlich nicht lohnen. Notwendig sind langfristige, sichere Planungs- und Investitionsbedingungen, die vor allem die neuen, modernen und flexiblen Kraftwerke wieder rentabel werden lassen.

Zudem müssen Betreiber von EEG-Anlagen mehr Verantwortung für die Versorgungssicherheit übernehmen. Alle Anlagenbetreiber müssen künftig dazu beitragen, dass eine verlässliche Stromproduktion, trotz Schwankungen, garantiert wird. Ein Lösungsansatz könnte sein, dass Betreiber von Wind- oder Photovoltaikanlagen eine bestimmte Menge an Strom garantieren und – für den Fall, dass sie dies nicht können – sich durch den Zukauf von Zertifikaten an der Finanzierung an den Kraftwerken beteiligen, die für die Versorgungssicherheit notwendig sind. Für die Finanzierung dieser Kraftwerke sollte vom Grundsatz her gelten: Wer Strom erzeugt, hat auch

Verantwortung für die Sicherstellung der Grundlast.

Netz- und Ladeinfrastrukturen intelligent und effizient gestalten

Unser Stromnetz muss den neuen Bedürfnissen angepasst werden. Über 97 Prozent der Erneuerbaren Energien werden vor Ort in die Verteilnetze eingespeist. Durch intelligente Netze, sogenannte „Smart Grids“, kann mittels Kombination von Energie- und Kommunikationsnetzen Angebot und Nachfrage von Energie besser aufeinander abgestimmt und der Energiefluss effizienter gesteuert werden. Hierdurch wird ein wichtiger Beitrag zur Vermeidung von Netzüberlastungen und zur Gewährleistung einer besseren Versorgungssicherheit geleistet.

Grundvoraussetzung hierfür ist eine lückenlose Anbindung aller Städte und Gemeinden – auch im ländlichen Raum – an hochleistungsfähige schnelle Internetverbindungen. Damit diese Erschließung gelingt, ist ein nachhaltiges Finanzierungskonzept des Breitbandausbaus erforderlich. Die Speicherinfrastruktur wird künftig ein wichtiger Teil der systemischen Bereitstellung von Energie sein. Speichermöglichkeiten sind insbesondere die Umwandlung von Strom in Gas oder der Zubau weiterer Pumpspeicherkraftwerke.

Energieeffizienz weiter steigern

Die beste Energie ist diejenige, die eingespart und gar nicht erst produziert wird. Auf diesem Weg kann jeder einen eigenen Beitrag leisten, um die Kosten der Energiewende zu senken.

| 4



DStGB
Deutscher Städte-
und Gemeindebund

Freitag, 27. September 2013 | www.dstgb.de | position@dstgb.de

Position

Sozialtarife, wie sie von einigen Stellen gefordert werden, sind abzulehnen. Neben dem damit verbundenen erheblichen administrativen Aufwand ließe sich ein Sozialtarif nicht zielgenau auf bedürftige Personen ausrichten. Sollen bedürftige Personen stärker als bisher von Energiekosten entlastet werden, muss dies über Veränderungen vorhandener Sozialtransfers geschehen. Wichtiger ist es, gerade Menschen im unteren und mittleren Einkommen die Möglichkeit zu geben, Energie einzusparen.

Potenzial zur weiteren Verbesserung der Energieeffizienz besteht insbesondere im Bereich des Städtebaus; Quartiersbezogene Lösungen (z.B. Blockheizkraftwerke) und ökonomische Anreize zur Gebäudesanierung sind weiter zu verbessern. Auf den Gebäudebereich entfallen rund 40 Prozent des deutschen Energieverbrauchs und etwa ein Drittel der CO₂-Emissionen. Die Energiekosten sind für die Kommunen neben Sozialausgaben, Personal und Zinsen mit 2,5 Mrd. Euro pro Jahr ein wichtiger Faktor. Bei den

rund 176.000 kommunalen Gebäuden gibt es noch eine Steigerung der Energieeffizienz von 60 Prozent.

Der Einsatz stromsparender Geräte und die Fortentwicklung technologischer Anwendungen, die den Stromverbrauch intelligent steuern (sogenannte „Smart Meter“) sind hierfür wichtige Instrumente. Bereits heute unternehmen die Städte und Gemeinden immense Anstrengungen, ihren Gebäudebestand energetisch zu sanieren, um so den Energieverbrauch weiter einschränken zu können. So werden langfristig nicht nur finanzielle Mittel frei, sondern gleichzeitig ein wichtiger Beitrag für den Klimaschutz geleistet.

Die energetische Sanierung des Gebäudebestands wird jedoch nicht allein über Steuererleichterungen, sondern insbesondere über eine direkte finanzielle Unterstützung erreichbar sein. Erforderlich ist eine Aufstockung des CO₂ Gebäudesanierungsprogramms von derzeit 1,5 Milliarden Euro auf jährlich mindestens 5 Milliarden Euro.

Es sollte außerdem die Einführung eines eigenen Kommunalprogramms zur Gebäudesanierung in Erwägung gezogen werden. Vorbild könnte hier das Konjunkturpaket II sein.

Europäische Dimension beachten

Deutschland wird die Energiewende nicht im Alleingang realisieren können. Die Aktionen zur Umsetzung der Energiewende müssen daher stets mit dem Blick auf die europäischen Partnerländer geschehen. Es ist wichtig, dass die Abstimmung im europäischen Verbund geführt wird. Stromausfälle in Deutschland können sich über die Grenzen hinaus auswirken. Die schwankende Einspeisung von Energie in Deutschland kann das Lastmanagement in anderen Staaten negativ beeinflussen. Deutschland kann andererseits vom Ausgleich der Stromflüsse an den Grenzen profitieren.

Berlin, 27. September 2013

Notizen

Grundlagen des nächtlichen Sehens

Univ.-Prof. Dr. sc. nat. Christoph Schierz | TU Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik

Anforderungen für die Beleuchtung von Straßen zu definieren ist keine triviale Aufgabe. Zwar kann man einfach Normen dafür heranziehen (z. B. DIN EN 13201), welche sich zum Teil auf wissenschaftliche Erkenntnisse abstützen, zum Teil wirtschaftliche Anforderungen berücksichtigen und zum Teil auf Erfahrung beruhen. Aber bis wissenschaftliche Erkenntnisse Grundlagen für die Normung bilden konnten, waren ungezählte Studien zum nächtlichen Sehvorgang in den letzten Jahrzehnten notwendig. In diesem Beitrag sollen einige wesentliche Studien und Modelle vorgestellt werden, die man heute als „Stand des Wissens“ bezeichnen kann. Darüber hinaus gibt es weitere offene Fragen, die Thema der aktuellen Forschung sind, wie z. B. Sehen bei nasser Straße (vgl. die Referate von A. Walkling und A. Ueberschaer), neue Lichtquellen wie LEDs, psychologische Blendung (vgl. Referat von S. Völker), Verwendung veränderlichen Lichts und Adaptationsstrecken, höhere geforderte Sicherheitsstandards („vision zero“), zunehmendes Verkehrsaufkommen oder die Energieeffizienz.

Als prototypische Sehaufgabe wird das Erkennen eines kritischen Objekts auf der Straße beim nächtlichen Fahren eines Kraftfahrzeugs betrachtet. Die Lichtverhältnisse müssen ein rechtzeitiges Anhalten des Fahrzeugs ermöglichen – die Anhaltstrecke muss vor dem Objekt enden. Folgende vier zu beachtenden Themen sind für die Erkennbarkeit und damit für die Anhaltstrecke wesentlich:

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Reaktionszeit und Reaktionsweg | 3. Physiologische Blendung |
| 2. Sichtbarkeit und Erkennungsdistanz | 4. Sehobjekte und ihre Beschreibung |

Die Anhaltstrecke setzt sich im Wesentlichen aus dem Reaktionsweg und dem anschließenden Bremsweg zusammen. Der Bremsweg ist unabhängig von den Lichtverhältnissen und wird über die Fahrgeschwindigkeit von der Bremszeit (Fußumsetzzeit, Ansprechzeit, Schwellzeit, Vollbremszeit) bestimmt. Anders der Reaktionsweg, der durch die Reaktionszeit bestimmt wird, die sich aus der Blickzuwendungszeit und der Reaktionsgrundzeit zusammensetzt. Beide hängen von den Sichtverhältnissen ab: Die Blickzuwendungszeit ist bei guter Aufmerksamkeitsführung kürzer, die Reaktionsgrundzeit (Wahrnehmungszeit + Erkennungszeit + Entscheidungszeit) bei klaren Sichtverhältnissen. Objekte müssen ja nicht nur wahrgenommen werden, sondern es muss auch erkannt werden, ob sie kritisch sein könnten und ob deswegen darauf mit Bremsen (oder Lenken) zu reagieren ist.

