

# Mensch « LICHT » Raum



**LiTG-Tagung LiLe 2017 –  
Licht- und Lebensqualität**  
29. bis 30. März 2017 in Weimar

## ABSTRACTS

**WBA**

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



**Deutsche Lichttechnische  
Gesellschaft e.V.**

## Veranstalter

**Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (LiTG)**  
Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin

**LiTG-Bezirksgruppe Thüringen-Nordhessen**  
Stützpunkt Weimar, Washingtonstraße 53a, 99423 Weimar

**Bauhaus Weiterbildungsakademie Weimar e. V. (WBA)**  
Coudraystraße 13A, 99423 Weimar

## Kooperationspartner

Bauhaus-Universität Weimar  
BDIA – Bund Deutscher Innenarchitekten e.V.  
LTG – Lichttechnische Gesellschaft Österreichs  
SLG – Schweizer Licht Gesellschaft  
Technische Universität Ilmenau  
VBI – Verband Beratender Ingenieure

## Herausgeber

© LiTG e.V. | Bauhaus Weiterbildungsakademie Weimar e.V. | 2017

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

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

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

ISBN 978-3-927787-57-5

## Mittwoch, 29. März 2017

### 9.00 Anmeldung

10.00 Begrüßung / Bericht aus dem Labor...  
Prof. Wolfgang Sattler, Bauhaus-Universität Weimar

### Keynote

10.25 Das Licht macht den Raum  
Herbert Cybulska, Beleuchtungsmeister, Lighting Solutions Frankfurt

### Vorträge

11.00 Die Verteilung des Lichts im Raum  
Dipl.-Ing. Carolin Liedtke, Technische Universität Berlin  
11.25 Der Kontrastwiedergabefaktor modern gemessen und Ideen für zukünftige Erweiterungen  
Prof. Dr. sc. nat. habil. Christoph Schierz, Technische Universität Ilmenau

### 11.50 Mittagspause

12.50 Bevorzugte Farbtemperaturen sind abhängig von Raumobjekten und Kontext  
- Ergebnisse von 3 Experimenten  
Prof. Dr.-Ing. Tran Quoc Khanh und PD Dr.-Ing. habil. Peter Bodrogi, Technische Universität Darmstadt

13.15 The global structure of the light field – optics and perception  
Tatiana Kartashova, Huib de Ridder, Susan te Pas, Sylvia Pont,  
Perceptual Intelligence lab, Industrial Design Engineering, TU Delft

13.40 Lichtrichtung – Licht im Raum  
Meggy Rentsch und Prof. Dr.-Ing. Paul Schmits, HAWK Hildesheim

### 14.05 Kaffeepause

14.35 Gerichtetes Licht von LED Arrays und dessen Einfluss auf die Formwahrnehmung  
Dipl.-Ing. Jan Krüger, BAUA Dresden

15.00 Die neue Schrift der LiTG zur Lichtqualität  
Dipl.-Ing. Birthe Tralau und Dipl.-Ing. Peter Dehoff, Zumtobel Dornbirn

## ab 16.00 Workshops

- (A) RGB – für die Bühne reicht das nicht. Die differenzierte Lichttechnik der LED-Scheinwerfer von ETC – eine praktische Demonstration  
Sarah Wegner, Meisterin für Veranstaltungstechnik/ Beleuchtung und Herbert Cybulska, Beleuchtungsmeister, Lichtgestalter, Lighting Solutions Frankfurt
- (B) Wie kann man Entwürfe zum Licht darstellen?  
Dr. Christian Hanke, Bauhaus-Universität Weimar
- (C) Interdisziplinärer Versuchsaufbau Klimalabor  
– Vorstellung und Fragen zu laufenden und geplanten Forschungen und Experimenten  
Prof. Conrad Völker, Bauhaus-Universität Weimar und Dipl.-Ing. Ulf Greiner Mai, ö. b. u. v. SV für Lichttechnik und Ingenieurhonorare, LiTG, VBI, Halle

## 19.00 Abendveranstaltung

### Ende des 1. Tages

## Donnerstag, 30. März 2017

### 9.00 Beginn

#### Keynote

- 9.00 Architektur und Licht in einem hochinnovativen Behandlungszimmer - Delirprävention bei intensivpflichtigen Patienten  
Dipl.-Ing. Edwin Smida, Licht Kunst Licht AG, Berlin und Dr. Alawi Lütz, Charité, Universitätsmedizin Berlin

#### Vorträge

- 9.45 Raum als Feld zwischen Orten  
Prof. Günter Lois Weber, HAWK Hildesheim
- 10.20 Die Wahrnehmung leuchtender Flächen in Räumen am Beispiel von Büros  
Dr. Raphael Kirsch, TRILUX GmbH & Co. KG Arnberg
- 10.45 Untersuchungen über chromatische und achromatische Komponenten der optischen Sehklarheit während der Raumwahrnehmung  
PD Dr.-Ing. habil. Peter Bodrogi und Prof. Dr.-Ing. Tran Quoc Khanh, Technische Universität Darmstadt

### 11.10 Kaffeepause

- 11.40 Visualisierung von Lichtlösungen  
Gregor Gärtner, HAWK Hildesheim
- 12.05 Tages- und Kunstlicht in Büroräumen - Nutzerbewertung und Präferenzen der Lichtverteilung  
Dr.-Ing. Cornelia Moosmann, KIT Karlsruhe
- 12.30 Tageslicht im Verkaufsraum  
Saurabh Sachdev und Prof. Dr.-Ing. Thomas Römhild, Hochschule Wismar

