

# JAHRESBERICHT 2013

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Lichttechnik





Die Schriftenreihe des Fachgebietes Lichttechnik wird herausgegeben von:  
Prof. Dr. Stephan Völker  
Heike Schumacher

Die Schriftenreihe des Fachgebietes Lichttechnik wurde mit dem Jahresbericht 2012 begonnen. Hierüber werden die Dissertationen, Tagungsbände, Jahres- und Forschungsberichte des Fachgebietes Lichttechnik veröffentlicht.

Die Jahresberichte des Fachgebietes Lichttechnik lassen sich zurückverfolgen bis in das Jahr 1971. Übersichten zu Veröffentlichungen, Dissertationen und Studienarbeiten reichen sogar noch länger zurück. Sie informieren über die Lehrveranstaltungen am Fachgebiet, berichten über aktuelle Forschungsvorhaben, Projekte und Veranstaltungen und geben einen Überblick über Mitarbeiter, Publikationen und Gremientätigkeiten.

Schriftenreihe des Fachgebietes Lichttechnik | 2

Stephan Völker  
Heike Schumacher

# **Jahresbericht 2013**

Universitätsverlag der TU Berlin

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de/> abrufbar.

### **Universitätsverlag der TU Berlin 2014**

<http://www.univerlag.tu-berlin.de>

Fasanenstr. 88 (im VOLKSWAGEN-Haus), 10623 Berlin

Tel.: +49 (0)30 314 76131 / Fax: -76133

E-Mail: [publikationen@ub.tu-berlin.de](mailto:publikationen@ub.tu-berlin.de)

Das Manuskript ist urheberrechtlich geschützt.

Druck: docupoint GmbH

Satz/Layout: Heike Schumacher, Kirstin Krensel

Texte, Fotos, Illustrationen: Autoren, TU Berlin Fachgebiet Lichttechnik

Titelbild: Kunstobjekt Thorsten Goldberg „Cumulus 08.07“, Foto: Carolin Liedtke

**ISBN 978-3-7983-2667-5 (print)**

**ISBN 978-3-7983-2668-2 (online)**

**ISSN 2196-338X (print)**

**ISSN 2198-5103 (online)**

Zugleich online veröffentlicht auf dem Digitalen Repositorium  
der Technischen Universität Berlin:

URL <http://opus4.kobv.de/opus4-tuberlin/frontdoor/index/index/docId/4690>

URN <urn:nbn:de:kobv:83-opus4-46900>

[<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:83-opus4-46900>]



---

# Vorwort

---

## Liebe Leser unseres Jahresberichtes,

als ich Ende 2013 einen Blick auf unsere Internetseite warf und die Fotos der wissenschaftlichen Mitarbeiter zählte, war ich sehr überrascht, dass wir die Zahl 20 erreicht hatten. Auch wenn es im Dezember eine gewisse Überlappung von Projekten gab, hätte ich mir noch vor fünf Jahren kaum träumen lassen, dass 20 junge Menschen gleichzeitig an meinem Lehrstuhl zum Thema Licht forschen. Gar nicht mitgezählt sind dabei die externen Doktoranden und all die Bachelor- und Masterstudenten, welche von diesen 20 Mitarbeitern betreut wurden und werden.

Die bearbeiteten Forschungsthemen reichen von Grundlagenfragen, wie Blendung, mesopisches Sehen, Wirkung nächtlicher Strahlung auf Mensch und Tier über Fragen der Entwicklung neuer Messmethoden für LED-Leuchten bis hin zu Fragen der ‚Angewandten Lichttechnik‘ im Bereich Tageslicht, Energieeffizienz, Museumsbeleuchtung und Bewertung von ortsfester Straßenbeleuchtung und LED-Stehleuchten. Durch die Vielzahl der Themen und Doktoranden wurde es im Laufe des Jahres notwendig, zwei getrennte regelmäßige Kolloquien für die Innen- und Außenbeleuchtung einzuführen.

In der Fakultäts-Drittmittelstatistik, welche für viele Kollegen innerhalb der Fakultät aber auch für das Präsidium ein Indikator für die Leistungsfähigkeit eines Fachgebietes ist, stehen wir auf Platz 11 von 60. Bedenkt man, dass einige der Fachgebiete vor uns große An-Institute mit bis zu 50 Mitarbeitern besitzen, ist der

Platz 11 eine beachtliche Leistung. Natürlich sind die zur Verfügung stehenden Drittmittel eine gute und notwendige Voraussetzung für wissenschaftliche Arbeit. Deren eigentliche Bewertung erfolgt jedoch anhand der Publikationen. Mit 21 Veröffentlichungen und 24 Vorträgen dokumentieren die Mitarbeiter, dass sie das erarbeitete Wissen nicht nur für die persönliche Promotion nutzen, sondern dass dieses Wissen in Produkte und Planungsrichtlinien einfließen soll, die einerseits unser Leben verbessern und verschönern und andererseits durch Innovation Arbeitsplätze in unserer Region erhalten.

Dabei suchen die Mitarbeiter den wissenschaftlichen Disput auf Tagungen, wie zur 100-Jahr-Feier der CIE in Paris oder auf der LuxEuropa in Krakau. Bewundernd stellte Prof. Fotios von der University of Sheffield im Vorfeld der Tagung fest, dass kaum eine andere Universität die Tagung in Krakau durch so viele wissenschaftliche Beiträge bereichern wird.

Innerhalb der Fakultät übernahm ich am 1.3.2013 das Amt des Dekans. Da zeitgleich der Verwaltungsleiter der Fakultät in das Büro der Kanzlerin wechselte und diese Stelle erst vor wenigen Tagen wieder besetzt werden konnte, fielen mir im zurückliegenden Jahr viele zusätzliche Aufgaben zu.

Auch wenn vielleicht nicht immer alles ganz glatt lief, habe ich die Fakultät bereits an der einen oder anderen Stelle prägen können.



All diese erfolgreiche Arbeit wäre unmöglich, wenn ich nicht eine großartige Crew um mich herum hätte. Frau Dr. Knoop leitet das Fachgebiet in exzellenter Weise, wenn ich nicht vor Ort sein kann. Durch ihr Engagement in Lehre und Forschung gelingt es uns, die internationale Sichtbarkeit des Fachgebietes stetig auszubauen. Frau Schumacher unterhält ein unglaublich gutes Netzwerk zu jeder für uns wichtigen Person in der Verwaltung, zu den Projektträgern sowie zu den Projektpartnern. Ohne ihren Einsatz käme so manches Projekt gar nicht erst zustande. Meinen Dank sagen möchte ich an dieser Stelle auch Prof. Kaase, der sich für zwei sehr schöne Projekte eingesetzt hat und uns immer mit Rat und reichlicher Erfahrung zur Seite steht. In gleicher Weise hilft uns Dr. Serick, der völlig ehrenamtlich die Lehre durch den Aufbau von Praktikumsplätzen unterstützt, aber auch

für die Mitarbeiter jederzeit ein offenes Ohr hat. Allen Mitarbeitern, einschließlich Herrn Zimmermann unserem Laborleiter, Herrn Oertwig unserem Werkstattleiter und Frau Baars unserer Sekretärin, gilt mein Dank für ihr Engagement in Verwaltung, Lehre und Forschung. Ohne jeden Einzelnen wäre das Fachgebiet nicht das, was es ist. Ich bin stolz auf Eure Arbeit!

Allen wissenschaftlichen Mitarbeitern, die uns 2013 verlassen haben, wünsche ich Gesundheit, Glück und viel Erfolg im Beruf.

Sie, lieber Leser, Freund und Förderer des Fachgebietes tragen mit Ihren Projektmitteln, Ihrem Mitgliedsbeitrag oder Ihrem Interesse dazu bei, dass wir auch in Zukunft eine so großartige Arbeit leisten können. Herzlichen DANK!

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jur Stefan". The signature is written in a cursive style with a long horizontal flourish at the end.

---

# Inhalt

---

<b>1</b>	<b>Überblick über das Fachgebiet</b>	<b>11</b>
1.1	Mitarbeiter	12
1.2	Verein zur Förderung des Fachgebietes	15
1.3	Lichttechnische Messungen	16
1.4	Lichtsimulator	18
<b>2</b>	<b>Lehre</b>	<b>21</b>
2.1	Lichttechnische Lehrveranstaltungen	22
2.2	Lichttechnische Praxis	24
2.3	Grundlagen der Elektrotechnik	26
2.4	Teilnehmerzahlen	27
<b>3</b>	<b>Forschung</b>	<b>29</b>
3.1	Mesopik	31
3.2	UNILED	33
3.3	LED Straßenbeleuchtung	36
3.4	EFLED Stadt Erfurt	38
3.5	Verlust der Nacht	39
3.6	Museumsbeleuchtung	40
3.7	Lichtrichtung	42
3.8	BBSR Stehleuchten	43
3.9	Optimierung Tageslicht IEA	44

3.10	LEDNorm	46
3.11	Tageslichtnutzung	47
3.12	LED-Bürobeleuchtungseinrichtungen	49
3.13	Erkennbarkeit von Warnkleidung	52
3.14	Retroreflektierende Warnkleidung	54
<b>4</b>	<b>Veranstaltungen, Arbeiten, Öffentlichkeitsarbeit</b>	<b>55</b>
4.1	Workshop Museumsbeleuchtung	55
4.2	Kolloquium über optische und lichttechnische Fragen	56
4.3	Abschlussarbeiten und Promotionen	57
4.4	Preise und Auszeichnungen	59
4.5	Veröffentlichungen und Vorträge	60
4.6	Gremien und Fachausschüsse	66





---

# 1 Überblick über das Fachgebiet

---

Lichttechnik in Lehre und Forschung existiert in Berlin seit über 125 Jahren. Als weltweit erster Lehrstuhl für Lichttechnik blickt das heutige Fachgebiet auf eine reiche Tradition zurück. Diese ist nicht nur eng mit der Physikalisch-Technischen-Reichsanstalt (heute PTB) verknüpft, in welcher die experimentellen Grundlagen für das Planck'sche Strahlungsgesetz geschaffen wurden, sondern ebenso mit Namen wie Wedding, Arndt, Pirani, Dresler, Helwig, Richter, Krochmann und Stolzenberg.

Lichttechnik als eigenständiges Spezialgebiet wird in Deutschland neben der TU Berlin auch

an der TU Darmstadt, der TU Ilmenau und am Karlsruher Institut für Technologie gelehrt.

Das Fachgebiet Lichttechnik der TU Berlin gehört innerhalb der Fakultät Elektrotechnik und Informatik zum Institut für Energie- und Automatisierungstechnik und ist nicht nur verantwortlich für Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Lichttechnik, sondern bietet auch zahlreiche Anknüpfungspunkte für interdisziplinäre Fragestellungen auf den Gebieten Elektro-, Gebäude-, Umwelt- und Energietechnik, Optoelektronik, Architektur sowie zu medizinischen Einrichtungen.



---

---

## 1.1 Mitarbeiter

Prof. Dr.-Ing. Stephan Völker (Fachgebietsleiter)

Ursula Baars (Sekretariat)

Dr. Martine Knoop (Lehrkoordination und stellvertretende Fachgebietsleitung)

Heike Schumacher (Projektkoordination)

Jörg Oertwig (Werkstatt und Technik)

Ingbert Zimmermann (Lichttechnische Messungen)



**Wissenschaftliche Mitarbeiter in Projekten:**



Aicha Diakite



Andreas Krensel



Dr.-Ing. Helmut Piazena



Jan Winter



Juri Steblau



Mathias Niedling



Dr. Michael Böhm



Patrick Prella



Raphael Kirsch



Sandy Buschmann



Sebastian Schneider



Sebastian Schade



Silvia Bensel



Dr.-Ing. Sirri Aydınli



Stefan Gramm

---

---

### Wissenschaftliche Mitarbeiter mit Lehraufgaben:



Kai Broszio



Carolin Liedtke



Serkan Önel



Armin Pertilla

### Studentische Hilfskräfte:

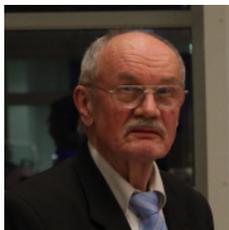
A. Asri, M. Behn, C. Barner, R. Bachmann, S. Buschmann, A. Bauer, B. Berthold, K. Bremert, N. Boldt, S. Bunk, A. Chahrouh, S. Dally, A. Diakite, P. Fraas, R. Franke, G. Georgieva, Z. Gökalp, O. Gückstock, U. Hartwig, J. Hemmen, M. Houboi, P. Jorkowski, M. Khajuria, D. Kierdorf, M. Knoll, M. Leifert, A. Nivin, T. C. Nguedia Nguemo, T. Özdemir, M. Payo, C. Petzold, P. Prella, L. Rosenthal, M. Schmiedel, P. Schnauber, A. Schödl, G. Schott, B. Sheik Khalil, M. Sprenzel, J. Steblau, M. van der Straeten, A. Suter, S. Wang

### Externe Referenten für Vorlesungen:

Dr.-Ing. Karsten Ehling, Dipl.-Ing. K. Heinrich, Dr.-Ing. Thomas Knoop, Prof. Dr.-Ing. P. Schmits, Prof. Dipl.-Ing. A. Stockmar

### Externe Dozenten und aktive Pensionäre:

Prof. Dr. rer. nat. P. Flesch, Prof. Dr. rer. nat. J. Hartmann, em. apl. Prof. Dr. phil. K. Richter, PD Dr.-Ing. W. Roddewig, Dr.-Ing. F. Serick, Prof. Dr. rer. nat. H. Kaase



Dr.-Ing. Felix Serick



Prof. Dr. Heinrich Kaase

---

---

## 1.2 Verein zur Förderung des Fachgebietes

Der gemeinnützige Verein zur Förderung des Fachgebietes Lichttechnik der TU Berlin VFL e.V. unterstützt das Fachgebiet seit vielen Jahren bei zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Zusätzlich fördert der 1957 gegründete Verein den Erfahrungsaustausch und verstärkt die Schnittstelle zwischen Forschung, Lehre und Praxis.

Mitglieder können alle an der Förderung der Lichttechnik interessierten Organisationen, Behörden, Unternehmen sowie Einzelpersonen sein. Die jährlich zu zahlenden steuerfreien Beiträge an den Verein tragen wesentlich zum

Institutshaushalt bei. Viele der Projekte und Forschungsvorhaben, aber auch Veranstaltungen, könnten ohne den Verein nicht oder nur unvollkommen durchgeführt werden.



---

## 1.3 Lichttechnische Messungen

Das Fachgebiet Lichttechnik führt seit geraumer Zeit lichttechnische Messungen für Forschung und Industrie aus. Hierzu gehören das Messen und Bewerten von Allgemeinbeleuchtung, die Entwicklung, Überprüfung und Produktüberwachung ebenso wie licht- oder strahlungs-technische Sonderlösungen und Messungen nach in DIN, IEC, EN und ISO festgelegten Messverfahren.

Der Aufbau einer klar strukturierten Prüfstelle mit der Möglichkeit einer Akkreditierung für genormte Prüfverfahren bietet die Chance, diese Tätigkeiten unter einer Institution mit höchster Fachkompetenz zu bündeln und künftig festgelegte Verfahren und Vorlagen zu schaffen.

Als universitätsgebundene Einrichtung bietet die Prüfstelle dem Kunden den Vorteil einer unabhängigen Prüfinstitution ohne Anteile von Fremdfirmen. Neben den reinen Dienstleistungen am Prüfobjekt kann sie entwicklungsbegleitend und schulend tätig sein. Durch diese Ausrichtung können potenzielle Kunden ihr Personal verfahrensbezogen extern schulen und Messaufgaben outsourcen. Fachfremde Kunden die für den Ankauf lichttechnischer Einrichtungen verantwortlich sind, haben die Möglichkeit, zugesicherte Produkteigenschaften durch Gutachten überprüfen zu lassen.

### **Für die lichttechnischen Messungen stehen folgende Geräte zur Verfügung:**

- integrale Messtechnik von 200 bis 4500 nm
- spektrale Messtechnik von 250 bis 2000 nm
- Goniometer für Lampen, Leuchten, Tageslichtsysteme
- optische Bank bis zu 100 m Länge
- LED-Messtechnik
- Kalibriereinrichtungen
- Tageslicht-Messtechnik
- Messeinrichtungen für Materialkennzahlen

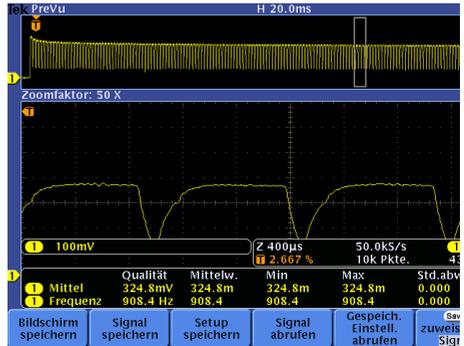
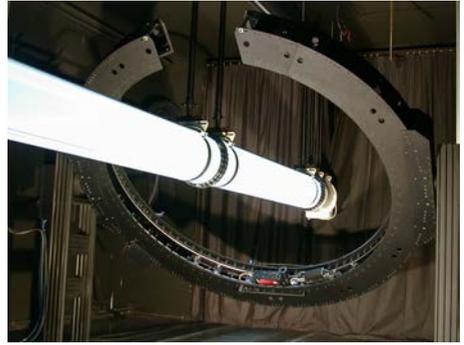
### **Folgende Untersuchungen und Messungen werden angeboten:**

Untersuchungen von Selbstleuchtern auf

- Lichtstrom
- Leuchtdichte
- räumliche Lichtstärkeverteilung (LVK)
- Leuchtenbetriebswirkungsgrad
- Energieeffizienz
- Blendung
- Farbmaßzahlen in Farbsystemen
- Zeitverhalten
- spektrale Verteilung
- photobiologische Wirksamkeit
- Messung und Bewertung von Materialien in Transmission, Reflexion und Absorption
- Streuverhalten
- Bestimmung weiterer Stoffkennzahlen, integral und spektral aufgelöst

Messung an Monitoren

- zeitliches Verhalten
- Leuchtdichte
- Farbe
- Spektralmessung von 250 nm bis 2000 nm



---

## 1.4 Lichtsimulator

Mit LEDs sind aufgrund der exakten Lichtlenkung völlig neue Lichtverteilungen und Beleuchtungskonzepte vorstellbar, die erheblichen Einfluss auf die Qualität der Beleuchtung haben können. Die Wirkung verschiedener Lichtverteilungen ist jedoch oft nur aus Berechnungsprogrammen und von Bildern bekannt, die eine wahrgenommene Lichtumgebung nicht adäquat wiedergeben können und für eine Bewertung ungeeignet sind.