Deutlich größer als die Wirkung guter Lichtverhältnisse auf die Reaktionszeit ist die Wirkung auf die Sichtbarkeit („visibility“) der Objekte und damit auf die Erkennungsdistanz. Je eher ein Objekt erkannt wird, desto früher kann der Bremsvorgang eingeleitet werden. Dies hängt hauptsächlich davon ab, wie groß das Sehobjekt aus Sicht des Fahrers ist und welchen Leuchtdichteunterschied ΔL es zu seinem Hintergrund aufweist. Es kann heller (Positivkontrast) oder dunkler (Negativkontrast, Silhouette) als der Hintergrund sein. Tarzonen sind kritisch da dort diese sog. Polarität wechselt. Das gerade noch erkennbare ΔL , die Wahrnehmungsschwelle ΔL_{th} , bestimmt die Erkennungsdistanz und kann mit Berechnungsmodellen ermittelt werden, die folgende Parameter berücksichtigen: Objektsehwinkel, Umfeldleuchtdichte, Blendung, Position im Gesichtsfeld, Beobachtungsdauer, Polarität, Alter der Person, individuelle Unterschiede. Sie beruhen auf den physiologischen Grundlagen des Sehens.

Die physiologische Blendung durch Streulicht im Auge wird über die Schleierleuchtdichte recht zuverlässig beschrieben und kann „nahtlos“ in die zuvor genannten Wahrnehmungsmodelle integriert werden. Das Thema wird hier nicht weiter diskutiert, da es S. Völker in seinem Referat behandelt.

Die Berechnungsmodelle gehen von einfachen Sehobjekten aus, als Teilbereiche eines komplexeren Sehobjekts. Heute wenig berücksichtigt wird, dass 90% der Bekleidungen von Fußgängern einen Reflexionsgrad von weniger als 20% aufweisen. Mit Mitteln der Beleuchtung Positivkontrast zu erzeugen gelingt deswegen selten (geringe „revealing power“). In ortsaufgelöste Leuchtdichtebildern oder Daten von Lichtberechnungsprogrammen könnten heute vordefinierte kritische Sehobjekten integriert werden um mit Wahrnehmungsmodellen die Erkennbarkeit an kritischen Stellen wie z. B. im Wartebereich von Fußgängerstreifen zu bewerten. Die Möglichkeiten zur Untersuchung von Dunkelheitsunfällen würden damit erweitert, aber auch die Möglichkeiten auf lokale Gegebenheiten einzugehen und dort bessere Beleuchtungslösungen zu planen als sie die Norm standardmäßig vorgibt.

Blendungsbewertung von LED-Leuchten

Stephan Völker | TU Berlin

Mit der Einführung des elektrischen Lichtes begann die Ingenieurwissenschaft sich intensiv mit dem Phänomen der Blendung weltweit auseinanderzusetzen. Besonders gravierend tritt das Problem in der Sportstätten-, Kfz- und der Außenbeleuchtung auf. Maximale Sichtbarkeit bei geringstmöglicher Blendung ist hier das hohe Ziel einer guten Beleuchtungsplanung. Dass dies nur bedingt gelingt, zeigen unzählige Beispiele. Nicht immer lag und liegt dies an der mangelnden Umsetzung des vorhandenen Wissens. Gerade bei neuen Produkten reicht einfach das Wissen über das Phänomen der Blendung nicht aus.

Dies ist z. Z. bei der Umsetzung neuer Projekte mit LED in der Straßenbeleuchtung immer wieder erlebbar. Anwohner äußern: „Diese Leuchten blenden aber.“ Politiker und Stadtplaner sagen: „Die LED-Leuchten sind schön, aber sie blenden. Können wir diese nicht dunkler machen?“

Was ist der Grund dieses Erlebens? Analysiert man die Leuchtdichteverteilung einer LED-Leuchte mit einer Leuchte, welche eine konventionelle Natriumdampfhochdrucklampe enthält, so fallen zwei wesentliche Unterschiede auf:

- ♦ die Leuchtdichteverteilung bei der LED-Leuchte
- ♦ ist deutlich inhomogener
- ♦ weist sehr helle Einzelpeaks auf nahezu dunklem Hintergrund auf
- ♦ ist extrem winkelabhängig;
- ♦ das Spektrum und damit
- ♦ die Farbtemperatur und
- ♦ die Farbwiedergabe unterscheiden sich signifikant.
- ♦ Welche Folgen haben diese unterschiedlichen Erscheinungsformen?

Um eine Technologie hinsichtlich ihrer Güte bewerten zu können, werden zunächst Bewertungskriterien aufgestellt. Um möglichst frühzeitig die Güte eines Produktes beeinflussen zu können, benötigt der Lichtplaner Modelle, in welche diese Kriterien eingehen. Die Modellerstellung erfolgt dabei anhand empirischer Versuche mit der vorhandenen Technik. Diese Herangehensweise hat den gravierenden Nachteil, dass jede Technologieänderung die Modellbildung infrage stellt. Besser wäre daher eine Modellbildung basierend auf den fotometrisch relevanten Eingangsdaten und neurologisch interpretierbarer Ausgangsdaten (Gehirnströme, deren Wirkung bekannt ist). Im Falle der Blendung erweist sich dieser Weg aber als nicht durchführbar, da noch immer zu wenig Wissen über neurologische Mechanismen hinsichtlich der Blendung bekannt sind.

Es bleibt daher nur der empirische Versuch, unser Wissen über das Phänomen der Blendung weiter zu vervollständigen. Ergänzend hierzu hilft eine Analyse der unzähligen Publikationen. Der vorliegende Beitrag zeichnet verschiedene Lösungsmöglichkeiten nach und diskutiert deren Vor- und Nachteile.

EU-Normung auf dem Gebiet der Straßenbeleuchtung

Hon.-Prof. Dipl.-Ing. Axel Stockmar | University of Applied Sciences and Arts Hannover

Das CEN-Regelwerk zur Straßenbeleuchtung (2003) besteht aus dem technischen Bericht CR 13201-1 Teil 1: „Auswahl der Beleuchtungsklassen“ und aus den Normteilen EN 13201-2 Teil 2: „Gütemerkmale“, EN 13201-3 Teil 3: „Berechnung der Gütemerkmale“ und EN 13201-4 Teil 4: „Methoden zur Messung der Gütemerkmale von Straßenbeleuchtungsanlagen“. Während die Teile 2, 3 und 4 in den Mitgliedsländern der EU den CEN Regeln entsprechend in nationale Normen überführt worden sind, haben in einigen Ländern Abschnitte des technischen Berichts CR 13201-1 teilweise oder vollständig Eingang in nationale Empfehlungen oder Standards gefunden, in anderen Ländern, so auch in Deutschland, ist der technische Bericht in eine nationale Norm – hier in DIN 13201-1 – umgewandelt worden.

Im Rahmen der turnusmäßigen Überprüfung/Überarbeitung dieser Regelwerke wird zurzeit zusätzlich ein fünfter Teil erarbeitet mit dem vorläufigen Titel „Energieeffizienzindikatoren“. Insgesamt soll bei der Überarbeitung dem in der CIE Publikation 115:2010 „Beleuchtung von Straßen für Fußgänger und motorisierten Verkehr“ beschriebenen Konzept der adaptiven Beleuchtung besondere Beachtung geschenkt werden.

Ziel der Überarbeitung des Teils 1 war es, die bei der Auswahl der Beleuchtungsklassen heranzuziehenden Parameter zum einen zu vereinfachen und zum anderen deren Wahlmöglichkeiten dergestalt auszuweiten, dass die realen Bedingungen besser abgebildet werden können. Dabei sollten sich im Ergebnis dieselben Beleuchtungsklassen wie bisher einstellen. Der nunmehr zur Veröffentlichung anstehende Bericht ist allerdings nicht so gestaltet worden, dass er sich in eine nationale Norm überführen ließe. Eine Entscheidung über das weitere Vorgehen steht noch aus.

Die im Teil 2 definierten Beleuchtungsklassen sollen in ihrer Struktur im Wesentlichen unverändert bleiben. Das Gütemerkmal ‚Umgebungsbeleuchtungsstärke-Verhältnis‘ (Surround Ratio SR) wird durch das ‚Randbeleuchtungsstärke-Verhältnis‘ (Edge Illuminance Ratio EIR) abgelöst.