### 13.00 Mittagspause

### 14.00 Podiumsdiskussion

- 14.30 LED im Klassenraum aus Sicht der Nutzer: Evaluierung der Beleuchtungsumrüstung in 33 Schulen  
Edith Chassein, Dr. Karin Schakib-Ekbatan und Dr. Annette Roser, IREES GmbH Karlsruhe
- 14.55 Raum- und Lichtplanungen – Vergütungs- und Haftungsfragen sowie aktuelle Rechtsprechung  
Dipl.-Ing. Ulf Greiner Mai, ö. b. u. v. SV für Lichttechnik und Ingenieurhonorare, LiTG, VBI, Halle
- 15.20 Wahrnehmungsorientierte Lichtplanung im Museum  
Wiebke Goudschaal und Kai Petersen, ERCO Leuchten GmbH Hamburg

### 15.45 Schlusswort/ Verabschiedung

### 16.00 Kaffeepause (to go) | Stadtführungen

#### Ende des 2. Tages

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

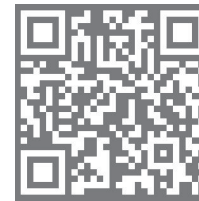
---

---

---

Anzeige

# Lux junior 2017



## 13. Internationales Forum

für den lichttechnischen Nachwuchs  
8. bis 10. 9. 2017  
Dörfeld/Ilmenau



Deutsche Lichttechnische  
Gesellschaft e.V.



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
ILMENAU

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

<b>Das Licht macht den Raum</b>	
Herbert Cybulska, Beleuchtungsmeister, Lighting Solutions Frankfurt.....	10
<b>Die Verteilung des Lichts im Raum</b>	
Dipl.-Ing. Carolin Liedtke Technische Universität Berlin .....	12
<b>Der Kontrastwiedergabefaktor modern gemessen und Ideen für zukünftige Erweiterungen</b>	
Prof. Dr. sc. nat. habil. Christoph Schierz Fachgebiet Lichttechnik, Technische Universität Ilmenau.....	14
<b>Bevorzugte Farbtemperaturen sind abhängig von Raumobjekten und Kontext – Ergebnisse von 3 Experimenten</b>	
Prof. Dr.-Ing. Tran Quoc Khanh, PD Dr.-Ing. habil. Peter Bodrogi Lehrstuhl für Lichttechnik, Technische Universität Darmstadt .....	16
<b>The global structure of the light field – optics and perception</b>	
Tatiana Kartashova, Huib de Ridder, Susan te Pas, Sylvia Pont Perceptual Intelligence lab, Industrial Design Engineering, TU Delft.....	18
<b>Lichtrichtung – Licht im Raum</b>	
Meggy Rentsch, Prof. Dr.-Ing. Paul Schmits Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Hildesheim .....	20
<b>Gerichtetes Licht von LED Arrays und dessen Einfluss auf die Formwahrnehmung</b>	
Dipl.-Ing. Jan Krüger Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dresden .....	22
<b>Die neue Schrift der LiTG zur Lichtqualität</b>	
Dipl.-Ing. Birthe Tralau, Dipl.-Ing. Peter Dehoff Zumtobel Dornbirn .....	24
<b>RGB – für die Bühne reicht das nicht. Die differenzierte Lichttechnik der LED-Scheinwerfer von ETC – eine praktische Demonstration</b>	
Sarah Wegner, Herbert Cybulska Meisterin für Veranstaltungstechnik, Beleuchtung / Beleuchtungsmeister, Lichtgestalter Lighting Solutions Frankfurt.....	26
<b>Wie kann man Entwürfe zum Licht darstellen?</b>	
Dr. Christian Hanke, Bauhaus-Universität Weimar .....	28
<b>Interdisziplinärer Versuchsaufbau Klimalabor – Vorstellung und Fragen zu laufenden und geplanten Forschungen und Experimenten</b>	
Prof. Conrad Völker, Dipl.-Ing. Ulf Greiner Mai Bauhaus-Universität Weimar / ö. b. u. v. SV für Lichttechnik und Ingenieurhonoreare, LiTG, VBI, Halle.....	30
<b>Messung und Simulation des Raumklimas - Erweiterung um das Schlierenverfahren; Lichtdemonstrationen - Farbe, Licht, Raum &amp; Lichterlebnisse - Verstehen von Licht</b>	
Dipl.-Ing. Dirk Seifert Kunsthochschule „Burg Giebichenstein“ Halle, Philips Lighting Hamburg .....	34