Schon seit einigen Jahrzehnten werden in Probandenversuchen Lichtumgebungen hinsichtlich ihres Einflusses auf die empfundene Beleuchtungsqualität evaluiert. Bisherige Versuchsaufbauten und Lichtsimulatoren sind dabei in ihrer Funktion oft eingeschränkt, da Lichtverteilungen nicht frei gestaltet und angepasst werden können. Durch die Beleuchtung mit verschiedenen Leuchtentypen kann die Lichtsituation zwar geändert werden, da sich aber meist sämtliche lichttechnische Parameter ändern, ist es schwierig, Änderungen in Wahrnehmung und Akzeptanz direkt auf eine Variable zurückzuführen.

Um diese Lücke zu schließen und eine Rückführung von Akzeptanzstudien auf einzelne Beleuchtungsparameter zu ermöglichen, wurde am Fachgebiet Lichttechnik der TU Berlin ein neuartiger Lichtsimulator aufgebaut.

### Konzept

Im Versuchsaufbau sollen beliebige Lichtverteilungen unabhängig von Leuchten im Raum dargestellt werden. Wichtig ist dabei eine saubere Trennung wissenschaftlicher Variablen wie Leuchtdichteverteilung und Beleuchtungsstärkeverteilung. Ein möglichst großes einstellbares Intervall dieser Größen bietet die Grundlage für zukünftige Versuche. Sämtliche

Verteilungen sollen unabhängig voneinander und örtlich wie zeitlich aufgelöst eingestellt werden können.

### Ausführung

Ein 5 m x 4 m x 2,8 m großer Versuchsraum wurde mit einer höhenverstellbaren Decke ausgestattet. Ca. 1500 einzeln ansteuerbare LED-Panels und insgesamt mit über 50 000 LEDs hinterleuchtete Raumbegrenzungsflächen ermöglichen die Einstellung einer örtlich fein aufgelösten Leuchtdichte von 0–1000 cd/m<sup>2</sup> in 255 Stufen. 6 Hochleistungsprojektoren erzeugen beliebige Beleuchtungsstärkeverteilungen auf Nutzebenen und task-areas unterschiedlicher Höhe. Ähnlich dem aus der Veranstaltungstechnik bekannten „projection mapping“ wird ein zusammengesetztes Graustufenbild des Raumes mit verschiedenen Lichtverteilungen auf die jeweils eingestellte Nutzebene projiziert.

Mithilfe einstellbarer Projektionsfenster kann die Beleuchtungsstärkeverteilung über einen Videosever auf die horizontale Nutzebene beschränkt werden, Streulicht auf den anderen Raumbegrenzungsflächen wird weitestgehend ausgeschlossen.

Die Ansteuerung erfolgt über einen Lichtsteuercomputer, der LED-Panels und Videosever zu verschiedenen Lichtszenen zusammenschaltet. Durch vorhandene Lichtmesstechnik kann eine pixelweise Anpassung auf beliebige Verteilungen der Beleuchtungsstärke bei verschiedenen Wand- und Deckenleuchtdichten vorgenommen werden.

Auch unterschiedliche Positionen von Probanden und Mobiliar im Raum können angepasst werden.

---

---

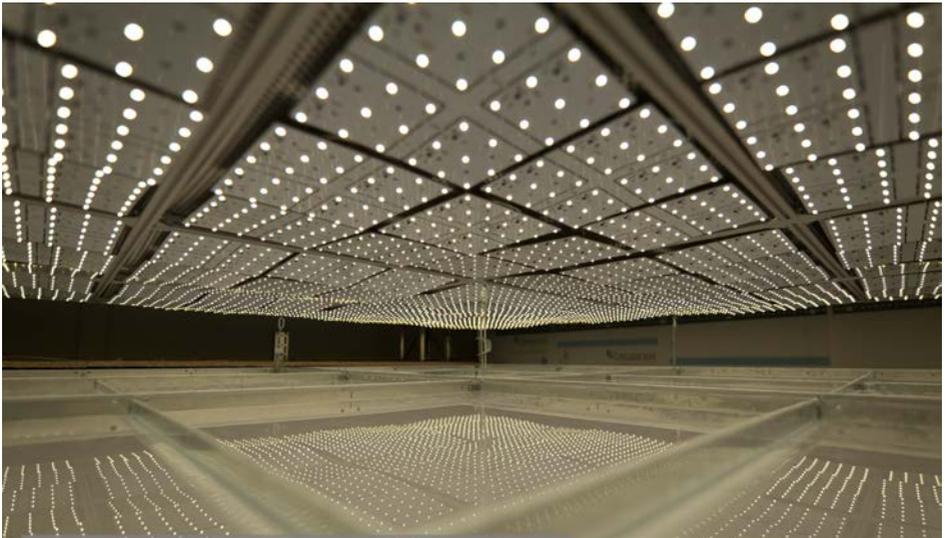
## Ausblick

Das System ist beliebig durch Sensorik und weitere Messtechnik erweiterbar. Der Versuchsraum kann somit für zahlreiche Probandenversuche und Studien zu Lichtverteilung, Lichtrichtung, Lichtqualität und Nutzerakzeptanz genutzt werden.

Für die Lehre ist ein Anschauungsobjekt entstanden, mit dem in spielerischer Weise Licht erfahrbar gemacht wird.

Unterschiedliche Lichtverteilungen und Beleuchtungssituationen können direkt im Raum eingestellt und erlebt werden.

Der Aufbau des Versuchsraums wurde ermöglicht durch die Förderung des Forschungsvorhabens UNILED (FKZ: 13N10750).





---

## 2 Lehre

---

Die Technische Universität Berlin zählt mit ihren rund 30 000 Studierenden zu den größten technischen Universitäten in Deutschland. Angeboten werden ca. 40 Bachelor- und 60 Masterstudiengänge. Neben der hohen Lebensqualität bietet Berlin auch aufgrund der Nähe zu zahlreichen hervorragenden Forschungseinrichtungen und Unternehmen ein lohnendes Studenumfeld.

Lichttechnik als Fachrichtung der Elektrotechnik ist für Studierende besonders attraktiv, da das Berufsbild vielseitig und nachgefragt ist. Die Deutsche Lichttechnik nimmt eine Spitzenposition ein und bietet großes Wachstumspotenzial. Es bestehen spannende Querverbindungen zur Gebäude- und Umwelttechnik sowie zum Gesundheitswesen. Die Absolventen

haben die Möglichkeit, Kreativität, Design und Architektur mit Elektrotechnik sowie technischer Ingenieurskunst zu verbinden.

Das Fachgebiet hat einen hohen Anspruch an die Qualität der Lehre zur Qualifikation herausragender Absolventen. Den Studierenden werden neben theoretischen Grundlagen auch zahlreiche praktische Aspekte vermittelt. Kontinuierlich werden neue Forschungsaspekte in die Ausbildung aufgenommen. Das Ausbildungsangebot umfasst den Studiengang Elektrotechnik mit der Vertiefungsrichtung Lichttechnik zum Bachelor of Science (6 Semester), den anschließenden Master of Science (4 Semester) sowie die Promotion zum Doktor der Ingenieurwissenschaften.



---

---

## 2.1 Lichttechnische Lehrveranstaltungen

### Bachelor

Folgende lichttechnische Lehrveranstaltungen werden für Bachelor-Studierende angeboten:

- **Einführung in die Lichttechnik**

Die Einführung in die Lichttechnik wird ab dem 5. Semester angeboten. Hier lernen die Teilnehmer sowohl Grundgrößen der Lichttechnik als auch einfache lichttechnische Berechnungen kennen und anwenden.

- **Wahlpflichtmodul Beleuchtungstechnik**

Begleitend zur Vorlesung Beleuchtungstechnik I findet hier ein Projektseminar statt, in dem Studierende bestehende Beleuchtungsanlagen charakterisieren und neue Lichtplanungen konzipieren, die bei Einhaltung bestehender Normen und Richtlinien Komfort und Energieeffizienz bieten.

- **Wahlpflichtmodul Angewandte Lichtmesstechnik**

Hier werden die in der Normung beschriebenen komplexeren Messgeräte behandelt. Praktika umfassen die Vorbereitung der Messobjekte, die Bedienung der Messgeräte und die Auswertung und Diskussion der Ergebnisse.

### Master

Für Master-Studierende wird eine umfassende Ausbildung auf allen Gebieten der Lichttechnik angeboten.

Im Modul Licht- und Solartechnik werden neben den Grundlagen der Lichttechnik und der Physiologischen Optik ausführlich die Lichtquellen, die Tageslichttechnik und die Lichtmesstechnik behandelt. Hiermit ist der Studierende in der Lage, neue Beleuchtungskonzepte in der Lampen- und Leuchtenindustrie aber auch in Planungsbüros zu entwickeln sowie vorhandene kritisch zu analysieren. Darüber hinaus kann er neue Messtechniken konzipieren und lichttechnische Gutachten erstellen.

Das Modul Beleuchtungstechnik/Lighting Engineering bietet die Vertiefung in den anwendungsbezogenen Bereichen der Beleuchtungstechnik. Mit dem erworbenen Wissen ist der Studierende in der Lage, lichttechnische Berechnungen durchzuführen, lichttechnische Anlagen zu dimensionieren und Begutachtungen von Beleuchtungsanlagen durchzuführen.

---

---

**Folgende Mastermodule werden angeboten:**

Licht- und Solartechnik  
(12 Leistungspunkte)

- Grundlagen der Lichttechnik
- Physiologische Optik
- Lampen und Leuchten
- Tageslichttechnik und Solarstrahlung
- Licht- und Strahlungsmesstechnik
- Praktikum Lichttechnik I

Beleuchtungstechnik /  
Lighting Engineering  
(12 Leistungspunkte)

- Grundlagen der Lichttechnik
- Tageslichttechnik und Solarstrahlung
- Beleuchtungstechnik I
- Beleuchtungstechnik II
- Beleuchtungstechnik Projekt

KFZ-Beleuchtung  
(6 Leistungspunkte)

- Physiologische Optik
- Kraftfahrzeugbeleuchtung

Licht- und Farbwahrnehmung  
(6 Leistungspunkte)

- Physiologische Optik
- Höhere Farbmétriek und Farberscheinung

Lichtquellen  
(6 Leistungspunkte)

- Tageslichttechnik und Solarstrahlung
- Lampen und Leuchten

---

## 2.2 Lichttechnische Praxis

### Projektseminar „Beleuchtungstechnik“

In dem praxisnahen, die Vorlesung Beleuchtungstechnik I begleitenden, Projektseminar bearbeiten die Studierenden entweder einzeln oder als Team selbständig ein Beleuchtungsprojekt. Zum Abschluss des Seminars wurden die Projekte am 12.09.2013 bei der Firma ERCO präsentiert. Folgende studentische Projekte wurden vorgestellt:

- M. Ahlers, T. Gao, M. Rehle, N. Weber, Y. Fu (Hermann-Rietschel-Institut), N. Alario – Beleuchtung eines Studentenwohnheims
- A. Bednarski, S. Bremer – Innenbeleuchtung bei der Langen Nacht der Bibliotheken im Glaskubus des Lesesaals Unter den Linden
- I. Beitel, M. Sternbacher – Büroraum, Konferenzraum und Turnhalle
- K. Haucke, A. Voigt, C. Wengierek, F. Wutzke – UdK Musik-Bibliothek als Mehrzweckraum
- D. Jäger – Showroom in alter Fabriketage
- H. Nadobny – Ausstellungsraum eines Bäder- und Fliesenmarktes
- D. Ramin – Untersuchung/Optimierung einer Beleuchtungssituation in einem landwirtschaftlichen Betrieb
- P. Reiners – Beleuchtung in Privaträumen
- F. Schubert – Neubau eines Einfamilienhauses für die Teilnahme am Solar-Wettbewerb „Solar Decathlon 2014“
- C. Wang – Innenbeleuchtung Eingangsbereich im Wohnheim Franz-Mehring-Platz

### Lichttechnisches Praktikum

Begleitend zur lichttechnischen Lehre finden weiterhin Studentenpraktika statt. Die das Modul Licht- und Solartechnik ergänzenden lichttechnischen Praktika mit bisher vier

Versuchsplätzen zu den Themen Glühlampe, Leuchtstofflampe, Kennzahlenmessung und Ulbricht'sche Kugel wurden um einen fünften Versuch IR-Strahlungsthermometrie erweitert. Mit Hilfe des Versuchs sollen vertiefte Kenntnisse zum Planck'schen Strahlungsgesetz – der Brücke zwischen Strahlungsphysik und Lichttechnik – vermittelt werden. Das hierfür entwickelte Messgerät berechnet aus der thermischen Objektstrahlung im Wellenlängenbereich von  $8\ \mu\text{m}$  bis  $14\ \mu\text{m}$  bei Vorgabe des Emissionsgrades  $\varepsilon$  die dazugehörige Temperatur. Durch simultane Temperaturmessung mit einem Thermoelement kann so der Emissionsgrad verschiedener Materialproben ermittelt werden. An einer Glühlampe, einer Kompaktleuchtstofflampe und einer Retrofit-LED-Lampe werden Temperaturverläufe nach dem Einschalten und Temperaturverteilungen an den Außenkolben bestimmt.

Die Veranstaltungen im Modul Beleuchtungstechnik (Lighting Engineering) werden durch ein weiteres lichttechnisches Praktikum ergänzt, in dem die Themen Goniophotometer, Innenraumbeleuchtung, Tageslichtmessungen und Thermographie behandelt werden.

### „The Lighting Machine“

Als Teil der Lehrveranstaltung Beleuchtungstechnik II wurde auch im Wintersemester 2013/2014 wieder der Workshop „The Lighting Machine“ durchgeführt. Die Aufgabenstellung für die Studierenden besteht im Entwerfen und Bauen einer „Lighting Machine“, einer Kombination aus Lampe und weiteren Materialien, die eine vorgegebene Lichtstärkeverteilungskurve erzeugt. Dabei sollen sich Idee und Umsetzung klar von einer Leuchte im eigentlichen Sinn abgrenzen und keinen Anspruch

---

---

an die äußere Form haben. Die Studierenden können dadurch ihre Kenntnisse, insbesondere zu Lichtstärkeverteilungen und Prinzipien der Lichtlenkung, praktisch anwenden. Teilnahme und Dokumentation sind Teil der Prüfungsleistung.

Abb. rechts: Präsentation der Beleuchtungstechnikprojekte bei der Firma ERCO



Abb. unten: Workshop „The Lighting Machine“



---

---

## 2.3 Grundlagen der Elektrotechnik

Seit Herbst 2009 ist unser Fachgebiet für die Veranstaltung „Grundlagen der Elektrotechnik“ (GLET) verantwortlich. Diese umfangreiche Basisveranstaltung mit zwei Vorlesungen und einer Übung pro Woche ist eine Pflichtveranstaltung des ersten Semesters mehrerer Studiengänge. Insgesamt nahmen im vergangenen Wintersemester 648 Studierende teil. Den Großteil der Teilnehmer stellen die Bachelorstudiengänge Elektrotechnik, Technische Informatik, Wirtschaftsingenieurwesen und Physikalische Ingenieurwissenschaften. Aus der organisatorischen Herausforderung, eine solche Großveranstaltung zu betreuen, erwächst die Chance, den Nachwuchs zu einem sehr frühen Zeitpunkt im Studium auf die Lichttechnik aufmerksam zu machen.

Die Veranstaltung ist durch ein ganzheitliches didaktisches Konzept geprägt, welches in der Vorlesung durch ansprechende, aufeinander aufbauende Folien, die Einbindung der Studierenden durch Hörsalaufgaben und durch die Veranschaulichung von Phänomenen mit Live-Experimenten und Videos umgesetzt wird.

13 Tutoren üben an 30 Terminen wöchentlich vorlesungsbegleitend in Kleingruppen mit den Studierenden die Lösung von Aufgaben und betreuen die semesterbegleitenden prüfungsrelevanten Hausaufgaben. Aktivierende Zusatzaufgaben wie z. B. der Selbstbau eines einfachen Kondensators und dessen Beschreibung bieten die Möglichkeit, Bonuspunkte für die Hausaufgaben zu erlangen.

Für ausländische Studierende werden zusätzlich Fachmentoren angeboten, in denen Tutoren mit Migrationshintergrund Aufgaben

ohne Zeitdruck vorrechnen und auf spezifische Probleme dieser Studierendengruppe eingehen können.

Eine schöne, von den Studierenden sehr geschätzte Tradition, ist die „Weihnachtsvorlesung“. Hierbei handelt es sich um eine Vorlesungseinheit, die mit freundlicher Unterstützung des Fachgebiets Hochspannungstechnik in der Hochspannungshalle bei weihnachtlichem Gebäck und entspannter Atmosphäre Experimente mit Blitz und „Knalleffekt“ zeigt.

Unterstützt wird das gesamte didaktische Konzept der Lehrveranstaltung mit dem Projekt „tu wimi plus“, über das 2012 ein zusätzlicher wissenschaftlicher Mitarbeiter zur qualitativen Verbesserung der Lehre eingestellt wurde.