Die Überarbeitung des Teils 3 zur Berechnung der Gütemerkmale ist weitestgehend abgeschlossen. Hier wird nunmehr von einem vereinheitlichten linearen Interpolationsverfahren (für I- und für r-Tabellen) ausgegangen. Einige Konventionen, zum Beispiel zur Ermittlung der Schleierleuchtdichten, wurden ergänzt und präzisiert.

Der Überarbeitungsbedarf des Teils 4 wird einerseits als gering erachtet, andererseits ergeben sich durch den Einsatz von in der Publikation CIE 194:2011 beschriebenen dynamischen Systemen neue Möglichkeiten und Grenzen der Beleuchtungsmessung. Hier erscheint die Diskussion bei weitem als noch nicht abgeschlossen.

Im Mittelpunkt der Betrachtung von Kennzahlen zur Energieeffizienz im neuen Teil 5 steht der Vergleich verschiedener Beleuchtungssysteme für ein und dieselbe Anlage (für eine gegebene Beleuchtungsklasse unter der Annahme, dass alle Gütemerkmale erfüllt werden). Hierzu eignen sich grundsätzlich viele denkbare Kennzahlen/Indikatoren soweit sie die Anschlussleistung und den Energieverbrauch erfassen. Im derzeitigen Entwurf werden als Kennzahlen die auf die Fläche bezogene Anschlussleistung (als Anschlussleistungsdichte in W/m^2) und der jährliche elektrische Energieverbrauch (in kWh/m^2) herangezogen. Daneben wird als Kennzahl die der Lampenlichtausbeute (in lm/W) nachempfundene Installationslichtausbeute (ebenfalls in lm/W) oder die Installationseffizienz (als Verhältnis des für die Beleuchtungsaufgabe normativ mindestens benötigten oder wirksamen Lichtstroms zum Lampen-Nennlichtstrom in der Anlage) diskutiert.

Abstracts

ZVEI-LED-Nomenklaturleitfaden – Planungssicherheit in der LED-Beleuchtung

Jörg Minnerup, TRILUX GmbH & Co. KG

Der Markt der LED-Anwendungen wächst schnell. Eine große Zahl neuer und beleuchtungs-technologiefremder Marktteilnehmer gibt bis heute Produkte in den Markt, die ihren technischen Aussagen nicht entsprechen und deshalb sogar zu einer Verunsicherung führen. Zur weiteren Verbreitung und Akzeptanz der LED-Technologie sind daher einheitliche Definitionen und Bewertungsverfahren notwendig, damit Aussagen relativiert und anwendungsorientiert verglichen werden können.

Alle Beteiligten – Hersteller, Beleuchtungsplaner und Designer, Beschaffer und Nutzer – müssen wissen, was mit welchen technischen Daten gemeint ist und was in einer speziellen Anwendung erwartet werden kann. Daher ist es absolut wichtig, einen einheitlichen Satz von standardisierten bzw. genormten und damit vergleichbaren Qualitätskriterien bei der Beurteilung technischer Aussagen zu verwenden.

Dies trifft insbesondere auch auf die Definitionen der Lichtausbeute von LED-Leuchten sowie deren Lebensdauerangaben und den daraus ableitbaren Planungshinweisen bezüglich Wartungsfaktoren zu. Gerade in diesen Bereichen gibt es bis heute teilweise „abenteuerliche“ Angaben im Markt.

Der in diesem Beitrag vorgestellte Leitfaden hat zum Ziel, durch die Formulierung notwendiger Begriffe und die Beschreibung der Messverfahren den Marktpartnern eine einheitliche Sprachregelung und Ausrichtung der verwendeten Parameter an die Hand zu geben.

Zusätzlich zu den Informationen des Leitfadens wird der Vortrag praktische Hinweise zur Ermittlung der Wartungsfaktoren für LED-Leuchten beinhalten.

Bemessungslebensdauer Kennwerte Lx By		Betriebsdauer in 1000 h																						
		1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
L80	50.000 h	LLMF	1,00	0,99	0,97	0,96	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88	0,87	0,85	0,84	0,82	0,81	0,79	0,78	0,76	0,75	0,73	0,72	0,70	
B10		LSF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	
L80	100.000 h	LLMF	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86	0,85	
B10		LSF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
L80	50.000 h	LLMF	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60	
B50		LSF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	
L80	100.000 h	LLMF	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	
B50		LSF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	
L70	50.000 h	LLMF	0,99	0,97	0,95	0,92	0,90	0,87	0,84	0,82	0,79	0,77	0,74	0,71	0,69	0,66	0,64	0,61	0,58	0,56	0,53	0,51	0,48	
B10		LSF	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	
L70	100.000 h	LLMF	1,00	0,99	0,97	0,96	0,95	0,94	0,92	0,91	0,90	0,88	0,87	0,86	0,84	0,83	0,82	0,81	0,79	0,78	0,77	0,75	0,74	
B10		LSF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	
L70	50.000 h	LLMF	0,99	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,70	0,67	0,64	0,61	0,58	0,55	0,52	0,49	0,46	0,43	0,40	
B50		LSF	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	
L70	100.000 h	LLMF	1,00	0,99	0,97	0,96	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88	0,87	0,85	0,84	0,82	0,81	0,79	0,78	0,76	0,75	0,73	0,72	0,70	
B50		LSF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	
L70	35.000 h (z. B. Retrofit)	LLMF	0,99	0,96	0,91	0,87	0,83	0,79	0,74	0,70	0,66	0,61	0,57	0,53	0,49	0,44	0,40	0,36	0,31	0,27	0,23	0,19	0,14	
B50		LSF	1	1	1	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,94	0,9	0,86	0,82	0,77	0,72	0,67	0,62	0,57	0,52	0,47	0,42	0,37	0,30
L50	50.000 h	LLMF	0,99	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,00	
B50	(z. B. Retrofit)	LSF	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,95	0,90	0,80	0,60	0,40	0,20	0,00
L50	100.000 h	LLMF	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88	0,85	0,83	0,80	0,78	0,75	0,73	0,70	0,68	0,65	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53	0,50	
B50		LSF	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	
L50	35.000 h	LLMF	0,99	0,93	0,86	0,79	0,71	0,64	0,57	0,50	0,43	0,36	0,29	0,21	0,14	0,07	0,00							
B50	(z. B. Retrofit)	LSF	1	1	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,35	0,20	0,00							

Tabelle: LED-Wartungsfaktoren für LED-Leuchten. Dargestellt werden der Lichtstromrückgang (LLMF) und der Totalausfall (LSF) von LED-Leuchten. Die Verschmutzung von Leuchten, Raum oder Oberflächen sind hierbei noch nicht berücksichtigt. Diese Angaben dienen als Planungshilfe. Aus ihnen lassen sich keine Garantie- oder Gewährleistungsansprüche für Produkte ableiten. Quelle: TRILUX-Akademie

Notizen

Die neue LiTG-Schrift:

Handlungsempfehlungen: LED-Außenbeleuchtung – Ein Werkzeug für Kommunen

Dr.-Ing. Mehmet Yeni | Swarco V.S.M. GmbH

Motiviert durch die Entwicklungen in der LED-Technik in der Straßenbeleuchtung sowie dem im Jahre 2015 eintretenden sog. „Verbot von HQL-Lampen“ ist in den letzten Jahren eine zunehmende Erneuerungstendenz von Leuchten in Außenbeleuchtungsanlagen zu beobachten. Hierzu haben auch die Fördermaßnahmen des Bundes und einzelner Länder beigetragen. Bei der Beurteilung von einzusetzenden LED- und konventionellen Leuchten sind die kommunalen Mitarbeiter sowie Betreiber von Außenbeleuchtungsanlagen jedoch vielfach fachlich überfordert, weil neben eingehenden Bestandsinformationen ausreichende Entscheidungshilfen über Produkteigenschaften, wirtschaftliche und haushälterische Auswirkungen von Erneuerungsmaßnahmen sowie weitere langfristig zu betrachtende Aspekte fehlen.

Das vorrangige Ziel der vorgestellten LiTG-Schrift ist, diesen Entscheidungsträgern ein Werkzeug zur Verfügung zu stellen, das in allgemeinverständlicher Sprache wesentliche Inhalte zu Licht- und Straßenbeleuchtungstechnik, technischen und wirtschaftlichen Auswahlkriterien bei der Auswahl neuer Techniken näher bringt. Dabei sollen neben LED-Leuchten auch konventionelle Leuchten betrachtet werden.