<b>Architektur und Licht in einem hochinnovativen Behandlungszimmer – Delirprävention bei intensivpflichtigen Patienten</b>	
Dipl.-Ing. Edwin Smida, Dr. Alawi Lütz Licht Kunst Licht AG, Berlin / Charité - Universitätsmedizin Berlin .....	36
<b>Raum als Feld zwischen Orten</b>	
Prof. Günter Lois Weber Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Hildesheim .....	38
<b>Die Wahrnehmung leuchtender Flächen in Räumen am Beispiel von Büros</b>	
Dr. Raphael Kirsch TRILUX GmbH & Co. KG Arnberg.....	40
<b>Untersuchungen über chromatische und achromatische Komponenten der optischen Sehkraft während der Raumwahrnehmung</b>	
PD Dr.-Ing. habil. Peter Bodrogi, Prof. Dr.-Ing. Tran Quoc Khanh Lehrstuhl für Lichttechnik, Technische Universität Darmstadt .....	42
<b>Visualisierung von Lichtlösungen</b>	
Gregor Gärtner, M.A. Lighting Design Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Hildesheim .....	44
<b>Tages- und Kunstlicht in Büroräumen – Nutzerbewertung und Präferenzen der Lichtverteilung</b>	
Dr.-Ing. Cornelia Moosmann Karlsruher Institut für Technologie, Fachgebiet Bauphysik und Technischer Ausbau .....	46
<b>Tageslicht im Verkaufsraum</b>	
Saurabh Sachdev Hochschule Wismar, Doktorand, Universität Stuttgart.....	48
<b>LED im Klassenraum aus Sicht der Nutzer: Evaluierung der Beleuchtungsumrüstung in 33 Schulen</b>	
Edith Chassein, Dr. Karin Schakib-Ekbatan, Dr. Annette Roser IREES GmbH, Karlsruhe .....	50
<b>Raum- und Lichtplanungen – Vergütungs- und Haftungsfragen sowie aktuelle Rechtsprechung</b>	
Dipl.-Ing. Ulf Greiner Mai ö. b. u. v. SV für Lichttechnik und Ingenieurhonoreare, LiTG, VBI, Halle .....	52
<b>Wahrnehmungsorientierte Lichtplanung im Museum</b>	
Wiebke Goudschaal, Kai Petersen ERCO Leuchten GmbH, Hamburg .....	55

## VORTRÄGE WORKSHOPS PRÄSENTATIONEN

## Das Licht macht den Raum

**Herbert Cybulska**

**Beleuchtungsmeister, Lighting Solutions Frankfurt**

Raum, Licht und Mensch verbinden sich in einer Theaterinszenierung mit einer Geschichte. Der Lichtgestalter lässt dazu die Darsteller in von ihm bestimmtem Licht erscheinen: ergänzend zur Erzählung einfach und klar - oder zwielichtig und geheimnisumwoben - oder unterschwellig emotional begleitend - oder plakativ zuspitzend und überhöhend - oder konträr zur Erzählung, um Widerspruch zu locken – wie auch immer die Entscheidung fällt: Jedes Licht macht einen Raum, jedes Licht macht eine Aussage. Die Lichtbildfolge gibt den Sehrhythmus vor. Die Erzählung kann so unterstützt oder irritiert werden.

Die Erfahrungen der Bühne sind auch auf die Lichtgestaltung in der Architektur übertragbar. Das muss nicht dramatisch sein, das kann auch ganzfeinfühlig geschehen. Die aktuelle Lichttechnik mit ihren Möglichkeiten von hartem und weichem Licht, von warmen, kalten oder farbigen Farbnuancen bis hin zu starken Kontrasten und plakativer Farbe bietet vielfältige Werkzeuge für die Gestaltung. Während die Forschung untersucht, wie welches Licht auf den Menschen wirkt, setzen Lichtgestalter im Kunstraum der Bühne, Licht, Schatten und Dunkelheit gezielt ein, um genau diese oder jene Wirkung zu erzielen. Beide Seiten können also voneinander lernen. Es gilt für beide, Licht nicht nur technisch zu verstehen - sondern auch in seinen Wirkungen.

DAS SANFTE, GEFÄHRLICHE, TRAUMHAFTE, LEBENDIGE,  
TOTE, KLARE, DUNSTIGE, HEISSE, GEWALTIGE, KAHLE,  
PLÖTZLICHE, DÜSTERE, FRÜHLINGSMÄSSIGE, FALLENDE,  
GERADE, SCHRÄGE, SINNLICHE, GEDÄMPFTE,  
BEGRENZTE, GIFTIGE, RUHIGE, BLASSE LICHT,  
LICHT  
Ingmar Bergmann

**Die Verteilung des Lichts im Raum**

**Dipl.-Ing. Carolin Liedtke**  
**Technische Universität Berlin**

Die Planung der Beleuchtungsanlage für einen Innenraum geschieht in der Praxis in der Regel nach Erreichen von Mindestwerten von Beleuchtungsstärken und nach Energieaufwand zur Realisierung dieser. Daraus entstehen mehrere - an diesen Kriterien gemessen - geeignete Beleuchtungslösungen für die (standardisierte) Nutzung dieses Raums. Im besten Fall fließen in die Planung ebenfalls gestalterische Aspekte und Entscheidungen ein, durch die die Beleuchtung auf den Raum präzise abgestimmt werden kann. In dieser Vorgehensweise verbergen sich jedoch dennoch mehrere Schwachstellen, die dazu führen können, das die Beleuchtung als nicht oder kaum angemessen bewertet wird.

Ein Teil des Problems entsteht in der Anwendung ungeeigneter Parameter zur Planung einer Raumbeleuchtung. Zum einen werden bekannte und bewährte Gütekriterien für Lichtqualität jenseits der Beleuchtungsstärke nicht oder kaum berücksichtigt. Zum anderen beinhalten auch diese Kriterien punktuelle und flächenbezogene Vorgaben, anstelle eine räumliche Bezugsgröße und ein entsprechend räumliches Bewertungsfeld zu Grunde zu legen.

Der andere Teil des Problems ist weitaus schwieriger in der Praxis zu berücksichtigen, selbst wenn entsprechende Erkenntnisse ausreichend vorhanden wären: die Wahrnehmung der Kombination von Licht und Raum durch den Menschen. Ist diese so individuell, dass sie in der Planung gar nicht berücksichtigt werden kann, oder gibt es gemeinsame Nenner in der Licht-Raum-Wahrnehmung, die zumindest für einen größeren Teil von Nutzern gültig ist?