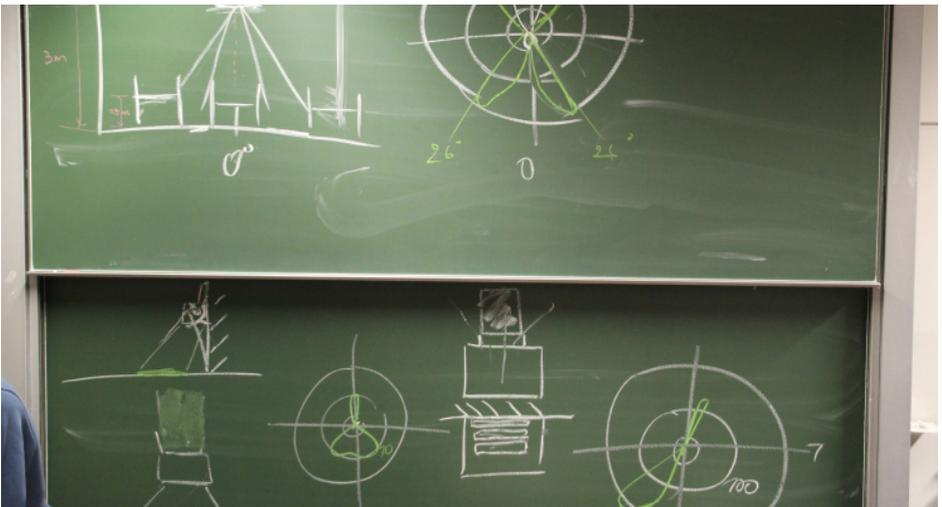
Die jährlich durchgeführte Evaluation zeigt eine kontinuierliche Verbesserung auf hohem Niveau: die Veranstaltung gehört im Studiengang Elektrotechnik zu den am besten bewerteten Veranstaltungen.

---

---

## 2.4 Teilnehmerzahlen

Angewandte Lichtmesstechnik	SoSe 13	6
Physiologische Optik	SoSe 13	12
Beleuchtungstechnik I	SoSe 13	31
Projekt Beleuchtungstechnik	SoSe 13	22
Kraftfahrzeugbeleuchtung	SoSe 13	15
Tageslichttechnik und Solarstrahlung	SoSe 13	26
Licht- und Strahlungsmesstechnik	SoSe 13	13
Laboratoriumsübung zur Lichttechnik	SoSe 13	1
Grundlagen der Elektrotechnik	WiSe 13/14	648
Einführung in die Lichttechnik	WiSe 13/14	76
Grundlagen der Lichttechnik	WiSe 13/14	15
Lampen und Leuchten	WiSe 13/14	18
Beleuchtungstechnik II	WiSe 13/14	18
Höhere Farbmetrik und Farberscheinung	WiSe 13/14	14
Praktikum Lichttechnik I	SoSe 13 + WiSe 13/14	21
Internes Institutskolloquium	SoSe 13 + WiSe 13/14	37
Kolloquium über optische und lichttechnische Fragen	SoSe 13 + WiSe 13/14	67





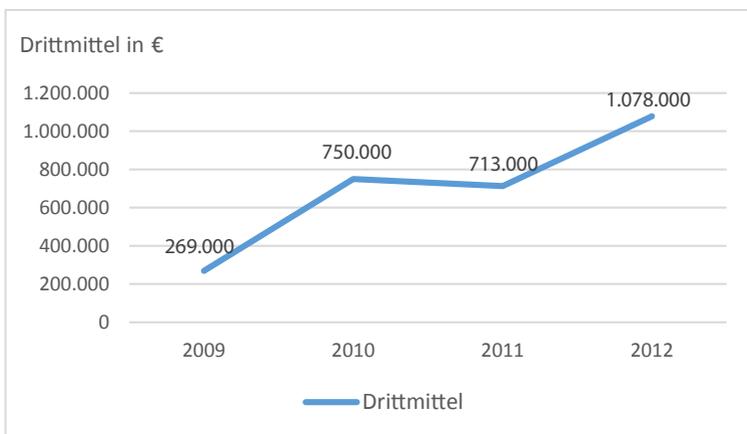
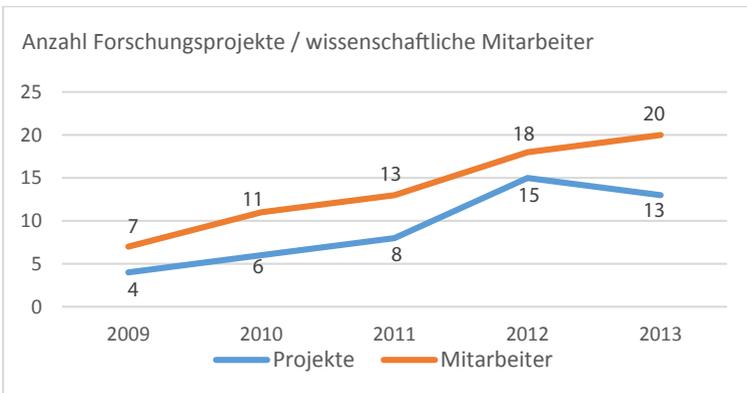
---

# 3 Forschung

---

Forschung nimmt am Fachgebiet von jeher eine wichtige Stellung ein. Eingeworben werden Drittmittel aus der Industrie und Mittel aus öffentlichen Förderprogrammen. Ergänzend werden fachgebieteigene sowie Mittel des Vereins zur Förderung des Fachgebiets Lichttechnik eingesetzt.

Die Anzahl der Forschungsprojekte, die eingeworbenen Drittmittel sowie die Anzahl der in den Projekten tätigen wissenschaftlichen Mitarbeiter konnten in den letzten Jahren kontinuierlich gesteigert werden.



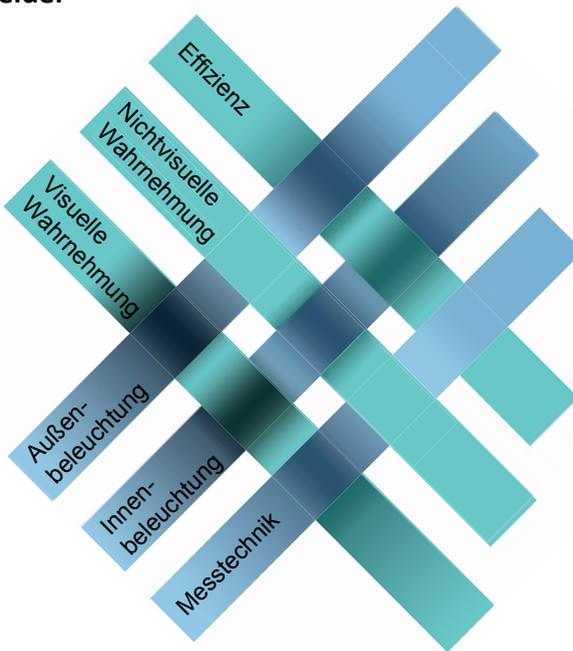
---

---

Die Forschungsschwerpunkte des Fachgebietes lassen sich in die Bereiche Außenbeleuchtung, Innenbeleuchtung und Messtechnik unterteilen, wobei in allen Bereichen in Bezug auf Visuelle Wahrnehmung, Nichtvisuelle Wahrnehmung und Effizienz geforscht wird.

Es findet sowohl Grundlagenforschung als auch angewandte Forschung statt. Einen wichtigen Raum in allen Forschungsfragen nimmt die LED-Technologie ein. Die breite Palette der Forschungsthemen erfordert eine hohe fachliche und technische Kompetenz. Auf den nachfolgenden Seiten werden die Forschungsarbeiten aus 2013 kurz vorgestellt.

## Forschungsfelder



---

## 3.1 Mesopik

A. Krensel, J. Winter, S. Völker

***Photopisches und mesopisches Sehen – Messung und Simulation des photopischen und mesopischen Sehens: Psychophysiologische Maße zur Beurteilung von Beleuchtungseinrichtungen***

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Laufzeit: 12.2009–11.2013

Ausschlaggebend für die Forschungsarbeit waren Wissenslücken auf dem Gebiet des mesopischen Sehens (Dämmerungsehen). Während für das photopische Sehen (Tagessehen) die Mechanismen hinreichend bekannt sind, fehlten für das mesopische Sehen Kennzahlen, um eine auf Sichtbarkeit und Energieeffizienz optimierte Beleuchtung entwickeln und bewerten zu können.

Aufbauend auf den Ergebnissen der von der Internationalen Beleuchtungskommission erarbeiteten Schrift CIE 191 wurden in den letzten Jahren verstärkt Lichtquellen mit deutlich höherem Blauanteil entwickelt und eingesetzt (z. B. Cosmopolis von Philips oder LED mit  $TF > 4000$  K von Osram u. a.). Die höheren Kosten dieser Lichtquellen sollten durch eine Absenkung des Beleuchtungsniveaus unter die empfohlenen Normwerte der DIN EN 13201 gedeckt werden, was mit geringeren Energiekosten gekoppelt ist. Die Absenkung des Beleuchtungsniveaus wurde durch die Empfehlungen der genannten Schrift CIE 191 zur Berechnung einer mesopischen Leuchtdichte gerechtfertigt. Zur Klärung der Frage, ob diese Energieeinsparung auf Kosten der Sicherheit geht, wurde vom BMBF gemeinsam mit der TU Berlin ein Forschungsprojekt initiiert, welches zunächst die praktische Relevanz der Anwendung der

mesopischen Leuchtdichte auf die Erkennbarkeit analysiert. In umfangreichen Feldversuchen wurde dafür zunächst bestimmt, welches das adaptionsbestimmende Feld in Abhängigkeit der Straßentypen darstellt. Während bei der Erstellung des den Empfehlungen zugrunde liegenden Modells der CIE (191) Blendquellen nicht berücksichtigt wurden, zeigen die vorliegenden Untersuchungen, dass eine Vernachlässigung derselben im realen Straßenraum bei der Bewertung der Beleuchtungssituation zu falschen Ergebnissen führt.

Dies konnte in anschließenden Laborversuchen mit Blendquellen sehr eindrucksvoll nachgewiesen werden. Im Ergebnis heißt dies jedoch nicht, dass die Anwendung der CIE-Schrift generell falsch ist. Sowohl für die Bewertung großer peripherer Flächen (z. B. Hausfassaden) als auch für die Beurteilung peripherer Konturaste, welche vor allem an schlecht oder unbeleuchteten Kreuzungen auftreten können, führt die Anwendung einer mesopischen Leuchtdichte zu einer adäquateren Beurteilung der Verkehrsszene. Lediglich die gezogene Konsequenz einer Absenkung des Beleuchtungsniveaus war verfrüht. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse des Forschungsvorhabens wurden die laufenden Bemühungen der CIE zur flächendeckenden Absenkung des Beleuchtungsniveaus in allen Straßenkategorien gestoppt.

Um lokale Adaptationsmechanismen, welche z. B. durch kleine Blendquellen in dunkler Umgebung verursacht werden, besser berücksichtigen zu können, wurde parallel an der Erstellung eines biologischen Sehmodells für den photopischen und mesopischen Bereich gearbeitet. Bisherige biologische Modelle erstreckten sich lediglich auf den photopischen Bereich.

---

---

Im Gegensatz zu dem von der CIE vorgeschlagenen empirischen Modell, nach welchem die mesopische Leuchtdichte zu berechnen ist, wurde in dem hier dargestellten Forschungsprojekt an der Simulation der Informationsverarbeitung des menschlichen Sehsystems zur Erklärung der Sehleistung auf biologischer Ebene gearbeitet. Natürlich vorkommende physiologische Komponenten, wie z.B. Sinnes- und Nervenzellen, wurden hierfür mithilfe einer speziellen Software nachgebildet. Die Funktionen der Nervenzellen wurden durch mathematische Algorithmen implementiert; eine Verbindung zwischen den Nervenzellen erfolgte anhand logischer Bausteine, die eine verstärkende oder hemmende Informationsweiterleitung ermöglichen. Das Modell erlaubt eine Vorhersage der Hellempfindung sowohl unter photopischen als auch unter mesopischen Bedingungen.

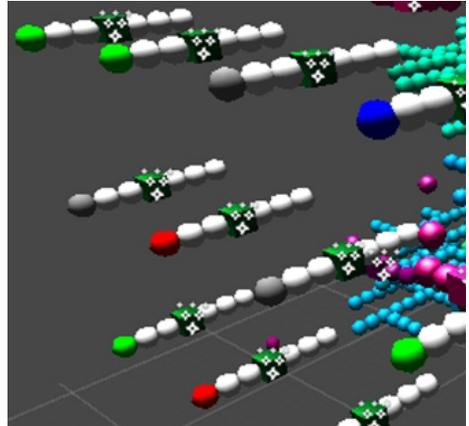


Abb. 1: Photorezeptoren innerhalb einer Augenmodell-Matrix

---

## 3.2 UNILED

S. Bensel, R. Kirsch, M. Niedling, H. Piazena, A. Diakite, S. Völker

### ***Erfassung und Beseitigung von Innovationshemmnissen beim Solid State Lighting – UNILED***

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Laufzeit: 08.2010–05.2014

Hochleistungs-Leuchtdioden halten immer stärkeren Einzug in die Allgemeinbeleuchtung. Mit dieser Entwicklung steigt der Bedarf an einer exakten wissenschaftlichen Beschreibung visueller und technischer Gütemerkmale von LEDs. Diese sind zwar für die konventionelle Beleuchtung vorhanden, können jedoch nicht ohne Weiteres auf LED-basierte Leuchten übertragen werden. Das BMBF-Verbundprojekt mit dem Akronym UNILED wird von den vier lichttechnischen Fachgebieten der TU Berlin, der TU Darmstadt, der TU Ilmenau und der Universität Karlsruhe gemeinsam bearbeitet. In der TU Berlin werden die Teilprojekte Blendung, Messung von LED-Leuchten, Energieeffizienz und nicht-visuelle Gütemerkmale erforscht. Sämtliche Ergebnisse sollen in Normung und Richtlinien einfließen und in Referenzanwendungen definiert werden.

#### **Teilprojekt Blendung**

Ziel des Teilprojektes Blendung ist es, die Eigenschaften von LEDs in die Blendungsbewertung zu integrieren und ein allgemein gültiges Blendungsbewertungsmodell festzulegen. Angenommen wurde ein signifikanter Einfluss der Parameter Leuchtdichtegradient, maximale Leuchtdichte und Spektrum.

Die Ergebnisse eines Versuchs zeigten keinen Einfluss des für LED charakteristischen Spek-

trums auf die Blendungsbewertung von Beleuchtungsanlagen. Bestätigt wurde jedoch ein Zusammenhang zwischen der Erregung des Blauzapfens und der psychologischen Blendung. Zudem wurde gezeigt, dass die CCT (Correlated Color Temperature) von LEDs keinen Einfluss auf die Blendung hat.

Mit Hilfe einer Leuchtenanalyse wurden weiterhin Unterschiede zwischen LED-Straßenleuchten und konventionellen Lampen bezüglich der Wahrnehmung der Leuchte in realen Situationen untersucht. In einem folgenden Schritt sollte festgestellt werden, ob durch höhere Leuchtdichten, kleinere leuchtende Flächen oder höhere Gradienten auf der leuchtenden Fläche eine Erhöhung der Blendung zu erwarten ist.

Um die Frage des Einflusses der örtlichen Verteilung der leuchtenden Fläche auf die Blendung zu beantworten, wurde eine weitere Probandenstudie durchgeführt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen des Teilprojektes sollen in Empfehlungen für die Entwicklung von blendarmen LED-Leuchten umgesetzt werden.

#### **Teilprojekt Messung von LED-Leuchten**

Im Teilvorhaben Messung von LED-Leuchten werden konventionelle goniophotometrische Messverfahren durch spektralradiometrische Empfänger ergänzt und auf die besonderen Eigenschaften von LED-Leuchten angepasst. Aus den gewonnenen Ergebnissen sollen Vorgaben und Empfehlungen bezüglich eines Musterdatenblatts für Anwender erstellt werden.

Zur umfassenden Charakterisierung von LED-Leuchten wurde ein Messaufbau realisiert. Ein Vergleich von integraler und spektraler Messtechnik ergab, dass je nach Anpassungsgüte der

---

verwendeten Photometer mehr oder weniger große Fehlbewertungen bei der Messung von LEDs entstehen. Zur Vermeidung von Fehlbewertungen sollten integral gemessene schmalbandige Spektren mit Hilfe des spektralen Korrekturfaktors SMCF spektral angepasst werden. Vorteile von Photometern sind der große Dynamikumfang, die gute Linearität und Kosinusanpassung sowie die einfache Handhabung bei der Rückführung.

Eine Untersuchung der für LED-Leuchten notwendigen Winkelauflösung wurde anhand eines engstrahlenden LED-Moduls für die Straßenbeleuchtung untersucht. Besonders wichtig ist hier eine sehr kleine Winkelschrittweite für den Elevationswinkel  $\vartheta$  bzw.  $\gamma$  im C,  $\gamma$ -System. Die Erweiterung des bestehenden Drehspiegel-Goniophotometers um ein Array-Spektralradiometer ermöglichte die Messung der winkelaufgelösten spektralen Verteilung. Aufgrund der Ergebnisse wird eine kombinierte Darstellung der räumlichen Farbeinheitlichkeit mit einer Klassifizierung in Abhängigkeit der Farbtemperatur empfohlen.

Die Lichtstärkeverteilung getrennt emittierender Bereiche wurde anhand einer Musterleuchte mit variablen Lichtaustrittspunkten gemessen. Aus den bisherigen Messungen lässt sich die Notwendigkeit der Einbeziehung des Abstrahlwinkels zur Berechnung der erforderlichen Grenzentfernung ableiten.

Die Untersuchungsergebnisse werden aktuell im CEN/TC 169/WG 7 diskutiert.