Die Schrift bringt in einer kurzen Einführung die lichttechnischen, farbmetrischen und energetischen Güte-merkmale als Werkzeuge zur Beurteilung von Straßenbeleuchtungsanlagen näher. Anschließend werden die technischen Bestandteile von Außenbeleuchtungsanlagen sowie der Aufbau von LED-Leuchten kurz und bündig zusammengefasst. Aufbauend auf diesen Abschnitt werden die bei der kritischen Auswahl von Außenleuchten zu berücksichtigenden technischen Eigenschaften von Leuchten wie Effizienzkennzahlen, Lichtfarbe, Farbwiedergabe, Lichtverteilung sowie wesentliche Merkmale zu Steuerungs- und Wartungseigenschaften vorgestellt. Neben diesem inhaltlichen Schwerpunkt werden Hinweise zur Beurteilung von Herstellern, ihrer Garantieaussagen z. B. zum Lichtstromrückgang, Ausfallraten sowie den Gewährleistungsinhalten geliefert. Das abschließende Kapitel behandelt die wirtschaftlichen Fragestellungen von Erneuerungsvorhaben in der Außenbeleuchtung. Hierbei werden Investitions- und Fördermöglichkeiten aufgezeigt und haushälterische Auswirkungen von Modernisierungsmaßnahmen erläutert.

Technologischer Stand von LED-Straßenleuchten in den USA und Deutschland

Prof. Dr. -Ing.habil. Tran Quoc Khanh | TU Darmstadt, Fachgebiet Lichttechnik

Um den technologischen Stand der LED-Straßenleuchten zu ermitteln, müssen sehr viele Leuchten repräsentativ, systematisch und sorgfältig gemessen und analysiert werden. Dazu müssen zunächst die Messgenauigkeit und die Fähigkeit der Messlabore nachgewiesen werden.

Bei der Ermittlung gehen die Messlabore auf die folgenden Parameter ein:

- ◆ Lichtausbeute und Lichtstrom (Lichtstrom-Klassen)
- ◆ Elektrische Leistungen, $\cos \varphi$
- ◆ Ähnlichste Farbtemperaturen

Eine Analyse der Lichtstärkeverteilungen sprengt den Rahmen der Arbeit und ist nicht Gegenstand der beabsichtigten Ausführung.

Die Entwicklungen der LED-Straßenleuchten in Amerika und Deutschland führen in der Spitzengruppe zu den gleichen photometrischen Werten (Stand im Jahr 2013 etwa um 110 lm/W System-Lichtausbeute). Tendenziell ist eine Farbtemperatur von ca. 4000 Kelvin in Deutschland bevorzugt, wogegen die Farbtemperatur um 5000 Kelvin in den USA häufiger verwendet wird. Diese momentane Aufnahme sollte aber nicht verallgemeinert werden und informativ bleiben.

Einfluss der lichttechnischen Tunneleigenschaften auf die augenphysiologische Wahrnehmung während der Fahrt

Dipl.-Ing. Stefan Thiel | selbständiger Berater

Prof.-Dr.-Ing. Tran Quoc Khanh | TU Darmstadt, Fachgebiet Lichttechnik

Die Beleuchtung von Straßentunneln stellt in der Lichttechnik eine Nischenanwendung dar, deren physiologische Anforderungen weder in Normen noch in den darauf aufbauenden technischen Richtlinien und Verordnungen geeignet umgesetzt sind. Dieser Umstand tritt in den letzten Jahren bei Tunnelplanern, -ausstattern, -betreibern und insbesondere bei den technischen Gutachtern immer deutlicher Zutage. Das Thema gewinnt an Bedeutung, da im Rahmen der breit angelegten staatlichen Straßenbau-Programme in den kommenden Jahren in Deutschland eine ganze Reihe neuer Straßentunnel errichtet werden. Zusätzlich sind mit der LED-Technik neue Beleuchtungsoptionen entstanden, die zur konventionellen Lichttechnik in nahezu allen Gütekriterien konkurrenzfähig sind. In diesem Umfeld wurden bereits in den letzten Jahren vereinzelt Pilotprojekte gestartet, in denen LED-Leuchten in Straßentunneln zum Einsatz gebracht wurden. Diese mögen zwar für Leuchtenhersteller, Bauherren und Generalunternehmer einen Effekt hinsichtlich der Außendarstellung gehabt haben, sie täuschen durch ihre mediale Präsenz aber darüber hinweg, dass es in diesem Bereich an einer fachlich fundierten Basis fehlt, um die Güte und Nachhaltigkeit der entsprechender Beleuchtungslösungen zu gewährleisten.

Das Fachgebiet Lichttechnik der TU Darmstadt unterstützt seit einigen Jahren Hessen Mobil, die hessische Landesbehörde für Straßen- und Verkehrsmanagement, durch lichttechnische Gutachten im Rahmen von Tunnelneubau- und modernisierungsprojekten und bei der Bewertung von Bestandsanlagen. Im ersten Teil des Vortrages werden die Normen, Richtlinien und Bestimmungen zur Tunnelbeleuchtung kritisch betrachtet. Im Anschluss daran wird anhand ausgewählter Beispiele aus der Praxis gezeigt, welchen Herausforderungen die einzelnen Beteiligten im Laufe von Tunnelbeleuchtungsprojekten gegenüberstehen und wie einzelne Aspekte Einfluss auf das Beleuchtungsergebnis haben können. Der zweite Teil des Vortrages stellt am Beispiel eines konkreten Tunnels den aktuellen Stand der lichttechnischen Bedingungen dar und zeigt die Potenziale auf, die bei der Umrüstung auf eine geeignete LED-Beleuchtung bestehen. Da aus Sicht des Betreibers, nach der Sicherheit des Tunnels, die Kosten für den Unterhalt eine wichtige Rolle spielen, werden diese Aufwendungen anhand realer Langzeit-Betriebs- und Wartungsdaten detailliert dargestellt und in Bezug zu den Investitionskosten gesetzt. Darauf aufbauend kann die Amortisationsrechnung dann zeigen, welche Hürden die LED-Beleuchtung überwinden muss, um für den Bauherren als eine wirtschaftlich- und ökologisch sinnvolle Lösung gesehen zu werden.

Auf Seiten vieler Projektakteure besteht z. T. große Ablehnung gegenüber der Einführung der LED-Technik in die Tunnelbeleuchtung. Dies scheint vor allem durch finanzielle und verwaltungstechnische Gründe motiviert zu sein. Zudem sind Bauherren und Betreiber durch aktuelle Lebensdaueruntersuchungen an LED-Leuchten in der Straßenbeleuchtung verunsichert. Die jetzige Phase stellt aber auch eine Chance dar, die lichttechnischen Konzepte zu überdenken und neue Erkenntnisse z. B. aus der Erforschung der visuellen Wahrnehmung in Normen und Richtlinien einfließen zu lassen. Dieser Schritt ist aus den oben benannten Gründen essentiell, da so Restriktionen überwunden werden können, die aufgrund der technischen Möglichkeiten die Normvorgaben seinerzeit wesentlich beeinflusst haben und nun Hürden für die Einführung neuer Techniken darstellen. Deshalb werden als Abschluss des Vortrages die durch die praktischen Erfahrungen motivierten lichttechnischen Forschungsthemen benannt und mögliche Projekte in diesem Forschungsfeld skizziert.

Ist es zweckmäßig, eine zusätzliche Lichtstärkeverteilung für nasse Straßen einzuführen?

Dipl.-Ing. Andreas Walkling | TU Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik

Univ.-Prof. Dr. sc. nat. Christoph Schierz | TU Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik

Regen tritt häufig in Mitteleuropa auf. In Deutschland kann man von wenigstens 100 bis 120 Regentagen pro Jahr ausgehen (sogar bis zu 266 Regentage im Jahr 2004 in Halle/Saale). Auf regennasser Straße verändert sich deutlich das Reflexionsverhalten und damit die Leuchtdichteverteilung. Der dadurch auftretende Sichtbarkeitsverlust erhöht das Unfallrisiko bei Nacht. Eine Untersuchung im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen über den Einfluss der Witterung auf das Unfallgeschehen zeigte, dass bei nasser Straße die Unfallzahlen ca. 19 % höher sind als bei trockener Straße.