Das Forschungsprojekt beschäftigt sich im Fokus mit diesen beiden Teilaspekten. Einerseits wird ein Verfahren entwickelt, wie die räumliche Lichtverteilung quantitativ beschrieben, gemessen und angewendet werden kann. Andererseits wird die Wahrnehmung verschiedener Kombinationen aus Licht und Raum in zwei Experimenten mit Testpersonen untersucht. Dabei wird typischen und ungewöhnlichen Fragen nachgegangen, z.B. welche Erwartungshaltung Nutzer an einen Raum anhand dessen Beleuchtung und Struktur haben, aber auch welche Rückschlüsse sie hinsichtlich des „Funktionierens“ der Licht-Material-Kombination ziehen, je nachdem, welche Informationen ihnen zugänglich sind.

Beide Experimente unterscheiden sich in ihrem Gültigkeitsanspruch und Methodik deutlich von typischen Stimulus-Response-Experimenten, indem Einzelinterviews in gefilmten Untersuchungsszenarien geführt und ausgewertet wurden. Dies gibt die Möglichkeit sichtbar zu machen, wie, worauf und warum Testpersonen in den Licht-Raum-Situationen reagieren, was sie darüber denken und wie sie sich verhalten und erklären. Dieses Material trägt nicht nur zum besseren Verständnis der Komplexität der Mensch-Licht-Raum-Beziehung bei, es kann so auch die Basis zur Evaluierung neuer, bisher unberücksichtigter Einflussgrößen in diesem Kontext bilden.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





## **Bevorzugte Farbtemperaturen sind abhängig von Raumobjekten und Kontext - Ergebnisse von 3 Experimenten**

**Prof. Dr.-Ing. Tran Quoc Khanh, PD Dr.-Ing. habil. Peter Bodrogi  
Lehrstuhl für Lichttechnik, Technische Universität Darmstadt**

Die ähnlichsten Farbtemperaturen beschreiben strahlungsphysikalisch einigermaßen zutreffend die Verhältnisse von Blau-zu Rot-Anteil im Spektrum der Strahlungsquellen bzw. der Leuchten. Kulturell und psychologisch orientieren sich die Vorstellungen der Raum- und Lichtnutzer an die Farbtemperaturen und Verteilungstemperaturen von bisherigen thermischen Strahlern (Glühlampen und Halogenleuchtungen), chemischen Strahlern (Kerzen, Öllampen) und Tageslichtphasen. Raumnutzertechnisch bedingen die Raumumgebung, die Anwendungskontexte (Museum, Gemälde im Museumsraum, Lebensmittel im Geschäft, Feste zu einem bestimmten Anlass) und die zu beleuchtenden Objekte selbst (Ölmalerei, Textilfarben, Holzfarben usw.) sowie die Wetterbedingungen die Lichtquelleneinstellung mit einem bestimmten Blau-zu-Rot-Verhältnis. Diese komplexe Kombination haben die Lichttechniker und Visionswissenschaftler in den letzten Jahrzehnten zu der Zeit der konventionellen Lichtquellen zu einem geringen Maße untersucht. Mit LEDs mit veränderlichen Spektren und durch die Globalisierung der Lichtprodukte sowie im Zuge der Diskussion über Human-Centric-Lighting mit drei untrennbaren Komponenten visuelle Leistung- nicht-visuelle Wirkungen- emotionelle Einflüsse steht die Untersuchung der passenden Farbtemperatur im Mittelpunkt der Lichtforschung und Lichtanwendungen. Das Fachgebiet der Lichttechnik der TU Darmstadt hat demzufolge einige detaillierte Experimente durchgeführt und wird den Inhalt auf der LILE-Tagung vortragen.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

The global structure of the light field – optics and perception

Tatiana Kartashova, Huib de Ridder, Susan te Pas, Sylvia Pont
Perceptual Intelligence lab, Industrial Design Engineering, TU Delft

The fascinating, almost magical, ability of illumination to change the appearance of objects and spaces is well-known to light professionals. Light designers, photographers and architects use techniques and tricks to design light and its visual effects. However, the theory explaining why such techniques work is not particularly extensive. It is common in light design literature to focus on providing enough light on working or other target surfaces. Only recently designers started to address the issue that human-centered lighting design should be based on the observer's experience, which, clearly, is determined not only by working plane illumination, but also by scene geometry, the objects and materials in it, and the position and motion of the observer and the people in the scene (Cuttle, 2003, Ganslandt & Hoffman 1992). Moreover, we are not aware of any lighting design books that systematically address the influence of interactions between lighting, spatial geometry, materials and objects on the final light distribution or light field in a space.

Human observers have been demonstrated to be sensitive to the primary direction, intensity and diffuseness of the light in a point in a space or the local (physical) light field. We investigated whether it is possible to reconstruct the global visual light field, by interpolation of inferences of the local light properties (Kartashova et al., 2016, JoV, 16(9)). The observers' task was to adjust the illumination on a probe in order to visually fit it in a scene. This was done for three diversely lit scenes and, for each scene, multiple positions on a regular grid. We found that we could indeed reconstruct the global structure of the first order properties of the light field based on the local settings, similarly to Mury's reconstruction method for physical light fields (Mury et al., 2009, ApplOpt, 48(28)). We demonstrate that the resulting (individual and averaged) visual light fields can be visualized. We also show how they can be compared to physical measurements in the same scenes. Our findings suggest that human observers have a robust impression of the light field that is simplified with respect to the physical light field, specifically they tended to neglect subtle spatial variations in the physical light fields. The resulting visual light fields were more similar to simple diverging fields than to the actual physical light fields.