### **Teilprojekt Energieeffizienz**

Im Teilprojekt Energieeffizienz werden bestehende Kennzahlen und Gütekriterien zur Bewertung der Energieeffizienz der Beleuchtung überarbeitet und um neue Qualitätskennzahlen ergänzt. Als erweiterte

Leuchtenkennzahlen wurden die Effizienz der Dimmung von LED-Leuchten und die Temperaturabhängigkeit betrachtet.

Dimmkurven wurden in der U-Kugel aufgenommen sowie hinsichtlich ihres Einflusses auf die Energieeffizienzberechnung nach DIN V 18599 und die EnEV 2009 bewertet. Je nach Lichtsituation und Leuchte ergeben sich hier bisher unentdeckte Energieeinsparpotenziale von bis zu 35 %. Als Ergebnis steht ein verbessertes Berechnungsverfahren, welches die Dimmkennlinie einer Leuchte in die Berechnung einbezieht.

Bei der Temperaturabhängigkeit von LED-Leuchten steht die Außenbeleuchtung im Vordergrund. Die Lichtausbeute von LEDs ist stark temperaturabhängig. Da LED-Leuchten bei 25 °C vermessen werden, im Außenbereich aber in der Regel bei deutlich niedrigeren Temperaturen betrieben werden, ergibt sich hier ein Einsparpotenzial, wenn die Beleuchtungsanlage nachgeregelt wird. Messungen im Klimaschrank, Aufnahme der Dimmkennlinien bei verschiedenen Temperaturen und Gewichtung mit aktuellen Klimadaten in Deutschland führen zu einer Berechnungsgrundlage für das entstehende Potenzial.

Qualitätsmerkmale von Beleuchtungsanlagen werden in einem neu aufgebauten Lichtsimulationsraum untersucht. Dabei werden im Probandenversuch gängige Güteparameter der DIN EN 12464-1 als Grundlage für die Evaluierung verschiedener Beleuchtungssituationen herangezogen. Durch Variation der Parameter, wie Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichteverteilung, werden verschiedene, optimierte Lichtverteilungen erarbeitet. Der Einfluss auf die Energieeffizienz der einzelnen Verteilungen wird anschließend im theoretischen Modell evaluiert.

---

---

### Teilprojekt nicht-visuelle Gütemerkmale

Lichtquellen und Lichtszenarien der Allgemeinbeleuchtung können nicht nur der Erfüllung von Sehaufgaben dienen, sondern auch Wohlbefinden und Gesundheit beeinflussen. Ziel des Teilvorhabens ist es, Anforderungen an LEDs zu formulieren, die es ermöglichen, gesundheitsförderliche nicht-visuelle Effekte mit den Mitteln der Allgemeinbeleuchtung zu generieren und gleichzeitig unerwünschte Wirkungen zu vermeiden. Hierzu werden die Abhängigkeit der Melatoninsuppression und die effektive Schwellenbestrahlungsstärke definiert, die psycho-physiologische Wirksamkeit bewertet sowie mögliche Netzhautschäden durch LED-Beleuchtung untersucht.

Eine abendliche oder nächtliche Lichtexposition mit hinreichender circadianer Wirksamkeit kann die Melatoninsynthese unterdrücken. Weißlicht-LEDs mit unterschiedlichen Spektren und Farbtemperaturen wurden auf ihre Wirksamkeit bezüglich der Melatoninsuppression bei gesunden Probanden überprüft und miteinander verglichen. Mit Hilfe quantitativer Beziehungen zwischen Stimulus und Wirkung soll die Spannbreite individueller Schwellenbestrahlungsstärken zur Erreichung maximal möglicher Melatoninsuppression nach definierter Anwendungsdauer ermittelt werden. Die Ergebnisse gestatten Aussagen zur individuellen Lichtsensibilität des perzipierenden Systems und können zur Beeinflussung der circadianen Rhythmik mit Licht genutzt werden.

Zur Bewertung der mit der Lampennutzung verbundenen Risiken gegenüber chronischen Schäden der Retina wurden weiterhin die Einflüsse des Emissionsspektrums analysiert.



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

---

## 3.3 LED Straßenbeleuchtung

M. Böhm, S. Schade, J. Steblau, S. Völker

### ***Entwicklung und Validierung technischer Konzepte für energieeffiziente, intelligente LED-Straßenbeleuchtungssysteme***

Teilvorhaben „Entwicklung von Softwarewerkzeugen zur Planung und Simulation und zur Überwachung und Steuerung von LED-Beleuchtungssystemen“

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMW) im Rahmen des Förderprogrammes „Zentrales Innovationsmanagement im Mittelstand“ (ZIM)  
Laufzeit: 04.2011–12.2013

Einer der Schwerpunkte bei der Einführung innovativer Beleuchtungssysteme ist die Verbesserung der Energieeffizienz in der ortsfesten Straßenbeleuchtung. Das größte Potenzial liegt hier in der LED-Technologie, da sie nicht nur höhere Systemwirkungsgrade ermöglicht, sondern auch Steuerungs- und Telemanagementsysteme optimal angewendet werden können. Das Solid State Lighting ermöglicht es, die Verteilung des Lichtes auf die spezifischen Anforderungen der photometrischen und geometrischen Gegebenheiten einer konkreten Straße anzupassen. Ist dies erreicht, lässt sich die Lichtverteilung zusätzlich auf die Verkehrssituation und die aktuelle Witterungsbedingung optimieren. Für diese Schritte fehlten jedoch Vorgabeparameter zur Dimensionierung und Bewertung entsprechender Lichtverteilungen.

Im Rahmen des Projektes wurde zunächst ein Modell zur Berechnung optimaler Lichtverteilungen entwickelt. Als Primärziel der Optimierung wurde die Erkennbarkeit der

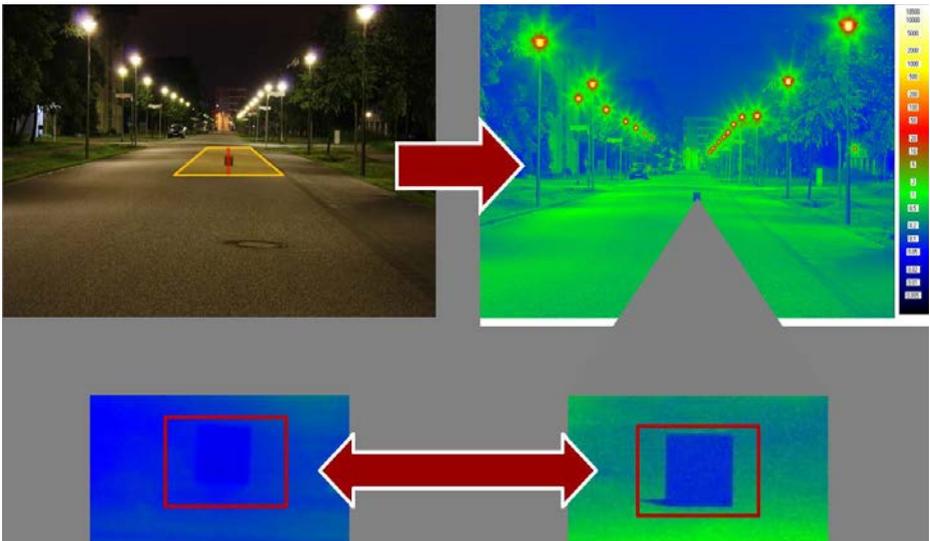
Hindernisobjekte auf der Fahrbahn definiert. Mit Hilfe linearer Lösungsverfahren wird für eine definierte Beleuchtungssituation unter zusätzlicher Einbeziehung der gängigen Güte-merkmale der Straßenbeleuchtung eine optimale Lichtstärkeverteilung berechnet. Durch die Umsetzung des Modells in ein Computerprogramm kann auf bestimmte lichttechnische verkehrssicherheitsrelevante Veränderungen in Form maßgeschneiderter Lichtstärkeverteilungen reagiert werden. Um die Güte der Optimierung im Laborversuch zu untersuchen, wurden im Dunkellabor für ausgewählte Leuchtengometrien und Verkehrssituationen optimierte Lichtstärkeverteilungen mit Laborprototypen nachgebildet.

In einem weiteren Schritt galt es zu untersuchen, wie eine Optimierung der Beleuchtung unter Feldbedingungen zu realisieren ist. Gemeinsam mit der Stadtbeleuchtung Leipzig wurde als Testfeld die Wolfgang-Heinze-Straße mit angrenzenden Nebenstraßen ausgewählt. Damit stand eine typische, innerstädtische Straße mit KFZ-, Straßenbahn- und Busverkehr als Testfeld zur Verfügung. Zur Vorbereitung der Installation wurde die bestehende Beleuchtungsanlage erfasst und Anforderungen an die zu installierende Technik gemeinsam mit der Abteilung Stadtbeleuchtung und den Leipziger Verkehrsbetrieben festgelegt. Für das gesamte Testgebiet wurde eine detaillierte Lichtplanung entsprechend der Anforderungen nach DIN 13201 erstellt. Dabei erfolgte auch die Auswahl der technischen Komponenten, insbesondere geeigneter Sensoren. Nach der Installation an der Wolfgang-Heinze-Straße wurden lichttechnische und kommunikationstechnische Untersuchungen unter Praxisbedingungen durchgeführt. Dadurch konnten umfangreiche

Erkenntnisse für die Umsetzbarkeit des Projektsatzes bei gesetzten Randbedingungen gewonnen werden.

Zusammenfassend wurden in dem ZIM-Kooperationsprojekt mit der HTWK Leipzig, evermind GmbH, Caralux LED- und Neonlichttechnik GmbH, Geo Sys Umwelttechnik und Geogeräte GmbH das reale Potenzial von LED-Straßenbeleuchtungssystemen hinsichtlich Sicherheit, Effizienz, Lebensdauer sowie Steuerungsmöglichkeiten untersucht, die Anfor-

derungen an Straßenbeleuchtungssysteme modelliert und daraus Wirkungszusammenhänge für eine intelligente Steuerung von LED-Beleuchtungsanlagen abgeleitet. Die so ermittelten Parameter können einerseits als Basis für die Bewertung bestehender Anlagen und andererseits als Planungsgrundlage dienen.



Erarbeitung neuer Bewertungskonzepte und -kennzahlen



## 3.4 EFLED Stadt Erfurt

S. Schade, M. Böhm, J. Steblau, S. Völker

### **Lichtarchitektur und Energieeffizienz, Stadt Erfurt – Neugestaltung Andreasstraße**

Teilvorhaben EFLED: „Konzeptionierung, Bewertung und Validierung neuer und bekannter Kennzahlen am Beispiel der LED-Straßenbeleuchtung für die Andreasstraße“

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Förderprogrammes „Kommunen in neuem Licht“

Laufzeit: 07.2011–06.2014

Das Vorhaben begleitet die Umsetzung des erfolgreichen Wettbewerbsbeitrages der Stadt Erfurt im BMBF-Wettbewerb „Kommunen in neuem Licht“. Mit dem Wettbewerb sollen die neuesten Forschungsergebnisse aus dem Bereich der LED-Technologie in die Allgemeinbeleuchtung überführt werden.

Das Konzept der Stadt Erfurt sieht die Ausleuchtung des wichtigen innerstädtischen Straßenzuges Andreasstraße mit LEDs vor. Im Zuge einer Neugestaltung wurde die Beleuchtung mit einer intelligenten Steuerung ausgestattet, um eine deutliche Verbesserung der Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Durch die Möglichkeit, verschiedene Lichtszenen einzustellen, sollte die Beleuchtung dabei an die Verkehrssituation, insbesondere in den Haltestellenbereichen, angepasst werden. Funktionelle und architektonisch relevante Objekte sowie Bereiche sollten hervorgehoben werden.

Die Realisierung der Beleuchtungsinstallation wird sowohl durch das Fachgebiet Lichttechnik der TU Berlin als auch durch die HTWK Leipzig wissenschaftlich begleitet und evaluiert. Die Schwerpunkte der Arbeiten sind:

- Verbesserung der Sicherheit durch LED-Beleuchtung
- Ermittlung des Energieeinsparpotenzials für unterschiedliche Beleuchtungssituationen durch LED-Beleuchtung
- Einfluss einer gesteuerten LED-Beleuchtung auf Sicherheit und Akzeptanz
- Evaluation der gegenwärtigen Vorschalttechnik
- Umfassendes Monitoring der adaptiven LED-Beleuchtungsanlage

Im Rahmen des Projektes wurden bereits umfangreiche lichttechnische Untersuchungen und Anwohnerbefragungen durchgeführt. Über die Beleuchtungsinstallation und Feldmessungen hinaus wurden mit einer flexiblen Ausführung der verwendeten Leuchte am Fachgebiet Labormessungen zur Anwendbarkeit adaptiver LED-Beleuchtung durchgeführt.

Durch das Vorhaben sollen für Unternehmen und Kommunen nachnutzbare Erfahrungen für die innovative Produktentwicklung und den Einsatz von intelligenter LED-Beleuchtungstechnik gesammelt werden. Aus dem Projekt werden grundlegende Erkenntnisse für Kommunen, Lichtplaner und Komponentenhersteller über künftige, energieeffiziente, lichtarchitektonisch hochwertige Stadtbeleuchtungen erwartet.

---

## 3.5 Verlust der Nacht

S. Schneider, P. Krenz, S. Völker

### **Verlust der Nacht**

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Laufzeit: 05.2010–12.2013

Die Auswirkungen von künstlichem Licht auf Mensch und Natur sind bisher weitgehend unbekannt. Gerade durch die zunehmende Lichtverschmutzung, vor allem in Ballungsgebieten, kommt diesen aber eine große Bedeutung zu.

In dem interdisziplinären Projekt „Verlust der Nacht“ untersuchen Wissenschaftler ökologische, gesundheitliche, kulturelle und sozio-ökonomische Auswirkungen sowie die Ursachen für die zunehmende Beleuchtung des Nachthimmels. Hierfür wurde die Forschung in 14 vernetzte Teilprojekte gegliedert, die eng aufeinander abgestimmt sind. Das Fachgebiet Lichttechnik der TU Berlin begleitet die Untersuchungen zum Einfluss öffentlicher Beleuchtung an Straßen und in einem Experimentalfeld auf Anwohner und Passanten sowie betroffene Tierarten im Raum Berlin-Brandenburg. Hierfür werden Beleuchtungssituationen realisiert, gezielt variiert sowie charakterisiert. Die zu untersuchenden unabhängigen Parameter sind dabei die spektrale Verteilung, die räumliche Lichtverteilung der installierten Leuchten und die zeitliche Steuerung des eingesetzten Lichts. Im Rahmen der Untersuchung „Urbane Beleuchtung“ wird eine Straße mit Experimentalleuchten in einer Umgebung mit geringem Einfluss anderer störender Beleuchtung untersucht. Mit Hilfe der Ergebnisse soll geklärt werden, welchen Einfluss die spektrale Zusammensetzung des zur Beleuchtung der Fahrbahn

eingesetzten Lichtes auf die Schlafdauer, die Schlafqualität sowie das Wohl- und Sicherheitsgefühl von Anwohnern und Verkehrsteilnehmern hat. Die Experimentalleuchten wurden so gewählt, dass von den Projektpartnern zusätzliche Untersuchungen zu den Auswirkungen der Beleuchtung auf betroffene Insekten oder Vögel durchgeführt werden können, um eine maximale Interoperabilität zu gewährleisten. Da es zu Auswirkungen einer zeitlich variablen Dimmung ganzer Beleuchtungsszenarien auf Verkehrsteilnehmer, Anwohner, Insekten oder gar Vögel bisher kaum Untersuchungen gibt, wird hierbei auch das zeitlich variable Niveau der Beleuchtung untersucht.

Mit der Untersuchung „Experimentalfeld“ soll der Einfluss der spektralen Verteilung von Lichtquellen auf Insekten und Vögel hinsichtlich ihrer Attraktionswirkung und damit verbundene Konsequenzen für die Tiere analysiert werden. Wie auch bei der „Urbanen Beleuchtung“ werden im „Experimentalfeld“ zeitliche Variationen der Lichtverteilungen untersucht. Das Spektrum der Variation erstreckt sich dabei von einer teilweisen Nachtabschaltung bis hin zu volladaptiven Schaltungen mit Bewegungssensor.

Ein Kriterienkatalog an ökologisch-innovative Beleuchtung war Grundlage für die ausführliche Versuchsplanung und Bewertung beider Teiluntersuchungen. Er soll später als Entscheidungshilfe zur Planung von Außenbeleuchtungsanlagen dienen. Ziel ist es, Konzepte für eine ökologisch-innovative Straßen- und Gehwegbeleuchtung zu entwickeln. Ermöglicht werden soll eine sichere Beleuchtung bei gleichzeitig energieeffizienter Arbeitsweise und geringstem Einfluss auf in unmittelbarer Nähe befindliche Ökosysteme.

---

## 3.6 Museumsbeleuchtung

S. Aydınli, S. Gramm, H. Kaase

### ***Energieeffiziente Beleuchtung in Museen unter besonderer Berücksichtigung der Tageslichtnutzung und unter Einbeziehung konservatorischer Aspekte***

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMW) i)  
Laufzeit: 10.2012–11.2014

Das Förderprogramm ENOB des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie unterstützt die Reduzierung des Energieumsatzes in Gebäuden und damit die Verminderung der Emission klimaschädlicher Gase. Das laufende Vorhaben setzt genau hier an und liefert Planungsgrundlagen zu einer Optimierung der Beleuchtung und Tageslichtnutzung in Museen. Im Berichtsjahr wurden die Installationen und Untersuchungen in der Kunsthalle Mannheim sowie im Bodemuseum fortgesetzt. Mit ersten Bestrahlungsversuchen wurde begonnen.

#### **Kunsthalle Mannheim**

Von der Oberlichtverglasung der Staubdecke für die Kunsthalle Mannheim wurde der Verlauf des spektralen Transmissionsgrades im Wellenlängenbereich von 300 nm bis 800 nm gemessen. Aus den gemessenen spektralen Transmissionsgraden wurden die relativen Schädigungspotenziale  $p$  der Tageslichtbeleuchtung (Normlichtart  $D_{65}$ ) für zwei Werte des Faktors  $b$  berechnet.