Aus Gründen der Verkehrssicherheit sind für trockene und nasse Straßen deshalb gleichbleibende Sichtbarkeitsbedingungen zu fordern. Das ist mit herkömmlicher Straßenbeleuchtung in Deutschland aber nicht erfüllbar, weil sie lediglich für trockene Straßen ausgelegt wird. In der Regel führt das auf nasser Straße zu einer Unterschreitung der nach DIN EN 13201-2 geforderten Gesamtgleichmäßigkeit der Leuchtdichte $U_{0,nass}$ von 0,15. Zudem entstehen Reflexionsbilder von Leuchten auf der Straße, die Reflexblendung verursachen und die Sichtbarkeit weiter verschlechtern können.¹

Die kritische Verminderung der Gesamtgleichmäßigkeit auf nasser Straße kann mit Leuchten verhindert werden, deren Lichtstärkeverteilungskörper (LVK) die Spiegelreflexion zwischen Lichtquelle und Fahrzeugführer reduziert und umgekehrt die Lichtstärke in andere Richtungen vergrößert. Die dadurch besser angepasste Lichtstärkeverteilung unterscheidet sich von einer konventionellen, die ausschließlich für die trockene Bedingung leuchtdichteoptimiert ist.²

In einer eigenen Feldstudie mit Teststraße und Versuchspersonenkollektiv wurde die Sichtbarkeit auf nasser Straße in Abhängigkeit der Gesamtgleichmäßigkeit untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass bei zunehmender Gesamtgleichmäßigkeit $U_{0,nass}$ die Sichtbarkeit von Hindernissen im Durchschnitt ansteigt. Es ist daher empfehlenswert, die normative Gesamtgleichmäßigkeit $U_{0,nass}$ von 0,15 bei der Auslegung von Straßenbeleuchtungsanlagen ebenso zu berücksichtigen, um eine zu starke Verschlechterung der Sichtbarkeit bei nasser Straße zu verhindern.

Mit einer 1-LVK-Beleuchtung wäre das normalerweise nur erzielbar, wenn der Lichtpunktabstand verkleinert wird. Das verursacht aber einen Effizienzverlust. Hingegen müsste der Lichtpunktabstand einer 2-LVK-Beleuchtung (bestehend aus einer LVK für die trockene und einer zweiten LVK für die nasse Straße) nicht verkürzt werden. Energie würde zusätzlich eingespart werden, weil im Regenmodus die Nass-LVK mit einem reduzierten Lichtstrom verwendet wird.

Fazit: Aufgrund des Effizienzgewinns und der verbesserten Sichtbarkeit ist es zweckmäßig, Straßenleuchten auf Basis einer 2-LVK-Beleuchtung – mit zusätzlicher Lichtstärkeverteilung und Lichtstromreduzierung für nasse Straßen – anzuwenden.

Die dafür erforderliche dynamisch-adaptive Straßenleuchte ist mit LED- und Sensortechnik als technischer Prototyp bereits realisiert worden.³

1 CIE Publikation Nr. 47:1979, Road lighting for wet roads

2 van Bommel, W. J. M.: Optimization of the quality of roadway lighting installations – especially under adverse weather conditions, Journal of IES, January 1976, S. 99

3 Walkling, A. et. al.: Dynamisch-adaptive LED-Pilotleuchte, LICHT9/2012, S. 57

Notizen

Über die Wirkung der Lichtfarbe auf die Objektdetektion im Straßenverkehr unter trockenen und nassen Wetterbedingungen

Dipl.-Ing. Andreas Ueberschaer | TU Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik
Univ.-Prof. Dr. sc. nat. Ch. Schierz | TU Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik

Die Auslegung ortsfester Straßenbeleuchtungsanlagen erfolgt in der Praxis anhand von Kriterien, die in DIN EN 13201 und DIN 13201 normativ erfasst sind. Zu diesen Kriterien zählen u. a. die mittlere Fahrbahnleuchtdichte sowie die Längs- und Gesamtgleichmäßigkeit im Bewertungsfeld. Für die Lichtfarbe existieren hingegen keine eindeutigen Kenngrößen, die normativ bzw. in Empfehlungen geregelt sind. Diese untergeordnete Bedeutung der Lichtfarbe ist auf die technologischen Gegebenheiten der Straßenbeleuchtung zurückzuführen. So wurden bisher Entladungslampen eingesetzt, deren Farbauswahl und Steuerungsmöglichkeit stark eingeschränkt sind. Mittlerweile lässt sich die Lichtfarbe durch den Einsatz LED betriebener Straßenleuchten gezielt variieren. Hierdurch wird die Lichtfarbe zu einem eigenständigen Parameter, den es zu bewerten gilt.

Die Straßenbeleuchtung versteht sich grundlegend als Funktionalbeleuchtung, um die Sehleistung in den Dunkelstunden zu verbessern. Unter diesen vorwiegend mesopischen Sichtbedingungen sind mit den Zapfen und Stäbchen beide Rezeptortypen des Auges am Sehprozess beteiligt. Deren Verhältnis zueinander bestimmt die spektrale Hellempfindlichkeit des Auges. Beeinflusst wird dieses Verhältnis durch das vorherrschende Leuchtdichteniveau sowie die Art der Sehaufgabe und deren Position im Gesichtsfeld. Durch die Variation der Lichtfarbe einer ortsfesten Straßenbeleuchtungsanlage im laufenden Betrieb ist es möglich, die Beleuchtungssituation besser auf den Wahrnehmungsapparat abzustimmen. Ziel dieser Anpassung ist es, eine Verbesserung der Objektdetektion durch eine Reduzierung der Wahrnehmungsschwelle zu erreichen. So ist zu vermuten, dass bei einem vergleichbaren mittleren Leuchtdichteniveau die Wahrnehmungsschwelle umso geringer wird, je besser die Lichtfarbe an die Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges angepasst wird.

Für einen verbesserten Praxisbezug ist neben der trockenen Fahrbahn auch die nasse Fahrbahn zu berücksichtigen. Die mittlere Fahrbahnleuchtdichte erhöht sich auf nasser Straße gegenüber trockenen Bedingungen aufgrund veränderter Reflexionseigenschaften. Aus den hieraus resultierenden Einflüssen auf die spektrale Hellempfindlichkeit des Auges sind wiederum Verschiebungen der Detektionsschwelle zu erwarten.

Vor diesem Hintergrund wurde eine Feldstudie durchgeführt, um den Einfluss der Lichtfarbe auf die Objektdetektion unter trockenen und nassen Wetterbedingungen zu untersuchen. Auf einer Teststraße wurden Sehoobjekte dargeboten, deren Erkennbarkeit von einem Probandenkollektiv bewertet wurde. Es wurden zwei Lichtfarben (ca. 2000 K und 5000 K) bei jeweils zwei verschiedenen mittleren Fahrbahnleuchtdichten auf trockener und nasser Fahrbahn untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Lichtfarbe zu Unterschieden in der Objektdetektion führt. Allerdings zeigte sich dabei auch, dass die Höhe des Einflusses abhängig ist von der Position des Beobachters, insbesondere bei nasser Fahrbahn, und der Objektposition im Bewertungsfeld. Tendenziell wird bei kaltweißer Beleuchtung eine bessere Sichtbarkeit auf nasser Straße erzielt.

Reflexionseigenschaften von Fahrbahnoberflächen – Leuchtdichtekalkulation kleiner Flächen

Christoph Schulze | TU Dresden, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr

Im Rahmen der Leuchtdichtetechnik in der Straßenbeleuchtung sind Berechnungen der Güteermale auf die Kenntnis der Reflexionseigenschaften der Straßenoberfläche angewiesen (z. B. ME/MEW-Klassen gemäß EN 13201-2 und Tunnelbeleuchtungsanlagen nach DIN 67524). Das Reflexionsverhalten der Straßenoberflächen wird dabei in tabellierter Form als reduzierte Leuchtdichtekoeffizienten (r -Tabellen) berücksichtigt. Diese finden überwiegend als Standard- r -Tabellen Anwendung (z. B. R1 bis R4 oder C1/C2), deren Passung zu einer vorliegenden Oberfläche anhand des Spiegelfaktors S_1 (Auswahl der ähnlichsten Standard- r -Tabelle) und des mittleren Leuchtdichtekoeffizienten q_0 (Skalierung der Standard- r -Tabelle anhand eines „Generalfaktors“ mittleren Reflexionsverhaltens) hergestellt wird. Die dabei als „angepasste Standard- r -Tabelle“ erzeugte Reflexionscharakteristik weicht von dem tatsächlichen Reflexionsverhalten von Straßenoberflächen in unterschiedlichem Maße ab. Abweichungen in den r -Werten bedingen in selbem Umfang Abweichungen in den damit kalkulierten Leuchtdichten.