We next applied our expertise in light visualization of 3D modelled scenes. We developed algorithms to perform automatic measurements of cubic illuminance values on a grid in a selected volume of a scene, to translate the measured illuminance values to light parameters that have strong influence on the appearance of objects (intensity, direction, diffuseness), and to visualize these light parameters by grids of glyphs, namely arrows, ellipsoids or tubes. We tested the proposed visualization methods in two formal psychophysical experiments comparing light estimates in physically realistic renderings and in the viewport (showing only the geometry of the scene and the glyphs). We found that the proposed visualizations indeed allow observers to judge the light parameters and their effects on object appearance. This perception-based method can help light designers by providing a quick representation of the light field and its visual effects in virtual environments.

Acknowledgements

This work has been partially funded by the EU FP7 Marie Curie Initial Training Networks (ITN) project PRISM (PITN-GA-2012-316746).

A series of horizontal dashed lines for taking notes.

## Lichtrichtung – Licht im Raum

**Meggy Rentsch, Prof. Dr.-Ing. Paul Schmits**

**Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Hildesheim**

Nur wenige Untersuchungen zur guten Beleuchtung oder auch zum aktuellen Thema HCL betrachteten die Variation von gerichtetem und diffusem Licht als Parameter. Wenn doch wird zumeist gerichtetes Licht häufig als räumlich eng begrenztes Punkt- und Akzentlicht definiert. Die LED ermöglicht es erstmals auch mit vertretbarem Energieaufwand, einen Raum flächig und gleichzeitig gerichtet zu beleuchten. Es leiten sich hieraus folgende Fragen ab: 1. Wird technisches, gerichtetes Licht, das von flächigen Leuchten abgestrahlt wird, vom Betrachter im Vergleich zu diffusem Licht als unterschiedlich erlebt. 2. Wird es positiver bewertet als diffuses Licht.

In einer Thesis Arbeit im KF Lighting Design der HAWK wurden in einem Paarvergleich Fotos mit identischen Innen- und Außenraumsituationen bei gerichtetem und diffusem Licht gezeigt. Die Hypothese, dass Beobachter die Situation mit gerichtetem Licht präferieren, wurde für den begrenzten Fall des Fotoabbild des Innen und Außen-Raumes bestätigt.

In einem Versuchsraum wurden Beleuchtungssituation dergestalt variiert, dass als Hauptparameter der Anteil der gerichteten Beleuchtung sowie dessen Hauptrichtung in 3 Stufen geändert wurde. Alle anderen normrelevanten Randbedingungen, insbesondere der Beleuchtungsstärken auf den Raumbegrenzungsflächen wurde weitgehend konstant gehalten werden. Neben der in Fragebögen erhobenen Präferenz wurde mit Konzentrations- und Kreativitäts-Test der Effekt der unterschiedlich stark gerichteten Beleuchtung untersucht.

Die Ergebnisse werden vorgestellt.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## **Gerichtetes Licht von LED Arrays und dessen Einfluss auf die Formwahrnehmung**

**Dipl.-Ing. Jan Krüger**

**Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dresden**

Bei der Betrachtung eines dreidimensionalen Objektes erzeugen das Zusammenspiel von Lichtrichtung und Oberflächenneigung Leuchtdichteveränderungen auf der Objektoberfläche, welche als Schattierungen bezeichnet werden. Nimmt man eine einzelne Lichtquelle mit parallelem Lichtaustritt sowie einen Körper mit lambertschen Reflexionseigenschaften an, so beschreiben die Schattierungen auf der Objektoberfläche die Veränderungen der Oberflächengeometrie. Neben Reizen wie Disparität durch das stereoskopische Sehen, Objektbewegungen, Schlagschatten und Objekttextur nutzt das visuelle System Schattierungen zur Wahrnehmung der Objektform (Körperwiedergabe). Aus Experimenten zur Körperwiedergabe ist bekannt, dass das visuelle System unbewusst Annahmen über das Lichtfeld und die Lichtrichtung trifft, um die korrekte Wahrnehmung der Objektform zu ermöglichen.

Durch die LED-Technik und den Einsatz von LED-Arrays werden Lichtfelder zunehmend komplexer. Wird mit Hilfe von LED Arrays gerichtetes Licht erzeugt, so ist das Lichtfeld aus einer Vielzahl einzelner, gerichteter Lichtbündel zusammengesetzt, welche Mehrfachschatten verursachen können. Die örtliche Trennung der vielen Lichtpunkte in der Leuchte erzeugt vielfältige Lichteinfallrichtungen auf dem Beobachtungsobjekt. Weiterhin entsteht durch die große leuchtende Fläche der Eindruck einer diffusen Lichtquelle. Betrachtet man zusätzlich das Sekundärlichtfeld, welches durch Interreflexionen am Objekt und mit der Umgebung entsteht, wird das Lichtfeld um ein vielfaches komplizierter.