Als Ergänzung der Allgemeinbeleuchtung wird eine Vielzahl von Spotlights als Akzentbeleuchtung eingesetzt. Zwei Exemplare dieser als LED-Strahler ausgeführten Leuchten wurden an der TU Berlin messtechnisch untersucht. Dabei zeigte sich nur ein Strahlertyp als geeignet.

Aus den gemessenen spektralen Größen lassen sich der Farbort, die ähnlichste Farbtemperatur sowie die speziellen Farbwiedergabeindizes berechnen. Der Wert des allgemeinen Farbwiedergabeindex  $R_a$  mit 97 und der spezielle Farbwiedergabeindex  $R_g$  mit 89 weisen diese LED-Leuchte für einen Einsatz in Museen als geeignet aus.

#### **Bodemuseum**

Im Oberlichtsaal des Bodemuseums wurden die in Stromschienen montierten 14 konventionellen Halogenleuchtstrahler durch 15 neue LED-Strahler als Spende der Firma ERCO ausgewechselt. Bei den LED-Strahlern handelt es sich um zwei verschiedene Typen mit 8 W installierter Leistung, sie dienen der gezielten Anstrahlung einzelner Objekte aus größerer Entfernung. Die weiteren elf Strahler mit 24 W LED-Leistung können durch den Einsatz verschiedener Linsen für unterschiedliche Anwendungen eingesetzt werden. Mit Hilfe dieser Wechseloptiken kann eine für die individuellen Bedürfnisse der Ausstellung angepasste Ausleuchtung der Objekte erzielt werden. Durch den Austausch der Strahler wurde dabei die maximale installierte Leistung von 1,5 kW um fast 80 % auf 325 W reduziert.



Gezielte Ausleuchtung von Skulpturen durch LED-Strahler mit Wechseloptiken

---

---

## Bestrahlungsversuche

In der Bestrahlungsanlage der TU Berlin wurden acht Blaumaßstabproben bestrahlt, die von der DEK (Deutsche Echtheitskommission e.V.) zur Verfügung gestellt wurden. Sie werden häufig als Dosimeter zur Abschätzung der objektschädigend wirksamen Bestrahlung (Dosis) für Ausstellungsobjekte eingesetzt. Auf der Abbildung unten rechts ist die Wirkung erkennbar.



Installation der LED-Strahler im Oberlichtsaal des Bodemuseums



Acht Blaumaßstäbe nach der 16. Bestrahlungsperiode (1200 Stunden)

---

## 3.7 Lichtrichtung

C. Liedtke

### ***Ein neuer Ansatz zur Quantifizierung und Bewertung der Lichtrichtung***

Die Lichtqualität in Innenräumen ist ein Schwerpunktthema in Forschung und Praxis auf dem Gebiet der Beleuchtungstechnik. Das ist sowohl durch den Technologiewechsel im Bereich der Lichtquellen begründet als auch durch die Auseinandersetzung mit Nachhaltigkeit und Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen sowie ein gesteigertes Bewusstsein von Anwendern über die Bedeutung und den Mehrwert von Lichtqualität.

Empfehlungen (z. B. DIN EN 12464-1:2011) zu Kennzahlen, die quantifizierbare Kriterien wie z. B. Beleuchtungsniveau und Blendungsbegrenzung abbilden, suggerieren, dass Lichtqualität berechnet bzw. gemessen werden kann. Ob hingegen nicht quantifizierbare Merkmale wie z. B. die Lichtrichtung hinreichend berücksichtigt werden, ist deutlich schwerer einzuschätzen, da Kennzahlen dazu bisher noch fehlen. Infolgedessen können in Bezug auf die Lichtqualität sowohl gute als auch als weniger gut zu bewertende Beleuchtungslösungen entstehen, die gleichermaßen die Empfehlungen in den aktuellen Normen

der Innenbeleuchtung erfüllen. Eine hohe Lichtqualität ist nur möglich, wenn die Güte-merkmale der Beleuchtung ganzheitlich für den spezifischen Beleuchtungszweck beachtet werden.

Auf Basis dieser Überlegungen entsteht die Anforderung, an den Grundlagen der Kennzahlen für die eindeutige Beschreibung von Lichtqualität zu forschen und weitere bewährte Güte-merkmale aus guten Beispielen der Praxis in Leitfäden und Schriften aufzunehmen, um sie anwendbar im Kontext darzustellen.

Ziel des Forschungsvorhabens am Fachgebiet Lichttechnik in Berlin ist es, ein neues Modell zur Beschreibung und Bewertung für das Güte-merkmal Lichtrichtung bezogen auf den Lichteinfall sowie die Balance zwischen gerichteter und diffuser Beleuchtung im Raum zu erarbeiten. Das Untersuchungskonzept beinhaltet neben einem neuen photometrischen Modell auch Teiluntersuchungen auf Basis qualitativer Evaluierungsmethoden sowie umfangreiche experimentelle Studien mit Probanden zur Erhebung des Einflusses und der Bewertung der Lichtrichtung. Eine Implementierung der Ergebnisse in eine Simulationssoftware zur praxisnahen Anwendung bildet den dritten Schwerpunkt der Arbeit.



---

## 3.8 BBSR Stehleuchten



I. Zimmermann, M. Böhm, S. Buschmann

### ***Praxisorientierte wissenschaftliche Untersuchung des Einsatzes von Stehleuchten unterschiedlicher Beleuchtungstechnologien für die Raumbelichtung in Büro- und Verwaltungsgebäuden***

Gefördert durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)  
Laufzeit: 08.2012–10.2014

Das Projekt untersucht den zielgerechten Einsatz von Stehleuchten zur Ausleuchtung von Nutzerarbeitsflächen.

Die zurzeit für die Bürobeleuchtung genutzte Norm EN 12464-1 und die davon abgeleiteten Arbeitsstättenrichtlinien stammen aus einer Zeit, in der die Allgemeinbeleuchtung generell mittels festinstallierter Decken- oder Wandbeleuchtung realisiert wurde und Arbeitsplatzleuchten lediglich zur Ergänzung derselben hinzugezogen wurden. Zudem fand als Lichtquelle nahezu ausnahmslos die Leuchtstofflampe bzw. die Kompaktleuchtstofflampe Anwendung.

Als Untersuchungsort dienen Büroräume des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung in Bonn und an diversen Standorten in Berlin. Dort wurden zum Jahresanfang 2012 insgesamt fünf verschiedene Leuchtentypen unterschiedlichster Fabrikate beschafft, die an verschiedenen Arbeitsplätzen zum Einsatz kommen. Es handelt sich dabei um Leuchtstoffleuchten, LED-Leuchten und eine Kombination aus Leuchtstoff- und LED-Leuchten.

Die zu untersuchenden Leuchten stehen in Büros verschiedener Raummaße und Himmelsausrichtungen, was bedingt, dass bestimmte Leuchten für einen Raum geeignet

sind und für einen anderen nicht. Die Komplexität der Parameter ist hierbei zu groß, um eine einfache Nutzungsempfehlung geben zu können. Entsprechend werden verschiedene Stehleuchtentypen (LED-Leuchten, Leuchten mit Leuchtstofflampen und Hybrid-Leuchten mit LED und Leuchtstofflampen) in die Untersuchungen einbezogen, um mit den gewonnenen photometrischen, elektrischen und psychometrischen Daten den Leitfaden für den Einsatz von Stehleuchten zu erarbeiten.

Im Einzelnen werden innerhalb des Projektes

- die elektrische Leistung und die Betriebszeiten einschließlich der Netzqualität für ausgewählte repräsentative Arbeitsplätze im BBR erfasst,
- die Leuchtdichte am Arbeitsplatz bildaufgelöst aus unterschiedlichen Positionen bestimmt,
- der zeitliche Verlauf der Beleuchtungsstärkeverteilungen mit geeigneten Sensoren erfasst,
- der Temperaturverlauf am Arbeitsplatz bestimmt,
- die Farbtemperatur und die Farbwiedergabewerte der Stehleuchten ermittelt,
- die spektralen Bestrahlungsstärken in der vertikalen Ebene der Personen gemessen und daraus die gesundheitsrelevanten Größen Melatonin-suppression und IR-Absorption in der Haut bestimmt,
- die Sehleistung und Nutzerakzeptanz ermittelt.

Die Anpassung der Normen an die technischen Möglichkeiten führt letztlich zu einer erhöhten Nutzerakzeptanz bei normgerecht ausgeführten Beleuchtungsanlagen.

---

## 3.9 Optimierung Tageslicht IEA

M. Knoop, P. Prella, A. Diakite, I. Zimmermann, H. Kaase

**Energetische und ergonomische Optimierung neuer Beleuchtungssysteme für Sanierungen und Neubau; Teilprojekt: CIE-Projekt, Erfassung von Tageslichtdaten, Systemtechnologie, Fallstudien, IEA-Mitarbeit**

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)  
Laufzeit: 05.2013–04.2016

### Energieeinsparpotenzial der Beleuchtung

Fast 20 % des weltweiten Stromverbrauchs fallen für die Beleuchtung an. Ein wesentlicher Anteil dieser Energie kann eingespart werden, wenn veraltete Beleuchtungsanlagen in Gebäuden durch neuwertige, effiziente Lichtlösungen ersetzt werden. Durch den Rückgang der Neubautätigkeit in Deutschland, sind gerade Lichtlösungen, die in der Gebäudesanierung eingesetzt werden können, hier von großem Interesse.

### Effizienzsteigerung und Beleuchtungsqualität

Bei einer veralteten Beleuchtungsanlage bewirkt bereits ein Austausch von Lampen oder Leuchten – als typische Sanierungslösung – eine Reduzierung des Energieverbrauchs. Innovative Fenstersysteme, eine optimierte Planung der Tageslichtbeleuchtung oder neue Lichtmanagementlösungen werden jedoch selten in der Sanierungsplanung berücksichtigt. Im Vergleich ist ein einfacher Lichtquellenaustausch rein ökonomisch betrachtet in Bezug auf Energieeinsparpotenzial und Amortisationszeit vorteilhafter. Allerdings ermöglichen innovative Lichtlösungen häufig eine weitere Absenkung des Energieumsatzes bei gleichzeitiger Steigerung der Beleuchtungsqualität und damit

der Produktivität. Kennwerte in Regelwerken, welche hauptsächlich für Nichtwohngebäude existieren, wurden bisher nur für konventionelle Beleuchtungslösungen festgelegt. Sie sind unzureichend, um die Beleuchtungsqualität von Lichtlösungen zu bestimmen und müssen um nutzerbezogene Aspekte erweitert werden. Bisherige Projekte, welche sowohl ökonomische Aspekte als auch wahrnehmungsphysiologische und kognitive Bedürfnisse des Menschen betrachtet haben, konzentrieren sich entweder auf die Bewertung von Tageslichtlösungen oder auf die der künstlichen Beleuchtung.

In dem Verbundprojekt mit dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP), dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) und der daylighting.de wird eine wissenschaftliche Grundlage für den Einsatz von energieeffizienten und ergonomisch optimierten Tageslicht- und künstlichen Beleuchtungssystemen für Sanierungen und Neubau geschaffen. Auf dem Markt verfügbare und neu entwickelte Lichtlösungen werden bewertet, und Erkenntnisse werden mittels Softwarewerkzeugen und Fallstudien für Planer, Forscher, Entwickler und Entscheider zugänglich gemacht. Die Gesamtkoordination des Vorhabens liegt bei der TU Berlin.

### Neue Ansätze für Lichtlösungen

In den Teilprojekten A (Generierung von Tageslichtdaten) und B (Systemtechnologie) werden neue Ansätze für energetische und ergonomische Lichtlösungen erarbeitet. Dazu werden relevante Eigenschaften von Lichtquellen, wie zum Beispiel die farbmetrischen Parameter des Himmelslichtes oder die Dimmkennlinien der LED, untersucht sowie mit weiteren technologischen Entwicklungen und nutzerbezogenen Erkenntnissen verknüpft, um zum Beispiel

---

---

optimal zu regelnde Sonnenschutzsysteme und energie- und bedarfoptimierte Tageslicht- und künstliche Beleuchtungssysteme zu entwickeln.

### **Bewertungskriterien und Planungstools**

Um die erarbeiteten Ansätze zu bewerten und dabei die oben genannten Qualitätsaspekte zu berücksichtigen, wird im Teilprojekt B ein ganzheitliches Bewertungsverfahren erstellt. Die Bewertungskriterien umfassen nutzerbezogene Aspekte, wie die psychologischen, physiologischen und photobiologischen Bedürfnisse des Menschen, sowie Energie-, Betriebs- und Wartungsaspekte. Zusätzlich ist die Anwendbarkeit der Lichtlösung in der Gebäudesanierung und deren Auswirkung auf den Sanierungsprozess von großer Bedeutung.

Das Bewertungsverfahren kann sowohl für die Bewertung von Tageslichtlösungen als auch für die der künstlichen Beleuchtung angewandt werden.

Aus dem Verbundprojekt heraus wurde ein neues IEA-Projekt zum Themenkomplex „Advanced lighting solutions for retrofitting buildings“ initiiert, dessen Subtask B „Daylighting and Electric Lighting Solutions“ vom Fachgebiet geleitet wird.



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie



### 3.10 LEDNorm

R. Kirsch, H. Tantawy, S. Völker

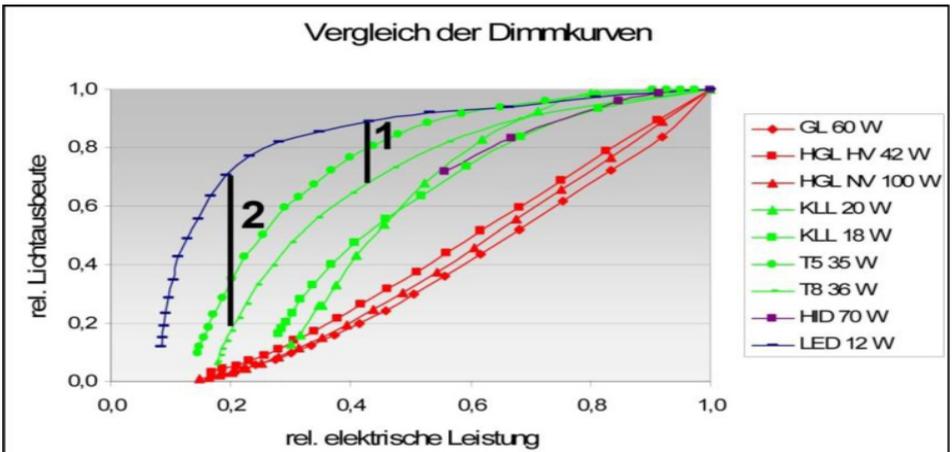
#### **Standardisierung von Kennzahlen zu Dimmung und Beleuchtungsqualität von LED-Beleuchtungsanlagen**

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie  
Laufzeit: 08.2013–07.2015

Aufgrund der besonderen lichttechnischen Eigenschaften kann die LED-Technologie im Vergleich zu konventionellen Beleuchtungssystemen sowohl eine bessere Beleuchtungsqualität als auch ein höheres Energieeinsparpotenzial erreichen. Für eine exakte Beurteilung der Energieeffizienz von LED-Leuchten unter Berücksichtigung einer optimalen Beleuchtungsqualität sind neue, LED-spezifische Kennzahlen erforderlich, die den direkten Vergleich

mit herkömmlichen Beleuchtungslösungen ermöglichen.

Im Forschungsprojekt werden Kennzahlen zur Charakterisierung des Einsparpotenzials durch die effizientere Dimmung von LED-Leuchten entwickelt. Die Kennzahlen werden auf nationaler (FNL 20) und internationaler Ebene (CIE -TC 3-52) vorgestellt und direkt in die Normung eingebracht. Das bisher angewandte Berechnungsverfahren des Energiebedarfs wird überarbeitet, wobei der Einfluss der Dimmkennlinie von LED-Leuchten auf die Energiebilanzierung der Konstantlichtstromregelung und der tageslichtabhängigen Steuerung berücksichtigt wird. Im Rahmen des Projektes werden darüber hinaus neue Kennzahlen zur Beleuchtungsqualität erarbeitet und in die bestehende Normung eingebracht.



1) Bei 40% Dimmung ist die rel. Lichtausbeute der LED um ca. 20% höher, als bei T8-Lampen

2) Bei 20% Dimmung ist die rel. Lichtausbeute der LED um ca. 50% höher, als bei T8-Lampen

[Quelle: Studienarbeit Silvia Bense]

---

## 3.11 Tageslichtnutzung



S. Aydınli, S. Gramm, H. Kaase

### ***Tageslichtnutzung in Wohn- und Arbeitsräumen zur Verbesserung der visuellen Behaglichkeit und der Aufenthaltsqualität***

Gefördert durch das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR) und unterstützt mit großzügigen Spenden durch die Firmen OSRAM AG und SCHÜCO International KG sowie durch den VFL e.V.

Laufzeit: 07.2011–03.2013

Die ausreichende Versorgung von Aufenthaltsräumen mit Tageslicht bei angemessener Sichtverbindung nach außen ist essentielle Voraussetzung sowohl für die Sicherheit, die Gesundheit und das Wohlbefinden als auch für die Leistungsfähigkeit der Menschen. Die im Rahmen dieses Vorhabens aus Messungen, Felduntersuchungen und Nutzerbefragungen gewonnenen Erkenntnisse können zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität in Räumen und zusätzlich zur besseren Gestaltung und zum optimierten Betrieb bezüglich der Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten in Arbeitsstätten bei einer energieeffizienten Beleuchtung beitragen. Damit stehen Grundlagen zur Bestimmung des Tageslichtbedarfs in Aufenthaltsräumen und zur Erhöhung der visuellen Behaglichkeit durch Tageslichtbeleuchtung in Gebäuden zur Verfügung. Im Rahmen des Vorhabens wurden zahlreiche Untersuchungen vorgenommen:

Aus **Laboruntersuchungen an Doppelverglasungen und PC Platten für Oberlichter** ließen sich zuverlässige Bewertungen der Materialien bezüglich gesundheitsspezifischer ( $a_{cv}$ ), lichttechnischer ( $T_{D65}$ ), farbmetrischer ( $T_{CP}$ ,  $R_a$ ,  $R_9$ ) und energetischer ( $g$ -Wert) Größen ableiten.