Güteermale, die sich auf die Mittelung über größere leuchtdichtekalkulierte Flächen beziehen (z.B. mittlere Leuchtdichte oder Blendung anhand TI) weisen geringere Abhängigkeiten von diesen Abweichungen auf, da sich Bereiche mit Über- und Unterschätzung eher ausgleichen können. Gütekriterien, die auf kleinflächige Leuchtdichtekalkulationen bezogen sind (z. B. Längs- und Gesamtgleichmäßigkeit, Kontrastsichtbarkeit anhand Visibility Level usw.) zeigen jedoch erhebliche Abhängigkeiten von Unsicherheiten in der Leuchtdichteberechnung.

Der Beitrag quantifiziert die durch näherungsbedingte Abweichungen im Reflexionsverhalten verursachten Unsicherheiten bei der Leuchtdichtekalkulation kleiner Flächen. So zeigt sich etwa, dass bei Verwendung der R -Tabellen (R1–R4) geringere Abweichungen als bei Verwendung der C -Tabellen (C1/C2) zu beobachten sind. Die bei praktischen Straßenoberflächen auftretenden Abweichungen werden beschrieben und faktorenanalytisch systematisiert. Abschließend werden die Aussichten zusätzlicher Anpassungsfaktoren für Standard- r -Tabellen hinsichtlich Aufwand und inhaltlichem Gewinn diskutiert. Die Grundlage der Betrachtungen stellen 112 individuell vermessene r -Tabellen dar (Klassen R1 bis R4 und q_0 im Bereich $0,03 \dots 0,11 \text{ cd}/(\text{m}^2 \cdot \text{lx})$), die den Bereich praktischer Straßenoberflächen überwiegend abdecken.

Technisches Risikomanagement zur Optimierung von LED-Leuchten im PQL-Forschungsprojekt

**Dipl. Ing. (FH) Michael Schneider, Prof. Dr.-Ing. Eva Schwenzfeier-Hellkamp,
Dipl. Ing. (FH) Daniel Werner | Fachhochschule Bielefeld**

Im Rahmen des BMWi-Forschungsprojekts „Grundlagen der Normung für ein Performance Quality Label (PQL) für LED-Leuchten“ erforscht die Fachhochschule Bielefeld das technische Risikomanagement (RM) für LED-Leuchten. Ziel der Untersuchung ist die Erstellung einer Fehler- und Schadensdatenbank, in der potentielle Fehler und deren Ursachen gesammelt und bewertet werden, um den Leuchtenherstellern ein Optimierungsinstrument zur Verfügung zu stellen. Mithilfe dieses Vorgehens sollen die im Forschungsprojekt beteiligten Unternehmen aus der Leuchtenindustrie (13 Unternehmen in einem „Projektbegleitenden Ausschuss“) voneinander lernen und ihr Know-how austauschen, um die Qualität der inländischen LED-Leuchten zu steigern und den Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil gegenüber ausländischen Produkten zu verschaffen.

Die Motivation für das RM liegt in den schnellen Innovationszyklen der LED-Technologie, die die Leuchtenhersteller vor große Herausforderungen stellt. In sehr kurzen Abständen werden neue Produkte mit unbekanntem Risiken entwickelt. So lassen sich z.B. aufgrund mangelnder Erfahrungswerte nur Abschätzungen über die Lebensdauer treffen. Weitere potentielle Fehler können beispielsweise in der chemischen Verträglichkeit der LED und Stoffen aus der Umgebung oder im Reflowprozess liegen.

Die gewonnenen potentiellen Fehler werden in einer Fehler- und Schadensdatenbank in Form einer FMEA (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse) gesammelt. Dieses Verfahren zählt zu den meist verbreitetsten QM-Verfahren in produzierenden Unternehmen [ZEN11]. So ist die FMEA z.B. in den Bereichen Medizintechnik, Automobiltechnik und Kerntechnik etabliert und fester Bestandteil des Entwicklungsprozesses. Zudem wird sie in vielen Normen vorgeschlagen bzw. verlangt [DGG12].

Während beim klassischen Ansatz die FMEA in der Produktplanung eingesetzt wird, wird im PQL-Forschungsprojekt ein anderer Ansatz gewählt. Da mit bestehenden Produkten begonnen werden sollte, wurde zunächst ein Basis-Datensatz mit potentiellen Fehlern, Fehlerfolgen und deren Ursachen an dem dazugehörigen Fehlerort eingespeist. Der Input hierfür kam sowohl aus der Fachliteratur, von Fachtagungen als auch von LED-Herstellern selbst. Das Risiko dieses Basisdatensatzes soll nun von den LED-Leuchtenherstellern bewertet werden. Zur ersten Bewertung wird die Risikoprioritätszahl (RPZ) der FMEA verwendet. Die RPZ besteht aus dem Produkt der Bedeutung der Fehlerfolge, der Auftretenswahrscheinlichkeit und der Entdeckungswahrscheinlichkeit der Fehlerursache. In einem zweiten Schritt werden die Auftretenswahrscheinlichkeit und die Bedeutung anhand eines Risikographen analysiert und bewertet.

Aufgrund der durch das jeweilige Unternehmen individuell durchgeführten Bewertung erkennt das Unternehmen, welche Fehler am risikoreichsten für das jeweilige Produkt sind und in welcher Reihenfolge Maßnahmen zu ergreifen sind. Zudem ist ein Vergleich mit den anderen Herstellern anonym möglich.

Die gewonnenen Erkenntnisse können zukünftig bei neuentwickelten Produkten bereits in der Produktplanung einfließen, um schwerwiegende nachträgliche Fehlerbeseitigungskosten zu vermeiden. Darüber hinaus können die aktuellen Produkte verbessert und die Produktionsprozesse optimiert werden. Zudem dient die Datenbank der Dokumentation der Produktentwicklung und der Schulung neuer Mitarbeiter.

Notizen

Erhöhte Blendung durch LED-Straßenleuchten – Mythos oder Realität?

Mathias Niedling, Stephan Völker, Martine Knoop | Technische Universität Berlin, Fachgebiet Lichttechnik

Im Zuge der Umrüstung ortsfester Straßenbeleuchtung auf die LED-Technik ist die Frage nach der Bewertung der Blendung bis dato nicht hinreichend geklärt. Ob und inwieweit die bauartbedingte Zerlegung der Lichtaustrittsfläche in kleine Lichtpunkte mit sehr hoher Leuchtdichte hierbei berücksichtigt werden muss, soll in dieser Arbeit diskutiert werden. Bisher durchgeführten Studien zu diesem Thema^{1, 2} zeigen einen negativen Einfluss inhomogener Flächen mit höherer Leuchtdichte auf die psychologische Blendung. In beiden Studien wurde feste Geometrien (Darbietungswinkel der Blendquelle, Abstand der LEDs in der Blendquelle) verwendet. Im Anwendungsfall der Straßenbeleuchtung ist dies jedoch ein unrealistisches Szenario. Bewegt sich ein Verkehrsteilnehmer auf einer Straße, so wandert die Leuchte mit sicher verringerndem Abstand zwischen Beobachter und Leuchte zum einen in die Peripherie des Beobachters (größer werdender Winkel zwischen Blendquelle und Sichtachse). Zum anderen verändert sich der Öffnungswinkel Leuchte und damit wahrgenommene Abstand der LEDs in der Leuchte. Es stellt sich die Frage, ob einzelne LEDs' in einer Straßenleuchte bei verschiedenen Entfernungen zwischen beiden Objekten, und somit verschiedenen Winkel der Blendquelle zum Betrachter, überhaupt als getrennte Lichtpunkte wahrgenommen werden können, oder die projizierte Fläche der Leuchte in der Peripherie als eine leuchtende Fläche erscheint.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Forschungsfrage, welche Abstände von Lichtpunkten das Auge noch als getrennt voneinander wahrnehmen kann (Grenzauflösung). Dabei werden verschiedene Leuchtdichten der Lichtpunkte und unterschiedliche Positionen der Darbietung berücksichtigt. Weiterhin wird der Frage nachgegangen, wie homogene und inhomogene Leuchtdichtestrukturen innerhalb dieser Grenzauflösung bewertet werden. Dazu werden verschiedene leuchtende Flächen simuliert und von Probanden bewertet. Die Untersuchung findet unter Laborbedingungen am Fachgebiet Lichttechnik der Technischen Universität Berlin statt. Die Ergebnisse liefern einen wichtigen Beitrag zur Blendungsbewertung von LED-Straßenleuchten.