Aus evolutionärer Perspektive kann argumentiert werden, dass natürliche Lichtfelder wie das Sonnenlicht eine eher uniforme Struktur aufweisen bzw. eine divergente im Fall von Kerzenlicht oder Feuer. Die heutigen Lichtfelder unterscheiden sich demnach beachtlich von jenen Bedingungen, unter denen sich das visuelle System entwickelt hat.

Die vorliegenden Untersuchungen dienen daher dem Zweck erstmals zu untersuchen, wie das visuelle System mit dieser Komplexität in realen Lichtszenen umgeht und diese bei der Formwahrnehmung berücksichtigt. Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass komplexere Lichtfelder einen größeren Fehler bei der Formwahrnehmung hervorrufen, wohingegen einfache Lichtfelder die korrekte Formwahrnehmung unterstützen. Weiterhin besitzen die Ergebnisse praktische Bedeutung für das gute Modellierung von Gesichtern an Büroarbeitsplätzen, welches die Kommunikation und Interpretation von Gesichtszügen erleichtert.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Die neue Schrift der LiTG zur Lichtqualität

**Dipl.-Ing. Birthe Tralau, Dipl.-Ing. Peter Dehoff  
Zumtobel Dornbirn**

Aktuelle Projekte werden häufig von Vorgaben zur Energieeinsparung und Kosteneffizienz geprägt. Oft geht dies zu Lasten der Lichtqualität, so dass zwar normative Kriterien der Beleuchtung erfüllt werden, aber die Bedürfnisse des eigentlichen Nutzers eine untergeordnete Rolle spielen. Lichtqualität sollte die Ansichten unterschiedlicher Personen wie Lichtplaner, Endnutzer, Architekten, Betreiber und Investoren über eine gute Lichtlösung verbinden und sich von den Maßzahlen der Energieeffizienz und den Kosten abgrenzen.

Wir verwenden gern den Begriff „Lichtqualität“, wenn wir eine Aussage darüber machen, ob die Beleuchtung eine subjektiv empfundene „Qualität“ oder Güte erreicht. Aber genügt diese Bewertung, um Lichtqualität objektiv zu erfassen? Genügen einzeln herausgegriffene Kriterien, um ganzheitlich von Lichtqualität zu sprechen?

Diese Schrift liefert eine ausführliche Beschreibung von Anforderungen, Gestaltungsmitteln und Merkmalen zur Beurteilung der Lichtqualität, die in der Planung einer Beleuchtungslösung für eine Anwendung berücksichtigt werden sollten. Dabei ist die Schrift als Leitfaden und Empfehlung zu verstehen, sie formuliert keine zwingenden Vorgaben. Der Leitfaden kann von unterschiedlichen am Planungsprozess beteiligten Personen angewandt werden und verfolgt folgende Zwecke:

- Aktuelle Sammlung bisheriger Erkenntnisse aus Forschung, Wissenschaft und Anwendung in Bezug auf Lichtqualitätskriterien
- Bewusstsein schaffen über Qualitätskriterien, die über die bekannten normativen Kriterien hinausgehen
- Ganzheitliche Betrachtung und Gewichtung der Anforderungen je Anwendung
- Überblick über Gestaltungsmittel der Lichtplanung
- Maßnahmenkatalog zur Umsetzung von qualitativen Beleuchtungslösungen je Anwendung
- Überblick über quantitative und qualitative Bewertungsfaktoren der Lichtqualität

Um, diese Ziel zu erreichen, werden folgende Schritte in dieser Schrift behandelt:

- Festlegen von Benutzeranforderungen und organisatorischen Anforderungen
- Gewichtung der Anforderungen je Anwendung
- Entwerfen von Lichtlösungen mit Hilfe von Gestaltungsmitteln
- Beurteilen von Lichtlösungen gegenüber den Anforderungen mit Hilfe von Merkmalen

**RGB – für die Bühne reicht das nicht.**

**Die differenzierte Lichttechnik der LED-Scheinwerfer von ETC – eine praktische Demonstration**

**Sarah Wegner, Herbert Cybulska**

**Meisterin für Veranstaltungstechnik, Beleuchtung / Beleuchtungsmeister, Lichtgestalter  
Lighting Solutions Frankfurt**

ETC Deutschland ermöglicht und fördert diesen Workshop

Die Bühne arbeitet traditionell mit einer Kollektion von Scheinwerfern, deren unterschiedliche Lampen (Halogen- und Glühlampen, HMI-Lampen und Leuchtstofflampen) farblich per Gelatinefilter den Erfordernissen und Gestaltungswünschen angepasst werden. Aus einem Sortiment von rund 80 Farben in den frühen Siebzigerjahren erwuchs eine Sammlung von einigen hundert Farbtönen, die nummeriert sind und teils technische Bezeichnungen haben, teilweise aber auch sehr poetische Namen tragen.

Auf der Bühne, in der Show und im Konzert werden in den gestalteten Räumen Darsteller inszeniert, deren Hauttöne und Kostümfarben durch den Einsatz unterschiedlicher Lichtfärbungen betont, gedämpft, zugespitzt oder mit der Umgebung harmonisiert werden können. In der Raumwahrnehmung hat die Farbe oder Färbung ebenfalls Bedeutung. So wirkt ein kühler Raum weiter als ein warmtöniger; Kurz: durch den Einsatz von Farbe kann ein Raum gleichsam konnotiert werden.