Für Probandenversuche wurde ein **Testraum mit künstlichem Fenster und Himmel** aufgebaut. Dabei ergab die Auswertung des d2-R Tests, dass die Beleuchtungsstärke auf dem Arbeitsplatz auf die mit dem Test gemessene Konzentrationsleistung keinen Einfluss hat. Deutliche Unterschiede waren jedoch für die Lichtrichtung in Kombination mit den unterschiedlichen Reflexionseigenschaften der Papiertypen zu sehen. So wurde die Beleuchtungsstärke auf dem Arbeitsplatz dunkler bewertet als die Direkt-Beleuchtung. Dieses lässt sich mit den bei Direkt-Beleuchtung durch die Reflexionseigenschaften des Papiers bedingten höheren Leuchtdichten des Sehobjektes begründen. Die Untersuchungen mit glänzenden Papiermaterialien belegten, dass der seitliche Lichteinfall, wie er durch vertikale Tageslichtöffnungen zu realisieren ist, zu deutlich besseren Sehbedingungen führt.

Die **Befragung in Verwaltungsgebäuden** hat gezeigt, dass die meisten Probanden großen Wert auf eine ungehinderte Sichtverbindung nach außen legen. Arbeitsplätze mit einem Tageslichtquotienten  $D > 2$  % wurden mit „besser als ausreichend hell“ bewertet. Direkte Blendung durch die durch das Fenster gesehene Leuchtdichte des bedeckten Himmels wurde als „nicht störend“ wahrgenommen, obwohl dabei sehr hohe Himmelsleuchtdichten auftreten konnten. Reflexblendung am Bildschirm wurde dagegen sowohl bei bedecktem Himmelszustand als auch bei Sonnenschein von über 20 % der Befragten als „störend“ bis „unerträglich“ wahrgenommen. Felduntersuchungen in einem Verwaltungsgebäude mit modernem Sonnenschutz bei gleichzeitiger Sichtverbindung nach außen zeigten, dass 2/3 der Probanden die Sichtverbindung als nur

„leicht beschränkt“ empfinden. Dabei wurde von 90 % der Nutzer keine Direktblendung und auch keine Reflexblendung bemerkt.

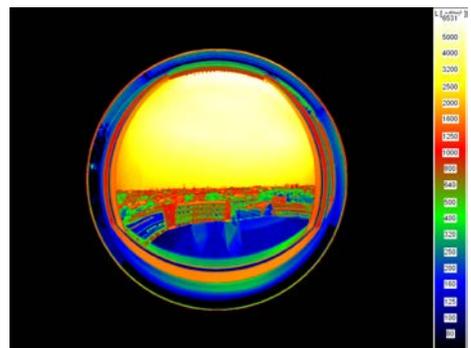
Die untersuchten **Industriehallen mit Oberlichtern** zeichneten sich durch einen mittleren Tageslichtquotienten von 4 % bis 7 % in der Nutzebene aus. Trotz des mittleren Tageslichtquotienten von 4,4 % wurde die gesamte Halle nicht als zu hell bewertet, es ergab sich vielmehr eine grenzwertige Einschätzung durch die Nutzer („etwas zu dunkel“). Der in DIN 5034 geforderte Mindestwert von 4 % für den mittleren Tageslichtquotienten sollte also höher angesetzt werden.

Ein Großteil der befragten Besucher von **Einkaufsarkaden** legt Wert auf eine angenehme Gesamtatmosphäre beim Einkaufen. Auch eine Tageslichtbeleuchtung wurde mehrheitlich als sehr positiv bewertet. Die Tageslichtbeleuchtung sollte in Bezug auf die visuelle Behaglichkeit so geplant werden, dass der maximale Wert des Tageslichtquotienten im Mallbereich einen Wert von  $D_{\max} = 8 \%$  nicht unterschreitet und im Obergeschoss einen Wert von  $D_{\max} = 15 \%$  nicht überschreitet. Mit diesen Werten des Tageslichtquotienten wird gleichzeitig die Strahlungs- und Wärmebelastung entsprechender Objekte weitgehend herabgesetzt.

Nutzerbefragungen in **privaten Wohnräumen** zeigten, dass der in DIN 5034 als Mindestwert für eine ausreichende Helligkeit angegebene arithmetische Mittelwert des Tageslichtquotienten aus den beiden Normbezugspunkten von 0,9 % nicht für eine Bewertung einer für den Nutzer positiv empfundenen Tageslichtversorgung geeignet ist. Der Mindestwert von

0,9 % ist als Grenzwert zu deuten und kann als solcher weiterhin gelten, jedoch werden Räume mit derart niedrigen Werten als etwas zu dunkel empfunden. Es zeigte sich, dass ab einem Mittelwert des Tageslichtquotienten von etwa  $D = 2 \%$  die Bewertung „genau richtig“ erreicht wird.

Tageslichtversorgung von Innenräumen nimmt unter energetischen, lichttechnischen und arbeitspsychologischen Aspekten einen hohen Stellenwert ein. Das Forschungsprojekt liefert Grundlagen zur Tageslichtnutzung sowohl für Normen als auch für die Anwendung bei Beleuchtungs- und Gebäudeplanungen. Es hat sich gezeigt, dass technische Lösungen für Tageslichtsysteme und elektronische Kontrollsysteme unter besonderer Berücksichtigung der gesundheitlichen und energetischen Bewertung weiterentwickelt und optimiert werden müssen.



Leuchtdichteverteilung des künstlichen Himmels

---

## 3.12 LED-Bürobeleuchtungseinrichtungen



S. Aydınli, M. Böhm, S. Gramm, H. Kaase

### **Evaluierung von LED-Bürobeleuchtungseinrichtungen**

Gefördert durch das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR)  
Laufzeit: 10.2011–03.2013

Die energetische Optimierung der Beleuchtung von Büroarbeitsplätzen bei gleichzeitiger Verbesserung der Akzeptanz ist mit spezifischen Fragestellungen verbunden, die sich sowohl aus dem Nutzerprofil als auch aus dem Gebäudetyp ergeben. Wesentliche Argumente für den Einsatz von LED-Leuchten sind deren effizienter Betrieb, ihre Lebensdauer und Dimmbarkeit sowie die Realisierung von Zusatzfunktionen, so dass sie in Konkurrenz nicht nur zu Leuchtstofflampen sondern auch zu Hochdruckentladungslampen treten. Die Realisierung von Zusatzfunktionen ist zum einen an die modulare Bauweise von LED-Leuchten gekoppelt, das heißt, der Gesamtlichtstrom wird von mehreren LEDs mit vergleichsweise geringen Lichtstrompaketen erzeugt. Zum anderen sind Zusatzfunktionen durch die Auswahl der bei der Fertigung einzustellenden beliebigen Lichtfarbe gegeben. Mit LEDs ist es erstmals möglich, eine spektrale Anpassung des Lichtes an einen gewünschten Effekt in Modulbauweise vorzunehmen. Dabei können visuelle, farbmimetrische und nichtvisuelle Effekte des Lichtes berücksichtigt werden.

Im Hauptgebäude des Bundesrechnungshofes mit insgesamt 322 Büroräumen für ca. 450 Mitarbeiter wurden relevante lichttechnische, farbmimetrische und energetische Messungen durchgeführt. Dazu wurde auch ein Messsystem

aufgebaut, das in 40 repräsentativ ausgewählten Büroräumen ein Jahr lang die entsprechenden Größen in 5-Minuten-Intervallen ermittelte. Der nach DIN V 18599 berechnete jährliche Energiebedarf  $Q$  wurde dann mit dem Referenzwert nach EnEV 2009 und dem Bedarf der Altanlage verglichen. Weitere experimentelle Untersuchungen am Ort betrafen den Tageslichtquotienten, die Leuchtdichteverteilung und den Einfluss der Raumbegrenzungsflächen auf Farbwiedergabeeigenschaften. Bei der Gesamtbeurteilung der Beleuchtungsanlage wird neben der Erfüllung gültiger Normen und Empfehlungen auch das Ergebnis der umfangreichen Nutzerbefragung berücksichtigt.

**Lichttechnische Bewertung:** Die LED-Leuchten sind gut durchkonstruiert und weisen eine Lichtstärkeverteilung sowohl für den oberen als auch für den unteren Halbraum auf, die für die Arbeitsplatzbeleuchtung gut geeignet ist. Die Raumausleuchtung für den Arbeitsplatz ist sehr gut, der gesamte Büroraum ist allerdings in Nebenflächen nur unzufriedenstellend beleuchtet. Der Mittelwert der ähnlichsten Farbtemperatur mit 6400 K kommt dem Wert des Tageslichtes  $D_{65}$  sehr nahe, sodass kaum Zwielicht auftreten kann. Der allgemeine Farbwiedergabeindex  $R_a$  ist mit 71 deutlich unter dem in DIN EN 12464 geforderten Wert von  $R_a \geq 80$ , was von den befragten Mitarbeitern allerdings nicht als Mangel bewertet wurde. Auf die Farb- und Farbwiedergabeeigenschaften der LED-Beleuchtung haben die Raumerschließungsflächen kaum einen Einfluss. Die elektronische Kontrolle der LED-Leuchten ist optimal. Eine Einstellung auf den gewünschten Wert der Beleuchtungsstärke auf bis zu 1100 lx in der Arbeitsplatzebene ist unproblematisch. Die Dimmung der LED-Leuchte erfolgt nach der

---

Methode der Pulsweitenmodulation mit einer Modulationsfrequenz von 400 Hz. Ein Flimmern ist bei dieser Frequenz der Lichtwelligkeit für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar. Dies ließ sich durch die Ergebnisse der Nutzerbefragung bestätigen. Innerhalb des Projektzeitraumes waren keine Alterungseffekte an den LED-Beleuchtungsanlagen festzustellen.

**Ergonomische Bewertung:** Aufgrund der teilgerichteten Lichtstärkeverteilung der LED-Leuchte hat die Aufstellung im Raum einen entscheidenden Einfluss auf die Ausleuchtung. Während bei einer Anordnung der Leuchte parallel zur Raumachse im Raum eine relativ gleichmäßige Beleuchtungsstärkeverteilung in der Nutzebene und eine ausgewogene Leuchtdichteverteilung auf den Raumschließungsflächen erzielt werden, sind die Werte bei einer Anordnung der Leuchte senkrecht zur Raumachse sehr ungleichmäßig. Die LED-Stehleuchten sollten auch in Großraumbüros eingesetzt werden können, wenn nur für eine zusätzliche Hintergrund- und Allgemeinbeleuchtung (Verkehrsbeleuchtung) gesorgt wird.

**Gesundheitliche Bewertung:** Die physisch und psychisch relevanten Expositionen orientieren sich am natürlichen, nur durch die Atmosphäre gefilterten, Strahlungsangebot. Für die LED-Beleuchtung wurden neben den oben genannten lichttechnischen und farbmtrischen Größen die in DIN 5031-10 definierten Größen circadianer Wirkungsfaktor  $a_{cv}$  und Bluelight Hazard Schädigungspotenzial  $a_{bv}$  ermittelt. Die Ergebnisse liegen etwas unter den Größen des Normlichtes  $D_{65}$ . Die gesundheitsschädigenden UV-Strahlungsanteile und die wirksamen IR-Bestrahlungstärken sind vernachlässigbar. Daher ist eine gesundheitliche Schädigung durch diese

künstliche Beleuchtung nicht zu erwarten.

**Energetische Bewertung:** Die aus Messungen in 40 ausgewählten repräsentativen Büroräumen ermittelten Werte des Jahresenergieumsatzes für den Zeitraum April 2012 bis März 2013 ergaben geringere Werte als die des nach DIN V 18599-4 berechneten Jahresenergiebedarfs. Der Vergleich der Bestandsanlage mit den neuen LED-Leuchten nach DIN V 18599 ergab eine Reduzierung des Jahresenergiebedarfs für die Beleuchtung in den Büroräumen um 2/3. Dies ist zu 64 % auf die moderne Lampen- und Leuchtentechnik, zu 19 % auf den Einsatz von Präsenzmeldern und zu 17 % auf die Verwendung intelligenter Regelungstechnik mit einer tageslichtabhängigen Regelung zurückzuführen.

**Nutzerbewertung:** Es wurden Nutzerbefragungen sämtlicher Mitarbeiter durchgeführt. Entgegen den Erwartungen hat sich die jahreszeitliche Veränderung des Tageslichteintrages kaum in der Bewertung der Leuchte niedergeschlagen. Als wesentlicher Zusammenhang zwischen der Beleuchtungstechnik und der Nutzerakzeptanz gilt heute der Bezug zum Tageslicht, dabei spielen die nutzerbezogenen Kontrollsysteme eine wichtige Rolle. Die Gesamtbefunde lassen erkennen, dass die Leuchte überwiegend positiv aufgenommen wurde. Dies spiegelt sich besonders in der signifikant besseren Gesamtbewertung gegenüber der vorherigen Beleuchtung wider. Während die Bewertung der Arbeitsplatzbeleuchtung besonders positiv ausfällt, wird die Hintergrundbeleuchtung durch die LED-Stehleuchte als etwas zu dunkel bewertet. Sollten in diesen Bereichen Sehaufgaben erforderlich sein, z.B. an Besprechungstischen, wird dort eine zusätzliche Beleuchtung empfohlen. Vor dem

Hintergrund des energetischen Einsparpotentials und dem gegenüber der Bestandsanlage besseren Abschneiden in der Nutzerbewertung

ist eine vermehrte Nutzung von LED-Arbeitsplatzleuchten eindeutig zu befürworten.

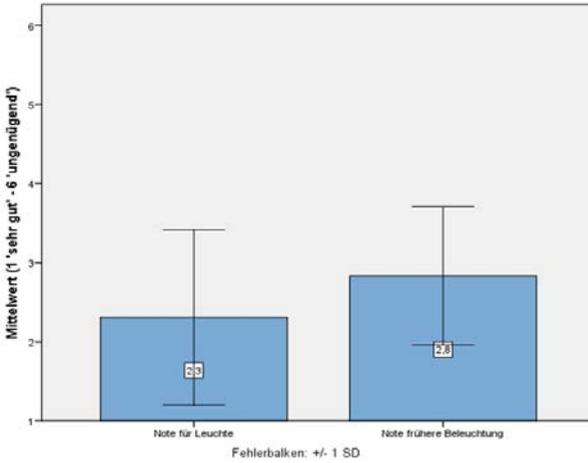


Abb. 1:  
Gesamturteil zur Beleuchtung

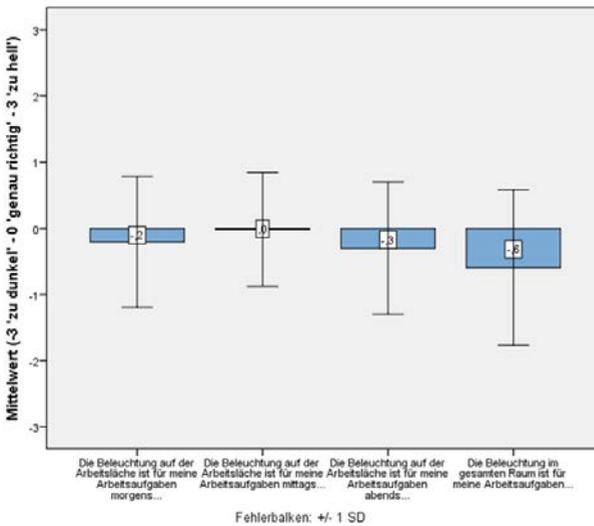


Abb. 2:  
Bewertung der Helligkeit am Arbeitsplatz und im gesamten Raum

---

## 3.13 Erkennbarkeit von Warnkleidung



M. Böhm, S. Völker

### ***Erkennbarkeit von Warnkleidung – Abschätzung der Auffälligkeit verschiedenartig hervorgehobener Fußgänger im nächtlichen Straßenverkehr***

Gefördert durch die deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)  
Laufzeit: 10.2011–06.2013

Einschlägige Studien zur Erkennbarkeit von Warnkleidung konnten wiederholt zeigen, dass sich die Auffälligkeit schwächerer Verkehrsteilnehmer durch das Tragen selbiger erhöht. Allerdings wurde dies bislang meist mit Probanden untersucht, die wussten, nach welchen Zielreizen sie suchen sollen. Im realen Straßenverkehr treten Situationen, in denen Warnkleidung zur Sicherheit ihrer Träger beitragen soll, jedoch häufig für andere Verkehrsteilnehmer völlig unerwartet ein. Daher wurden in diesem Projekt die Blickbewegungen von hinsichtlich des Untersuchungszweckes naiven Fahrern analysiert.

Siebenundzwanzig Probanden im Alter von 20 bis 73 Jahren wurden an drei Punkten (Hauptverkehrsstraße, Anwohnerstraße, unbeleuchteter Außerortsabschnitt) insgesamt sechs verschiedene Kleidungsvarianten präsentiert. Neben vollständig schwarzer Kleidung wurden ein Langarmhemd mit Reflektormotiv auf der Brust, eine Jacke mit Konturmarkierung an Armen und Torso, eine Weste aus vollflächig retroreflektierendem Garn, eine Warnweste nach DIN EN 471 und eine baugleiche Weste ohne Retroreflektorstreifen verwendet.