-
- 1 Tashiro, T., Kimura-Minoda, T., Khoko, S., Ishikawa, T., Ayama, M. 2011. Discomfort glare evaluation to white LEDs with different spatial arrangement. CIE 27th Session, Sun City / South Africa
 - 2 Lee, C-M., Kim, H., Choi, D-S. 2007, A study on the estimation of discomfort glare for LED-luminaires. CIE 26th Session, Beijing / China

Abstracts

Straßenbeleuchtung: Sünden der Vergangenheit – Kosten der Zukunft? Zwischen Stadterlebnis und Verschwendung

Rudi Seibt, Ingenieurgruppe München e.G. VBI/VDI

1. Historie

Die Änderung des Stadtgefühls: Vom Bedürfnis der Selbstdarstellung und der Legitimation von Licht mit „Sicherheit“

2. Technik

Die Normen als stumpfes Schwert für sinnvolle Beleuchtung: Was ist sinnvoll bei Skandinaviern, Italienern und dazwischen.

3. Lebensdauer

Der Widerspruch der Akteure bei Straßenbeleuchtung: Umsatz versus Geldknappheit. 50 Jahre sind genug

4. Mainstream und Beharrungsvermögen

Wie träge darf eine Bauverwaltung sein, wie sind die Kriterien „Zukunftssicherheit“ und „Nachhaltigkeit“ zu sehen?

5. Praxisbeispiel: „München Leuchtet“

Aber für wen? Stadtwerke versus Baureferat, Erschließungsgebiete im Speckgürtel und die „gute Stube“.

Was kostet Lichtplanung wirklich und was muss der Planer wirklich leisten? Gesetzliche Vergütungszwänge und freie Vereinbarungen

Ulf Greiner Mai | ö.b.u.v. SV und Beratender Ingenieur VBI

Seit dem 17.07.2013 gilt eine neue Honorarordnung für Leistungen von Architekten und Ingenieuren, die HOAI 2013. Ohne Verständnis für deren Praxis und Systematik kann Planung für Straßen- und Außenbeleuchtung nicht angemessen bewertet und rechtssicher vergütet werden. Die neue HOAI 2013 enthält dabei keine expliziten Leistungsbilder für „Lichtplaner“.

Die technische Planung von Außenbeleuchtungsanlagen findet sich zuerst in der Fachplanung Elektrotechnik. Auch bei der Planung der Straßenbeleuchtung gehören Licht- und Elektroplanung honorarsystematisch zusammen, können jedoch auch aufgeteilt werden. Das Honorar für die in die Elektroplanung integrierte Lichtplanung bestimmt sich nach den technischen „Lichtkostengruppen“ der DIN 276. „Viel Licht“ und hohe Produktkosten gehen dabei einher mit einem hohen Honorar.

Für „Qualitätsplanungen“ besteht zunächst kein gesetzlicher Honoraranspruch. Aspekte der Lichtgestaltung wirken nach HOAI 2013 lediglich über die Honorarzone der Objektplanung. So partizipiert der Straßenplaner oder der Gebäudeplaner an den Kosten der technischen Lichtplanung, die dieser sonst nur koordiniert und integriert. Wird die Lichtplanung als Teilleistung einer Objekt- oder Fachplanung beauftragt, muss der Lichtplaner sein Honorar regelmäßig mit dem Planer, Ingenieur oder Architekten und / oder dem (Elektro-)Planer „teilen“, der nach HOAI 2013 verbindlich nach anrechenbaren Kosten (DIN276) vergütet werden muß. Ob und inwieweit sich der Lichtplaner dabei auf Lichtplanungssoftware verlassen kann, hängt vom Einzelfall ab. In einigen Projekten kann eine planungs- und baubegleitende Lichtberatung durchaus zielführender und leichter „zu verkaufen“ sein als eine „Lichtplanung nach HOAI“. Lichtberatung ist als Besondere Leistung frei zu vergüten, das kann auch aufwandsbezogen sein. Tritt der Lichtplaner (nur) als Berater der Stadt oder Kommune auf, kann dies zwar im Ergebnis zielführend sein, ist aber tatsächlich auch extrem haftungsintensiv.

Gerade auch bei Außenbeleuchtungsanlagen geht es in der Planungspraxis oft „um die Wurst“ – nicht nur bei der Qualität, sondern auch im Kostenwettbewerb.

Die Systeme „LICHTPLANUNG“ und „LICHTBERATUNG“ werden durch das Gesamtsystem „PLANUNG“ und den Systematiken und Normativen der HOAI mehr geprägt als von Herstellern und nicht unmittelbar betroffenen zumeist wahrgenommen wird. Herstellerberatungen oder Produktplanungen dominieren dort, wo Projekte und Planungen scheinbar normierbar sind. Vielen LED-Anlagen wird das aktuell unterstellt. Diese Krux kann auch die neue HOAI 2013 nicht lösen.

Abstracts

Der schwierige Weg zur sowohl energieeffizienten, als auch wirtschaftlichen Straßenbeleuchtungsanlage

Stephan Unbehau | Stadtverwaltung Erfurt, Tiefbau- und Verkehrsamt, Sachgebiet Straßenbeleuchtung

Der Vortrag soll praktische Einblicke aus Erfahrungen der Stadt Erfurt in die schwierige Aufgabe zur richtigen Auswahl der bestmöglichen Beleuchtung für die Kommune geben.

Dabei werden Themen von der lichttechnischen Planung bis zur Betriebsführung der Straßenbeleuchtung näher erläutert. Bsplw. „Schnittstelle Straßenbegeleitgrün und andere festen/temporären baulichen Hindernisse zur Straßenbeleuchtung und ihre Auswirkungen auf Anlagengeometrie und damit auf Investitions- und Betriebskosten“, „Wirtschaftlicher Sinn von Straßenbelagsaufhellung“, „Leuchtauswahl aus Investitionssicht und Instandhaltungssicht“, „Lichtfarben der Straßenbeleuchtung und ihre Wirkung auf die Bürger“.

Abstracts

Technische Erfahrungen in kommunalen Beleuchtungsprojekten aus Planersicht und Betreibersicht

Hans Jürgen Rathmann | Dipl.-Ing. Lichttechnik

Die öffentliche Beleuchtung in den Kommunen wird getragen von unterschiedlichen Beteiligten. Ausgehend von dem gemeinsamen Interesse eine sichere, funktionierende und Kostengünstige Beleuchtung sichern zu können, werden die Prioritäten auf dem Weg dahin häufig unterschiedlich gesetzt.

Dieser Vortrag soll einige Aspekte von kommunalen Beleuchtungsprojekten in der Planung und im Betrieb in Ihrer Unterschiedlichkeit beleuchten.

LED Straßenbeleuchtung – von der Simulation zum Projekt

Maximilian Herzig | SWAREFLEX GmbH

LED ist die Lichtquelle der Zukunft. Äußerst effizient, langlebig und vielfältig, bietet Sie große Chancen für eine bessere Beleuchtung im urbanen Lebensraum. Die Möglichkeiten, die die präzise Lichtlenkung für LEDs bei der Stadtraumbeleuchtung bietet, werden anhand von ausgeführten Projektbeispielen erläutert. Dabei waren neben der Erfüllung der Normen standortbezogene Rahmenbedingungen sowie die Erhöhung der Effizienz relevant. Die Berücksichtigung der Planungsvorgaben, das Optik-Design, die Herstellung der Optik in Glas und dessen Vorteile, sowie die Gegenüberstellung der theoretischen Simulation im Vorfeld und der Realisierung werden im Fachvortrag erläutert.

Erstes Projektbeispiel

Ein Straßenzug mit bestehender Seilmontage Konstruktion sollte auf LED Technologie umgerüstet werden. Der Fokus lag dabei auf zwei wesentlichen Punkten: Zum einen sollte die Effizienz erhöht werden, um ein Maximum an Energieeinsparung zu ermöglichen. Zum anderen sollte die Qualität der Beleuchtung optimiert werden. D. h. die angeforderten Beleuchtungsklassen mussten erfüllt werden, ohne dabei an die Fassaden der angrenzenden Gebäude und damit in die Fenster zu strahlen. Die Anforderungen konnten in der theoretischen Simulation perfekt erfüllt werden. Die Realisierung dieser komplexen Lichtverteilung erfolgte durch die Kombination zweier Maßnahmen: Eine präzise strahlende Freiformoptik aus Kristallglas formt und lenkt das Licht mit höchstmöglicher Effizienz und ohne unnötige Streuverluste auf die Nutzebene. Je nach Fahrbahnbreite konnten zudem eigens konstruierte Blenden den Cut-Off der Leuchten präzise eingrenzen.