Beim Einsatz von Leuchten mit LED Technik ändern sich diese Möglichkeiten. Mit durchschnittlichen LED Leuchten in RGB oder RGB-W Technik sind feine Manipulationen der Farbwahrnehmung zwar möglich, teils anders, aber auch teils schwieriger geworden. Der Einsatz hoch gesättigter Farben ist generell zum Kinderspiel geworden – allerdings mit einem Pferdefuß: Will man unterschiedliche Scheinwerfer mit hoch gesättigten Farben angleichen, wird es kompliziert, teilweise ist es gar nicht möglich.

Der amerikanische Hersteller ETC, in Fachkreisen bekannt, weil dieser nicht nur die großen amerikanischen Theater ausstattet, sondern z.B. für die großen Broadwaytheater ganze Baureihen speziell entwickelt hat und weltweit Standards gesetzt hat, geht in Sachen LED Scheinwerfer sehr eigene Wege. Einen RGB Scheinwerfer hat man gar nicht erst herausgebracht, farblich wäre der für den Bühneneinsatz zu schmalbrüstig geraten. Gestartet hat man vor Jahren mit einem Fluter, der als zweieieiger Zwilling zu haben war: In der Version „ICE“ optimiert für kühle bis blaue Farben und in der Version „FIRE“, optimiert für warme und rote Farbtöne. Beide hatten acht unterschiedliche LED, um eine breite Palette von Farben emittieren zu können.

Inzwischen gibt es mehrere Baureihen unterschiedlicher Leuchtengattungen, optimiert für unterschiedliche Einsatzgebiete. Es gibt reichlich praktische Erfahrungen mit dieser neuen Generation von Scheinwerfern, stets auch im gemischten Einsatz mit konventionellen Leuchten einschließlich der bewährten Filterungen, die für das Beleuchtungshandwerk auf Bühnen typisch sind.

In praktischen Übungen werden typische LED-Spots von ETC getestet – was sie können, was sie von konventionellen Apparaten unterscheidet. Mit den Lighting Tools von ETC erweitert sich der Werkzeugkasten eines Lichtdesigners erheblich. Das wollen wir den Kollegen aus der Architekturlichtplanung gerne zeigen.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Wie kann man Entwürfe zum Licht darstellen?

**Dr. Christian Hanke**  
**Bauhaus-Universität Weimar**

Die Darstellung von Entwürfen zum Licht bietet immer wieder Anlass zu Fehlinterpretationen. In der Folge kann das Fortschreiten der Planungen weitgehend beeinträchtigt werden und die Akzeptanz des Vorgehens bei allen Planungsbeteiligten gegen Null laufen.

Visualisierungen, Zeichnungen und Probebeleuchtungen bilden nach wie vor anerkannte Instrumente der Lichtplanung. Ihr Potenzial variiert jedoch abhängig von gestellten Planungsaufgaben, den Rahmenbedingungen des Bauwerkes und nicht zuletzt von Sichtweisen und Anliegen aller am Projekt Beteiligten.

Grundlage des Workshops ist es, Probleme in der Vermittlung von Ideen zum Licht an Beispielen aufzuzeigen und Lösungen zu diskutieren.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





Anzeige



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Lichtdemonstrationen - Farbe, Licht, Raum & Lichterlebnisse - Verstehen von Licht

**Dipl.-Ing. Dirk Seifert**

**Kunsthochschule „Burg Giebichenstein“ Halle, Philips Lighting Hamburg**

Das Erlebnis von Licht mit seinen Phänomenen, die Darstellung von Güteigenschaften der Beleuchtung, das „Erzeugen“ von Lichterlebnissen in der Aus- und Weiterbildung ist sehr hilfreich bei der Veranschaulichung von Sachverhalten. Es gibt sehr viele interessante Möglichkeiten zur Demonstration von Licht mit Farben, Licht im Raum mit verschiedenen Gestaltungsmöglichkeiten. Neben Angeboten aus dem Physikunterricht haben Fachleute immer wieder selbst kleine Lichtdemonstrationen geschaffen. Das begann schon mit der Camera Obscura oder auch bei Newton und Maxwell mit Ihren Schauexperimenten zur Erklärung von Eigenschaften des Lichtes. Einige wenige Beispiele werden exemplarisch zur Tagung gezeigt und sollen Anregungen für die Fertigung und Anwendung eigener Unterrichtsmittel geben. Schön wäre der Ideenaustausch vielleicht im Rahmen der Gruppe der Lichtlehrenden der LiTG.

### 1. Kleine Handdemonstrationen

Vieles ist über Versender von Unterrichtsmaterial (Physik, Optik) zu finden. Interferenz von Licht mit Filtern (auch 3D Kinobrillen gehen dafür auch), dazu Zellglas und Licht hindurch projizieren. Auch Prismen für den „Newton'schen Prismenversuch“ sind hier erhältlich. Eine E27 Fassung mit Halterung und beweglichen Schirm ermöglicht auch Darstellungen der Lichtausstrahlungscharakteristik von verschiedenen Lichtquellentypen und ihrer gestalterischen Wirkung bei richtiger oder falscher Anwendung.

### 2. Demonstrationsboxen (mobil oder stationär)

Die Werkstätten von Hochschulen, Lehrlingswerkstätten in Firmen usw. haben immer wieder interessante Demonstrationsboxen hergestellt. Teilweise sogar zur Ausführung von Versuchen. Hier geht es zum Beispiel um Themen wie Lichtfarbe und Farbwiedergabe von Lichtquellen, stroboskopischer Effekt, Blendung, Licht und Raum bei unterschiedlichen Reflexionseigenschaften, Lichtrichtungen und Schatten, Darstellung der „Sichtbaren Welt“ mit Sehobjektgröße & Kontrast, auch optische Täuschungen usw.