Bei einer zweiten Versuchsfahrt waren die Probanden instruiert, auf den betreffenden Streckenabschnitten jeden Fußgänger

anzuzeigen. Hierdurch war es möglich, die in der ersten Fahrt mit unvorbereiteten Versuchspersonen erhobene Detektionsentfernung der Erkennung als Fußgänger gegenüber zu stellen. Einige der Fahrten wurden bei Regen durchgeführt, um die Praxisrelevanz der Untersuchung zu erhöhen.

Die Auffälligkeit der Sehobjekte konnte nur durch großflächige Markierungen (Jacke mit Konturstreifen, Warnweste nach DIN EN 471, vollflächig reflektierende Spezialgarnweste) signifikant verbessert werden. Dagegen reicht eine verhältnismäßig kleine Fläche (Reflektormotiv) oder eine lediglich fluoreszierende Weste nicht aus, um einen nennenswerten Effekt gegenüber schwarzer Kleidung zu erzielen. Zudem hat selbst eine großflächige Markierung des Sehobjektes (auch mittels Fluoreszenz) nur einen eingeschränkt statistisch signifikanten Vorteil bei der Erkennung als Fußgänger, während das Reflektormotiv auf dem Level von rein schwarzer Kleidung rangiert. Die Unterschiede zwischen den Kleidungsvarianten gehen dabei ausschließlich auf die Darbietungen auf dem unbeleuchteten Streckenabschnitt zurück. In den beleuchteten Innerortsbereichen erbrachten Retroreflektoren – ungeachtet von Form und Größe – keinerlei signifikante Vorteile für die Detektion und Erkennung von Fußgängern. Niederschlag scheint wider Erwarten keinen Einfluss auf die Detektion von Retroreflektoren zu haben, doch ist dies wegen des geringen Teilstichprobenumfangs nicht hinreichend gesichert.

Die Ergebnisse der Studie lassen befürchten, dass sich gerade Träger von Freizeitkleidung mit eher spärlicher Reflektorbestückung in trügerischer Sicherheit wiegen. Auch wenn

Retroreflektoren auf beleuchteten Innerortsstrecken keine messbaren Vorteile für den Träger erbrachten, kann hieraus nicht gefolgert werden, im urbanen Raum seien derartige Erkennungshilfen unnötig, da bereits eine geringfügige Verschlechterung der Beleuchtungssituation dramatische Folgen haben könnte. Daher ist eine generelle Empfehlung

zur Nutzung von Retroreflektoren aufrecht zu erhalten. Allerdings stellt sich die Frage, wie mittels geeigneter Reflektorkonfigurationen nicht nur die Auffälligkeit schwächerer Verkehrsteilnehmer erhöht, sondern auch deren Identifikation gefördert werden kann. Daher sollten Effekte der Anordnung des Warnmaterials weiter untersucht werden.

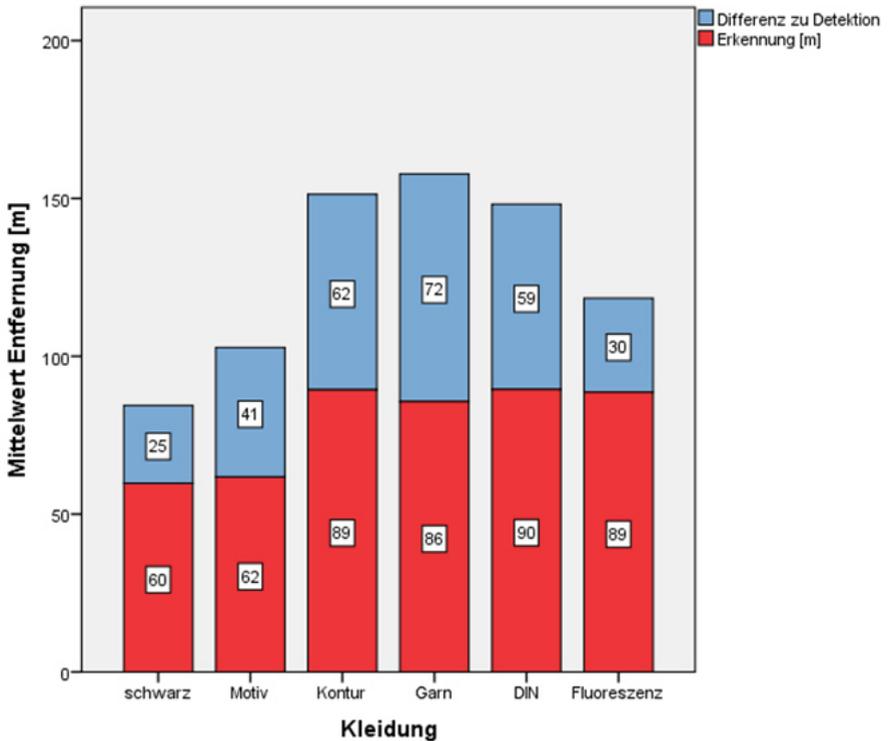


Abb.: Mittlere Entfernung der Erkennung als Fußgänger (Ansprache durch den Fahrer) im Vergleich zur bloßen Detektion eines Sehbjcktes (Erstfixation)

---

## 3.14 Retroreflektierende Warnkleidung



M. Böhm, S. Völker

### Erkennbarkeit von Fußgängern – Auffälligkeit retroreflektierender Personenmarkierungen im nächtlichen Straßenverkehr

Gefördert durch den Deutschen Verkehrssicherheitsrat (DVR)

Laufzeit: 12.2013–08.2014

Aus den Ergebnissen des von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) geförderten Forschungsprojektes FP 328 ‚Erkennbarkeit von Warnkleidung‘ geht hervor, dass unter nächtlichen Sichtverhältnissen insbesondere Träger von Freizeitkleidung kaum rechtzeitig erkannt werden können, um Kollisionen wirkungsvoll zu vermeiden. Dabei scheint die Fläche der verwendeten Retroreflektoren der entscheidende Faktor zu sein. Dieser wird im aktuellen Forschungsvorhaben bei unterschiedlichen Reflektoranordnungen systematisch variiert. Zudem kommen neuartige Kleidungsvarianten aus vollflächig reflektierenden Garnen zum Einsatz, welche geeignet sein könnten, die mitunter geringe Akzeptanz retroreflektierender Materialien in der Bevölkerung zu erhöhen.

Bisherige Untersuchungen zur Auffälligkeit retroreflektierender Kleidung kranken vor allem daran, dass diese mit Probanden untersucht wurden, die wussten, nach welchen Zielreizen sie suchen sollen. Im realen Straßenverkehr treten Situationen, in denen Warnkleidung zur Sicherheit ihrer Träger beitragen soll, jedoch häufig völlig unerwartet ein. Daher wird auch in dieser Studie die Methode der Blickbewegungsmessung angewandt, welche es erlaubt,

das visuelle Informationsaufnahmeverhalten unvoreingenommener Versuchspersonen zu analysieren. Das vorausgegangene DGUV-Forschungsprojekt 328 hat bereits gezeigt, dass diese Vorgehensweise sehr gut geeignet ist, die Auffälligkeit von Reflektormaterialien in realen Verkehrssituationen zu bewerten.



---

# 4 Veranstaltungen, Arbeiten, Öffentlichkeitsarbeit

---

## 4.1 Workshop Museumsbeleuchtung

Am 13. September 2013 fand der „1. Workshop Museumsbeleuchtung“ an der TU Berlin statt. Der Workshop wurde im Rahmen des von der Forschungsinitiative Energieoptimiertes Bauen (EnOB) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Forschungsprojektes „Energieeffiziente Beleuchtung in Museen unter besonderer Berücksichtigung der Tageslichtnutzung und unter Einbeziehung konservatorischer Aspekte“ durchgeführt. Obwohl die Veranstaltung kurzfristig angesetzt wurde, war die Resonanz groß: es nahmen 111 Experten teil. Die anwesenden Kunsthistoriker, Restauratoren, Lichtplaner, Architekten, Lichttechniker sowie Lampen- und Leuchtenhersteller waren Garantie einer anspruchsvollen Tagung.

Der Einführungsvortrag von Herrn Prof. Dr. Lindemann, Direktor der Gemäldegalerie, der Skulpturensammlung und der Byzantinischen Kunst der Stiftung Preußischer Kulturbesitz, zeigte in eindrucksvoller Weise wie eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zu Ergebnissen führt, die sowohl den Anforderungen an die Erkennbarkeit als auch konservatorischen Kriterien genügen.

Elf Fachvorträge von anerkannten Vertretern aus Museen, Forschungsinstituten und Industrie behandelten die drei Bereiche nachhaltige Museumssanierung, beleuchtungstechnische Lösungen sowie restauratorische Aspekte und gaben gesicherte umfangreiche Antworten zu offenen Einzelthemen wieder. Die Themen reichten von energetischen Potenzialen bei der Sanierung über Tages- und Kunstlichtsteuerung, Tageslichtbeleuchtung und aktuellen

Fragen zu Leuchtmitteln bis hin zu Wirkungsspektren und strahlungsbedingter Schädigung von Papier und Elfenbein. Die Vorträge zeichneten sich durch eine hohe Qualität aus und veranlassten die Teilnehmer zu intensiven Diskussionen.

Im letzten Programmpunkt des Workshops erarbeitete Prof. Kaase zusammen mit den Teilnehmern Vorschläge für neue Arbeitsschwerpunkte. Eine Vielzahl von Vorschlägen zur anwendungs- und erkenntnisorientierten aber auch zur industriellen Forschung und Entwicklung wurde gesammelt und soll nun in Forschungspakete angemessenen Ausmaßes umgesetzt werden.



---

---

## 4.2 Kolloquium über optische und lichttechnische Fragen

Das Kolloquium wird gemeinsam mit der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft, Bezirksgruppe Berlin-Brandenburg, durchgeführt. Im Berichtsjahr fanden die folgenden Vorträge statt:

- 16.01.2013 Dr. Ahmet Cakir, ERGONOMIC Institut für Arbeits- und Sozialforschung  
Forschungsgesellschaft mbH, Berlin  
**„Nicht-visuelle Wirkungen von Licht – Erkenntnisse aus dem 6. DIN-Experten  
forum“**
- 20.02.2013 Dr. Peter Bodrogi, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt  
**„Fortschritte in der Bewertung der Farbwiedergabe“**
- 22.05.2013 Dipl.-Ing. Birthe Tralau, Zumtobel Lighting GmbH, Dornbirn  
**„Industriebeleuchtung; Steigerung der Produktivität durch Beleuchtung?  
Worauf man bei der Beleuchtungsplanung für die Industrieanwendung wirklich  
achten sollte“**
- 12.06.2013 Prof. Hans Peter Kuhn, Universität der Künste, Masterstudiengang Sound Studies,  
Experimentelle Klanggestaltung, Berlin  
**„Licht und Klang“ – ausgewählte Arbeiten**
- 26.06.2013 Dr.-Ing. Mehmet Yeni, SWARCO V.S.M. GmbH, Berlin  
**„LED-Wende in der Straßenbeleuchtung, Trends und Praxis aus der Sicht eines  
Betreibers“**
- 10.07.2013 Prof. Dr.-Ing. Peter Marx i. R., Beuth Hochschule Berlin  
**„Entwicklung der Stadtbeleuchtung von der Gaslaterne bis zur modernen LED-  
Straßenleuchte mit integrierter Ladestation für Elektrofahrzeuge“**
- 30.10.2013 Dipl.-Ing. Michael Limburg, Vizepräsident von EIKE e.V.  
**„Energiewende – Energiewunder – Energiewahnsinn! Wie man mit Mythen  
Billionen verbrennen kann“**

---

---

## 4.3 Abschlussarbeiten und Promotionen

Folgende Studien-, Diplom-, Bachelor- und Masterarbeiten wurden verfasst:

S. Buschmann, Diplomarbeit

***Durchführung eines Probandentests zur Untersuchung des Einflusses der Beleuchtungsniveauabsenkung auf die foveale Sehleistung***

Betreuer: Völker, Winter

M. Christenfeldt, Studienarbeit

***Analyse und Bewertung von Sensoriksystemen für adaptive Straßenbeleuchtungssysteme***

Betreuer: Völker, Schade

A. Diakite, Diplomarbeit

***Urbane Lichtplanung – Ermittlung der Gütekriterien für Lichtmasterpläne***

Betreuer: Völker, Kirsch

U. Hartwig, Bachelorarbeit

***Untersuchung mit künstlichem Himmel zur Bestimmung der Sehleistung bei seitlichem Lichteinfall***

Betreuer: Völker, Gramm

J. Hemmen, Masterarbeit

***Radiometrische Ray-Tracer Simulation zur Detektierung von Hot Spots in Kfz-Scheinwerfern***

Betreuer: Völker

H. Hoffmann, Masterarbeit

***Der Einfluss von Raumreflexionsgraden auf die Wahrnehmung der Lichtrichtung***

Betreuer: Völker, Liedtke

L. Jokisch, Bachelorarbeit

***Entwicklung und Einrichtung eines Versuchsstandes zur Bewertung von Sicherheit und Energieeffizienz örtlich adaptiver LED-Leuchten***

Betreuer: Völker, Schade

I. Rotherth, Bachelorarbeit

***Simulation zur Entwicklung eines theoretischen Modells der Lichtrichtung an einem Raumpunkt***

Betreuer: Völker, Liedtke

Y.-W. Lu, Diplomarbeit

***Analyse von Simulationen zur Optimierung von Lichtverteilungen in der ortsfesten Straßenbeleuchtung***

Betreuer: Völker

---

---

H. T. H. Le, Masterarbeit

**Messung und Simulation von Lichtstärkeverteilungen getrennt emittierender Bereiche**

Betreuer: Völker

Ch. Petzold, Diplomarbeit

**Untersuchungen zu ausreichendem Tageslicht in Wohngebäuden**

Betreuer: Völker, Gramm

P. J. Prella, Masterarbeit

**Die subjektive Bewertung der Lichtqualität bei reduzierter Umgebungsbeleuchtungsstärke im Büro**

Betreuer: Völker, Kirsch

P. Risthaus, Masterarbeit

**Energieeinsparpotenziale von lichtstromgesteuerten LED-Außenleuchten**

Betreuer: Völker, Kirsch

B. Scheibler, Bachelorarbeit

**Innovative Straßenbeleuchtung zur Verbesserung von Sicherheit und Energieeffizienz**

Betreuer: Völker, Schade

J. Steblau, Diplomarbeit

**Optimierung von Lichtstärke-Verteilungskörpern auf die Erkennbarkeit einfacher Sehobjekte**

Betreuer: Völker, Schade

S. Wang, Masterarbeit

**Auswirkung unterschiedlicher lichttechnischer nationaler Normen auf die Energieeffizienz von Gebäuden**

Betreuer: Völker

A. Wojciechowska, Masterarbeit

**Subjektive Bewertung unterschiedlicher Leuchtdichteverteilungen im Büroraum**

Betreuer: Völker, Kirsch

**Folgende Promotion wurde abgeschlossen:**

H. Herzberg

**Konzeption und Aufbau eines Monitoringsystems zur Vermeidung von Schädigungen durch optische Strahlung an Sammlungsgut**

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 08.11.2013

---

---

## 4.4 Preise und Auszeichnungen

### Auszeichnung für die Jahrgangsbesten 2012/2013

Auf der Absolventenfeier am 6. Dezember 2013 wurden die Jahrgangsbesten der Studiengänge Elektrotechnik, Informatik, Technische Informatik, Automotive Systems und Computational Neuroscience des Jahres 2012/2013 ausgezeichnet. Dies war für Ihren Diplomabschluss im Studiengang Elektrotechnik mit dem Schwerpunktfach Licht- und Solartechnik Aicha Diakite.

### Preis der Willumeit-Stiftung

Aicha Diakite wurde weiterhin im Oktober 2013 für ihre Diplomarbeit "Urbane Lichtplanung. Ermittlung der Gütekriterien für Lichtmasterpläne" mit dem Preis der Willumeit-Stiftung ausgezeichnet. Hiermit bescheinigt die Stiftung den Preisträgern eine besondere Qualifikation in interdisziplinärem Arbeiten und in ganzheitlich vernetztem Denken sowie eine hohe Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Fragestellungen. Frau Diakite war ab 2011 als studentische Mitarbeiterin am Fachgebiet tätig und ist seit Juli 2013 als wissenschaftliche Mitarbeiterin angestellt.