Zweites Projektbeispiel

Werbeplakate mit einer Größe von 13,70 x 5,60 m sollten über die gesamte Fläche gleichmäßig ausgeleuchtet werden. Die Montage der Leuchten sollte dabei an Auslegern oberhalb des Plakates erfolgen. Bei der Simulation zeigte sich eine nahezu perfekte Ausleuchtung der Werbefläche mit einer Gleichmäßigkeit von 1 zu 3. Dafür wurde eine Linse entwickelt, die eine starke Asymmetrie aufweist. In der darauf folgenden Bemusterung wurde ein Thema präsent, das bei breit strahlenden Optiken verstärkt auftritt: Die Strahlen des LED Chips weisen winkelabhängig eine unterschiedliche optische Weglänge durch die Konvertierungsschicht auf, das heißt, Strahlen die normal zur Schicht emittiert werden, haben kürzere Weglängen als jene, die unter großen Winkeln durch die Schicht gehen. Je länger die optische Weglänge, desto besser die Konvertierung und umso gelblicher die Erscheinung. Dieser Effekt wird auch als „Color Over Angle (COA)“ bezeichnet. Dadurch entstanden gelbliche Farbänderer. Eine Reduzierung dieses Effekts konnte durch ein speziell entwickeltes Verfahren realisiert werden, bei dem die Oberfläche der Kristallglasoptik partiell nachbearbeitet wurde. Dadurch konnte die Lichtfarbe über den gesamten Verlauf deutlich homogenisiert werden.

Die Beleuchtung mit Kristallglasoptiken hat neben diesen Möglichkeiten zur Oberflächenveredelung noch weitere relevante Vorteile. Durch ausgereifte Fertigungsprozesse und durch die Verwendung hochreiner Rohstoffe der Swarovski Spezialglaslinsen wird die für sämtliche Anwendungsbereiche erforderliche hohe Präzision und Qualität ermöglicht. Die verwendeten Swarovski Spezialgläser zeichnen sich durch hohe UV-Stabilität aus. Die interne Transmission im visuellen Wellenlängenbereich liegt (bei einer Schichtdicke von 10 mm) bei über 99 %. Aufgrund der großen Härte zeichnen sich die Kristallglasoptiken durch eine enorme Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischem Verschleiß aus. Da die Transformationstemperaturen (T_g) typisch im Bereich

von 400–500 °C liegen, ist die Temperaturbeständigkeit außergewöhnlich hoch. Außerdem weisen die Spezialgläser höchste Resistenz gegenüber Säuren, Alkalien, Phosphaten und klimatischen Einflüssen auf. Damit wird die hohe Transmission auch unter extremen Umweltbedingungen dauerhaft gewährleistet.

Im Unterschied zu gängigen Beleuchtungslösungen im Außenbereich kann durch Verwendung von robusten Kristallglasoptiken gänzlich auf zusätzliche Abdeckscheiben verzichtet werden, was für unsere Beleuchtungssysteme höchst erzielbare Effizienz bedeutet.

Besondere Aspekte des Blitzschutzes bei LED-Leuchten

Andreas Wallner | LEUTRON GmbH

Im Zeitalter der Reduzierung des Energieverbrauchs werden zunehmend innovative Technologien auch bei Lichtquellen eingesetzt. Nicht nur in Privathaushalten verzichten wir auf traditionelle Leuchtmittel wie die Glühbirne. Auch Leuchtmittel für öffentliche Straßen werden nach Kosten/Leistungs-Prämissen geplant und eingesetzt.

LED-Beleuchtungen versprechen neben der kostengünstigen und qualitativ hochwertigen Ausleuchtung eine lange Lebensdauer. Trotz dieser Vorteile gibt es eine entscheidende Schwäche: Die Empfindlichkeit bei Überspannung, Blitzeinschlag und Schalthandlungen. Aufgrund der räumlich verteilten und höher gelegenen Lage, sind LED-Beleuchtungssysteme übermäßig oft induzierten Überspannungen und direkten Blitzeinschlägen ausgesetzt. Dies kann zu einer Minderung der Lichtstärke oder zu einem Totalausfall führen.

Welche Technologien sind geeignet um gefährliche Überspannungen gefahrlos abzuleiten und materiellen Schaden zu verhindern? Physikalische Gesetze speziell aus der Hochfrequenztechnik müssen hier berücksichtigt werden. Gewaltige Energien, extrem kurze Zeiten, empfindliche Elektronik: Eine Mischung die eine Herausforderung darstellt. Zeitgemäße Überspannungsableiter sind in der Lage innerhalb von μ -Sekunden zu reagieren und mehrere tausend Volt zu beherrschen.

Bei der Planung von wirksamen Maßnahmen zum Schutz vor Überspannungen bei LED-Außenbeleuchtung müssen neben der Auswahl geeigneter Überspannungsableiter auch deren richtiger Einbauort und Aspekte der Kabelverlegung betrachtet werden. Der Überspannungsschutz erfolgt koordiniert in mehreren Stufen von der Hauptzuleitung ausgehend bis zum Anschlussraum im Mast. Ein dort installierter Überspannungs- Feinschutz Typ 3 ist die letzte Stufe zum Schutz des LED-Leuchtmittels. Eine Parallelverlegung von geschützten und ungeschützten Leitungen ist zu vermeiden.

Zusammenfassend ist festzustellen:

Durch die in der DIN VDE 0185-305 empfohlenen Maßnahmen (die hier nur zum Teil aufgeführt werden konnten) sollen die im Überspannungsfall auftretenden Energien schnellstmöglich abgeleitet werden und Potentialunterschiede vermieden werden. LED Außenleuchten sind empfindlicher als konventionelle Beleuchtungssysteme. Eine sorgfältige Planung des Überspannungsschutzes bei deren Einsatz ist deshalb sehr wichtig.

Ausstellerliste

ATON LICHTTECHNIK GmbH	www.aton-lichttechnik.com
GEWISS Deutschland GmbH	www.gewiss.de
H A H N – L I C H T	www.hahnlichtberlin.de
Hoffmeister Leuchten GmbH	www.hoffmeister.de
Nordeon GmbH	www.nordeon.com
Schröder GmbH	www.schreder.de
sixData GmbH	www.sixdata.de
SPITTLER Lichttechnik GmbH	www.spittler.de
SphereOptics GmbH	www.sphereoptics.de
swb Beleuchtung GmbH	www.swb-beleuchtung.de
TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH	www.technoteam.de
THORN Licht GmbH	www.thornlighting.de
Wieland Electric GmbH	www.wieland-electric.com
Vossloh-Schwabe Deutschland GmbH	www.vossloh-schwabe.com





swb Beleuchtung GmbH

» Ingenieursdienstleister mit langjährigen Kenntnissen in der Fachplanung sowie dem Betrieb und der Instandhaltung von städtischen Beleuchtungsanlagen.

www.swb-beleuchtung.de



TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH

» Bildauflösende Licht- und Farbmessetechnik, Nahfeldgoniophotometer, Mess- und -prüftechnik für die Produktion lichttechnischer Baugruppen

www.TechnoTeam.de



WBA | BAUHAUS WEITERBILDUNGSKADEMIE WEIMAR E.V.
INSTITUT AN DER BAUHAUS-UNIVERSITÄT WEIMAR

Die **BAUHAUS WEITERBILDUNGSKADEMIE WEIMAR e.V.** ist ein Institut an der Bauhaus-Universität Weimar, das seit 1995 weiterbildende Studien und Fachseminare für Architekten, Ingenieure und verwandte Berufsgruppen auf universitärem Niveau entwickelt und anbietet.

Zudem organisieren wir Tagungen und Kongresse, sowohl in Kooperation mit der Bauhaus-Universität Weimar als auch mit externen Partnern aus Industrie und Wirtschaft.

Unser Anspruch ist die Förderung der wissenschaftlichen Aus- und Weiterbildung für ein praxisnahes lebenslanges Lernen.

KONTAKT

WBA | Bauhaus Weiterbildungsakademie Weimar e.V.
Coudraystraße 13A
99423 Weimar
Telefon: 03643-58 24 37
eMail: info@wba-weimar.de

Detaillierte Informationen und Referenzen zu unseren Bildungsangeboten, aktuelle Seminare und Tagungen finden sie unter

www.wba-weimar.de

WEITERBILDENDE STUDIEN

KURSE UND SEMINARE

TAGUNGEN UND KONGRESSE

ARCHITEKTURZEIT Reisen