---

## 4.5 Veröffentlichungen und Vorträge

### Veröffentlichungen:

S. Aydınli, M. Böhm, S. Gramm, H. Kaase, S. Völker

***Effizienz und Nutzerakzeptanz: Evaluierung der LED-Beleuchtung eines Bürogebäudes***

In: LICHT, Pflaum Verlag GmbH & Co. KG, 65 (2013), Nr. 9/2013, S.76-79, ISSN 00242861

S. Bensel, S. Völker

***Angular Dependent Spectral Power Distribution of LED Luminaires***

In: Lux Europa 2013 Organising Committee (Hrsg.) Proceedings of the 12th European Lighting Conference Lux Europa 2013. Krakau: Lux Europa, 2013, S. 507-512, ISBN/ISSN 9788391084960 (print)

S. Bensel, S. Völker

***Spatial colour distribution of white LED luminaires***

In: CIE - Commission internationale de l'éclairage (Hrsg.) Proceedings of the CIE Centenary Conference „Towards a New Century of Light“. Wien: CIE, 2013, S. 585-590, ISBN/ISSN 9783902842442 (print)

S. Bensel, S. Völker

***Luminous Intensity Distributions of Light Emitting Areas with Significant Separation***

In: FG Lichttechnik, TU Ilmenau und LiTG e. V. (Hrsg.) Lux Junior 2013 Proceedings. Ilmenau: TU Ilmenau und LiTG e. V., 2013, S. 112-113, ISBN/ISSN 9783927787469 (print)

S. Gramm, U. Hartwig, S. Aydınli, H. Kaase, S. Völker

***Artificial Sky for the Determination of the Visual Performance with Lateral Light Incidence***

In: LUX EUROPA 2013 Organising Committee (Hrsg.) Tagungsband Lux Europa 2013. Warschau: Polski Komitet Oswietleniowy SEP, 2013, S. 449-454, ISBN/ISSN 9788391084960 (print), 9788391084960 (CD-ROM)

H. Kaase, S. Aydınli, S. Gramm

***Energieeffiziente Beleuchtung in Museen unter Einbeziehung konservatorischer Aspekte***

In: Bauphysik, Wilhelm Ernst & Sohn, 35 (2013) (2013), Nr. 3, S.205-211, ISSN 0171-5445

H. Kaase

***Neue Beleuchtungslösungen im Büro***

In: LICHT, Pflaum Verlag GmbH & Co. KG, 65 (2013), Nr. 9/2013, S.14-14, ISSN 00242861

---

R. Kirsch, S. Völker

***Lighting quality versus energy efficiency***

In: CIE (Hrsg.) Proceedings of CIE Centenary Conference „Towards a New Century of Light“. Paris: CIE, 2013, S. 895-902, ISBN/ISSN 978-3-902842-44-2 (print)

R. Kirsch, S. Völker

***Neukonzipierter Lichtsimulator im Fachgebiet Lichttechnik an der Technischen Universität Berlin***

In: Licht, Pflaum Verlag, 2013 (2013), Nr. 5, S.68-70, ISSN 0024-2861

R. Kirsch

***A Holistic Approach to Energy Efficiency and Lighting Quality in Office Spaces***

In: Proceedings of the 11th Lux Junior. Ilmenau: LiTG, 2013, S. 33-33, ISBN/ISSN 978-3-927787-46-9 (print)

M. Knoop, E. Dikel, L. Dokuzer Öztürk, N. Miller, E. Mochizuki, A. Némethné Vidovszky, J. Schanda, P. Thorns

***Review of Lighting Quality Measures for Interior Lighting with LED Lighting Systems***

In: CIE 205:2013. 1. Vienna: Commission Internationale de l'Éclairage, 2013, 28 S. ISBN 978-3-902842 (print)

C. Liedtke, P. W. Schmits, S. Völker

***The Incidence of Light and Directional Light in Interiors – A Rethinking of a Lighting Quality Aspect***

In: Lux Europa (Hrsg.) Proceedings Lux Europa 2013. Warschau: Polski Komitet Oswietleniowy SEP, 2013, S. 535-540, ISBN/ISSN 9788391084960 (print), 9788391084960 (CD-ROM)

C. Liedtke, I. Rotherth

***Empfängerbezogene Konzepte zur Beschreibung der Lichtrichtung in Innenräumen***

In: LiTG e.V. (Hrsg.) Tagungsband Lux junior 2013. Ilmenau: LiTG, 2013, S. 20-21, SBN/ISBN 978-3-927787-46-9 (print), 978-3-927787-46-9 (CD-ROM)

C. Liedtke, S. Völker, M. Knoop

***The Light Direction and Directional Light – Towards a New Quantification of an Essential Lighting Quality Criterion***

In: CIE (Hrsg.) PROCEEDINGS of CIE Centenary Conference „Towards a New Century of Light“ April 15/16, 2013 Paris. S. 542-551, ISBN/ISSN 978-3-902842-44-2 (print), 978-3-902842-44-2 (CD-ROM)

---

M. Niedling, D. Kierdorf, S. Völker

***Influence of a Glare Sources Spectrum on Discomfort and Disability Glare under Mesopic Conditions***

In: CIE (Hrsg.) PROCEEDINGS of CIE Centenary Conference „Towards a New Century of Light“ April 15/16, 2013 Paris, S. 340-348, ISBN/ISSN 978-3-902842-44-2 (print)

M. Niedling, S. Völker, M. Knoop

***Spectral Power Distribution and Glare***

In: Proceedings LuxEuropa Krakow2013. Krakau: LuxEuropa 2013 Organising Committee, 2013, S. 281-286, ISBN/ISSN 978-83-910849-6-0 (print)

M. Niedling, R. Kirsch, C. Liedtke

***Deutsch-französische Lichtblicke – Studentische Installationen zu den Fetes des lumieres in Lyon 2011 und 2012***

In: LICHT, Richard-Pflaum-Verlag (2013), Nr. 9/2013, S.58-62, ISSN 0024-2861

S. Schade

***Optimising Visibility in Street Lighting by Optimizing and Comparing Luminous Intensity Distributions***

In: The International Commission on Illumination - CIE Centenary Conference Paris 2013, Frankreich, eingereichtes u. ausgewähltes Poster mit Veröffentlichung

S. Völker, C. Liedtke

***Lichteinfallstärke – eine neue lichttechnische Grundgröße zur Beschreibung der Lichtrichtung***

In: LICHT, Pflaum Verlag GmbH & Co. KG (2013), Nr. 5/2013, S.62-65, ISSN 0024-2861

S. Völker, P. Krenz

***Entwicklung von Maßzahlen für adaptive Beleuchtungssysteme***

In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) Schutz der Nacht - Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft. Bonn Bad Godesberg: BMU-Druckerei, 2013, S. 87-90, ISBN/ISSN 978-3-89624-071-2 (print)

J. Winter, S. Buschmann, R. Franke, S. Völker

***Typical Eye Fixation Areas of Car Drivers in Inner-City Environments at Night***

In: FG Lichttechnik, TU Ilmenau und LiTG e. V. (Hrsg.) Lux Junior 2013 Proceedings. Ilmenau: TU Ilmenau und LiTG e. V., 2013, S. 112-113, ISBN/ISSN 9783927787469 (print) and In: Lux Europa (Hrsg.) Proceedings Lux Europa 2013. Warschau: Polski Komitet Oswietleniowy SEP, 2013, S. 1-7, ISBN/ISSN 9788391084960 (print), 9788391084960 (CD-ROM)

---

---

**Vorträge:**

M. Böhm

***Erkennbarkeit von Warnkleidung***

DVR, 107. Sitzung des Vorstandsausschusses Fahrzeugtechnik des DVR, 28.08.2013, Zwickau, Deutschland

H. Kaase

***LED-Beleuchtung im Bundesrechnungshof: Lichttechnik, Energieumsatz, Akzeptanz***

BBSR, LED-Fachtagung, 18.09.2013, Bonn, Deutschland

M. Knoop

***Visual, Health and Environmental Benefits of Windows***

CIE, VELUX, 5th VELUX Daylight Symposium, New Eyes on Existing Buildings, 15.05.2013, Kopenhagen, Dänemark

C. Liedtke

***Empfängerbezogene Konzepte zur Beschreibung der Lichtrichtung in Innenräumen (Receiver related approaches for the description of the light direction and directional light in interiors)***

TU Ilmenau und LiTG BG Thüringen-Nordhessen, Lux junior 2013, 27.09.2013, Dörfeld/Ilm, Deutschland

C. Liedtke

***The Incidence of Light and Directional Light in Interiors – A Rethinking of a Lighting Quality Aspect***

Lux Europa, 19.09.2013, Krakau, Polen

C. Liedtke

***Licht und Material – Eine unterschätzte Symbiose***

Selux AG, LichtPlus, 31.01.2013, München, Deutschland

M. Niedling

***Spectral Power Distribution and Glare***

Lux Europa, 18.09.2013, Krakau, Polen

M. Niedling

***Influence of a Glare Sources Spectrum on Discomfort and Disability Glare under Mesopic Conditions***

CIE, Towards a new century of light, 16.04.2013, Paris, Frankreich

---

---

M. Niedling

***Neue Herausforderungen in der Blendungsbewertung von LED und LED-Leuchten***

8. LiTG-Tagung Stadt und Außenbeleuchtung, 30.01.2013, Weimar, Deutschland

M. Niedling

***Influence of the Spectral Power Distribution on Discomfort and Disability Glare under Mesopic Conditions***

IQPC Intelligent Automotive lighting, 28.01.2013, Wiesbaden, Deutschland

H. Piazena

***Nicht-visuelle Wirkungen des Lichtes auf den Menschen***

TU Berlin/Universität der Künste, Hybrid-Talks, 28.11.2013, Berlin, Deutschland

H. Piazena

***Melatonin Suppression by White Light Sources and Blue Light Risk***

European Society for Photobiology, 2013, Congress of the European Society for Photobiology, 3.-6.9.2013, Liege, Belgien

H. Piazena

***Seasonal UV Exposure, Lifestyle, Vitamin-D3 and UV Skin Protection***

European Society for Photobiology, 2013, Congress of the European Society for Photobiology, 3.-6.9.2013, Liege, Belgien

H. Piazena

***Light-Controlled Melatonin Suppression Considering Person's Age***

China Solid State Lighting Alliance, Green Lighting Shanghai Forum/Biological and health effects of lighting, 15.11.2013, Shanghai, China

H. Piazena

***Effects of Lighting on Life Quality and on Cognitive Power of Seniors***

China Solid State Lighting Alliance, Green Lighting Shanghai Forum/Biological and health effects of lighting, 15.11.2013, Shanghai, China

H. Piazena

***Measurements of the Penetration Depths of wIRA***

TU Darmstadt, Dr. med. hc. Erwin Braun Stiftung Symposium on water-filtered infrared-A (wIRA), 27.03.2013, Darmstadt, Deutschland

---

S. Schade

***Neue Planungs- und Entwicklungsverfahren zur Bestimmung adaptiver Lichtverteilungen in der LED-Straßenbeleuchtung***

TU Ilmenau, 27.09.2013, Lux Junior, Dörfeld, Deutschland

S. Schade

***Uniformity- and Visibility-Optimised Luminous Intensity Distributions for Street Lighting***

Lux Europa, 18.09.2013, Krakow, Polen

S. Schneider

***From HME to LED: New Lighting Layouts and Residents' Perception of Artificial Light***

Verlust der Nacht / International Dark Sky Association, ALAN 2013, 30.10.2013, Berlin, Deutschland

S. Völker

***Blendungsbewertung von LED-Leuchten***

Hochschule htwk Leipzig und Netzwerk für intelligente Beleuchtung, Fachtagung „Stadt Licht 2012“, 28.11.2013, Leipzig, Deutschland

S. Völker

***Blendungsbewertung von Außenbeleuchtungsanlagen***

EW Medien und Kongresse; LiTG 11. Fachtagung Energie Straßen- und Außenbeleuchtung 2013, 7.11.2013, Berlin, Deutschland

S. Völker

***Messung physio-psychologischer Größen***

TU Ilmenau, Lux Junior 2013, 27.09.2013, Dörfeld/Ilm, Deutschland

J. Winter

***Influence of Inhomogeneous Fields and Glare Sources on Visual Performance***

CIE JTC 1 Web meeting, 17.12.2013, Deutschland

J. Winter

***Typical Eye Fixation Areas of Car Drivers in Inner-City Environments at Night***

CIE JTC 1 meeting, 18.04.2013, Paris, Frankreich

---

---

## 4.6 Gremien und Fachausschüsse

### **S. Aydınli**

DIN NA 005-56-20 GA

Mitglied im Normenausschuss Lichttechnik, Gemeinschaftsausschuss Energetische Bewertung von Gebäuden

DIN NA 058-00.04 AA

Mitglied im Normenausschuss Lichttechnik, Arbeitsausschuss Innenraumbeleuchtung mit Tageslicht

LiTG e.V. TWA

Mitglied des Technisch-Wissenschaftlichen Ausschusses der LiTG

### **S. Bensele**

DIN NA 058-00-03 AA

Mitglied im Normenausschuss Lichttechnik, Arbeitsausschuss FNL 3 Photometrie

LiTG e.V. TWA

Mitglied des Technisch-Wissenschaftlichen Ausschusses der LiTG

LiTG e.V. TWA

Mitglied des Technisch-Wissenschaftlichen Ausschusses der LiTG, Fachgebiet Messen

### **H. Kaase**

DIN FNL 7

Mitglied im Fachnormenausschuss Lichttechnik, FNL 7 Strahlkunde

### **R. Kirsch**

DIN NA 058-00-20 AA

Mitglied im Normenausschuss Lichttechnik, Arbeitsausschuss Energetische Bewertung der Lichttechnik in Gebäuden

DIN NA 058 BR

Mitglied im Beirat des Normenausschusses Lichttechnik

„Blauer Engel“

Mitglied im Expertenfachkreis Blauer Engel Bürobeleuchtung Deutschland

LiTG e.V.

Vorstand der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft

CIE TC 3-52

Mitglied des Technischen Komitees TC 3.52 der CIE Internationale Beleuchtungskommission, Energy Performance of Buildings – Energy Requirements for Lighting

### **M. Knoop**

CIE Div. 3

Division Secretary der CIE Division 3 Interior Environment and Lighting Design

CIE TC 3-46

Mitglied des Technischen Komitees TC 3-46 der CIE, Research Roadmap for Healthful Interior Lighting Applications

CIE TC 3-49

Mitglied des Technischen Komitees TC 3-49 der CIE, Decision Scheme for Lighting Controls for Tertiary Lighting in Buildings, TC Secretary

CIE TC 3-50

Vorsitzende des Technischen Komitees TC 3-50 der CIE, Lighting Quality Measures for Interior Lighting with LED Lighting Systems

---



---

CIE TC 3-52	Mitglied des Technischen Komitees TC 3-52 der CIE, Energy Performance of Buildings – Energy Requirements for Lighting
CIE JTC 4	Vorsitzende Joint TC 4 (Vorteile von Tageslicht) der CIE Div. 3 und 6
CEN WG 2	Mitglied der Arbeitsgruppe 2 der CEN/TC 169, Lighting of work-places
DIN NA 058-00-06 AA	Mitglied im Normenausschuss Lichttechnik, Arbeitsausschuss Innenraumbeleuchtung mit Tageslicht
DIN NA 041-01-08 AA	Mitglied im Normenausschuss Lichttechnik, Arbeitsausschuss Metereologische Daten

**C. Liedtke**

FA EFI Mitglied im LiTG Expertenforum Innenbeleuchtung

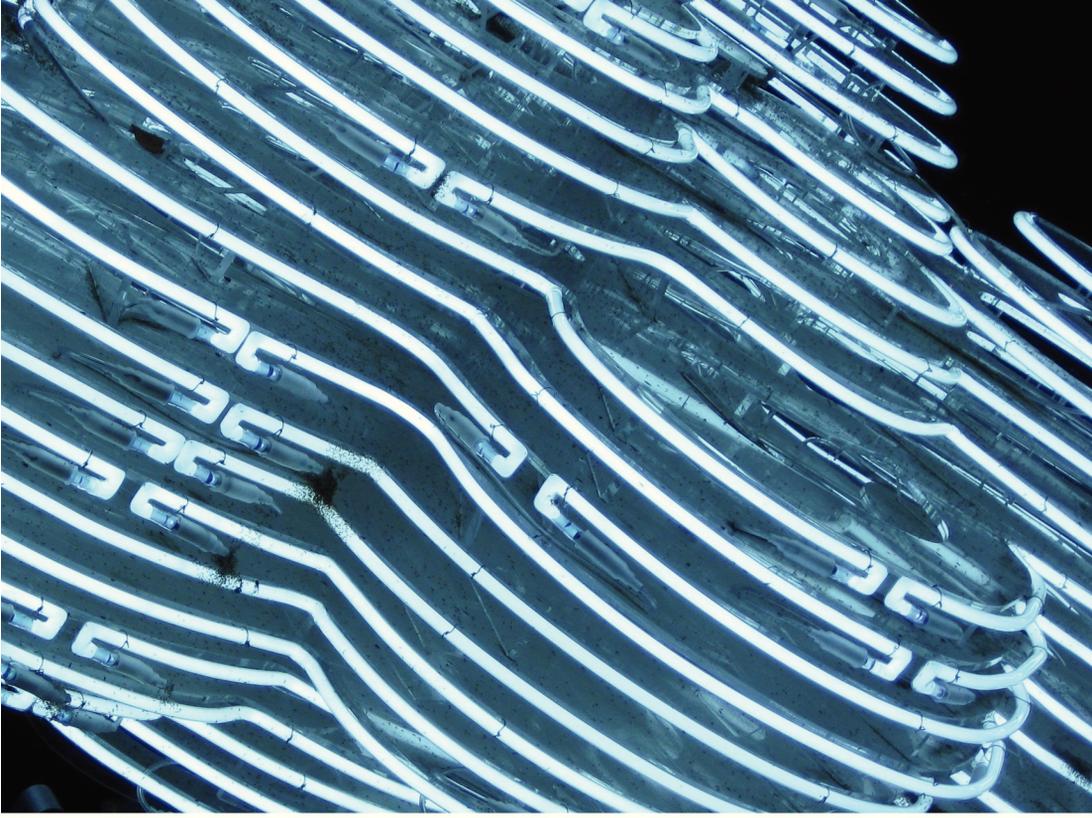
**M. Niedling**

FA EFA Mitglied im LiTG Expertenforum Außenbeleuchtung

**S. Völker**

LiTG e.V. Vorstandsmitglied der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft e.V.  
 FA EFA Mitglied im LiTG Expertenforum Außenbeleuchtung  
 LiTG e.V. TWA Mitglied des Technisch-Wissenschaftlichen Ausschusses der LiTG  
 FNL DIN e.V. Sprecher der Hochschulen im Fachnormenausschuss Lichttechnik des DIN e. V.  
 CIE DNK Mitglied im Lenkungsausschuss des Deutschen Nationalen Komitees (DNK) der Internationalen Beleuchtungskommission CIE  
 CIE TC 4-48 Chairman für mesopisches Sehen der Internationalen Beleuchtungskommission CIE  
 CIE TC 4-33 Stellvertretender Vorsitzender des Technischen Komitees Discomfort Glare der CIE  
 CIE JTC 1 Mitglied, Internationale Beleuchtungskommission CIE, Anwendungsfelder Mesopisches Sehen





**Universitätsverlag der TU Berlin**  
**ISBN 978-3-7983-2667-5 (print)**  
**ISBN 978-3-7983-2668-2 (online)**