### 3. Rauminstallationen

Anstrahlungen und Lichtinstallationen - ob temporär oder auch als dauerhafte Installation im Innen- oder Außenraum sind ebenfalls eine Möglichkeit, Licht zu erleben - das geht von Tageslicht bis hin zu Kunstlichtgestaltungen, von verfahrbaren Decken - sich ändernden Wänden bis hin zu durch Licht veränderbaren Räumen Innen und Außen. Bei der Erstellung einer Licht-Installation wird „Sehen geübt“ und es sind verschiedenste Überlegungen zu Licht und seiner Wirkung zu treffen. Beispiele sind erfolgreiche Sonderveranstaltungen wie der Lichtcampus und verschiedene Lichtfeste in allen Regionen in Deutschland, die Lichttage in Allingsfors (Schweden) oder Lyon (Frankreich). Eine beliebte „Übungsaufgabe“ im Lehrbetrieb sind Projektionsinstallationen zu besonderen Themen im Grundlagenstudium - Beispiel „Garten des Lichtes“ (Büther) in Halle oder auch die Anfertigung von beleuchteten Raum-Modellen (Architektur und Gestaltung) zu unterschiedlichsten Themen. Beispiel: Lichtwirkung Museum/Galerie im Schuhkarton (Kreser) in Detmold.

Mit diesem Beitrag soll auch eine fachliche Diskussion angeregt werden. Wieviel Lichtelebnis ist in der Aus- und Weiterbildung zur Vertiefung fachlicher Licht-Inhalte sinnvoll einsetzbar?

## **Architektur und Licht in einem hochinnovativen Behandlungszimmer - Delirprävention bei intensivpflichtigen Patienten**

**Dipl.-Ing. Edwin Smida, Dr. Alawi Lütz**

**Licht Kunst Licht AG, Berlin / Charité - Universitätsmedizin Berlin**

Für den Entwurf der Innenarchitektur und den wesentlichen Lichtkomponenten zeichnen sich das Büro Graft Architekten zusammen mit dem Büro Art+Com verantwortlich. Edwin Smida und das Büro „Licht Kunst Licht“ wurden in beratender Funktion zu den atmosphärischen Lichtkomponenten im Raum hinzugerufen. Entstanden ist ein Projekt, in dem visuelle und non visuelle Lichtwirkung gleichwertig berücksichtigt und zu einem höchst ästhetischen Ergebnis zusammengeführt wurden.

Edwin Smida wird stellvertretend für das Planungsteam in seinem kurzen einleitenden Teil die lichttechnischen und projektspezifischen Besonderheiten dieses höchst innovativen Projektes hervorheben und übergibt das Wort dann an den für die Räumlichkeiten verantwortlichen Arzt Dr. Alawi Luetz.

Das Delir ist die häufigste Form der akuten zerebralen Dysfunktion auf Intensivstation. Jeder zweite Patient erleidet im Verlauf der Intensivtherapie ein Delir. Die Betroffenen haben ein 3fach erhöhtes Risiko innerhalb von 6 Monaten zu versterben. Ferner weisen bis zu 40% der Patienten nach einem Delir persistierende kognitive Störungen bis hin zur Alzheimer-Demenz auf.

Die Applikation hoher Dosen von Sedativa bei kritisch Kranken ist einer der wesentlichen Risikofaktoren für die Entwicklung eines Delirs. Daher soll die tiefe Sedierung, wie sie früher regelhaft durchgeführt wurde, heute nur wenigen Indikationen vorbehalten bleiben. Diese weltweit konsentrierte Leitlinienempfehlung führt in der klinischen Versorgung dazu, dass Patienten die Behandlungsumgebung sehr viel intensiver wahrnehmen. Allerdings wird die Intensivstation von den meisten Patienten als Angst und Stress auslösend empfunden. Hierfür sind nicht nur hohe Schalldruckpegel und inadäquate Lichtbedingungen verantwortlich, sondern auch die Konfrontation mit der Apparatedechnik. Zwar haben kritisch Kranke ein hohes Sicherheitsbedürfnis, gleichzeitig führt aber das permanente Gefühl des „Überwachtseins“ zu starker Unruhe, die häufig ohne Sedierung nicht zu behandeln ist. Vor diesem Hintergrund ist die Entwicklung und Evaluation neuer Raumkonzepte zunehmend in den Fokus klinischer und experimenteller Forschung gerückt. Durch angstfreie, aktive Interaktion des Patienten mit dem Raum sollen Komplikationen vermieden und das Behandlungsergebnis nachhaltig verbessert werden.

In einem durch das Bundeswirtschaftsministerium geförderten, interdisziplinären Pilotprojekt wurde an der Charité Berlin ein weltweit einzigartiges Raumkonzept für die Behandlung intensivpflichtiger Patienten entwickelt und baulich umgesetzt. Bei der Konzipierung des Entwurfes fanden die Bedürfnisse von Patienten und Personal zu gleichen Teilen Beachtung. Viele der hierbei entstandene technischen Innovationen werden zur Zeit in klinischen und experimentellen Studien untersucht.

Erste Ergebnisse weisen darauf hin, dass Patienten von dem neuen Raumkonzept deutlich profitieren können.

## **Raum als Feld zwischen Orten**

**Prof. Günter Lois Weber**

**Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Hildesheim**

Die Schaffung von Räumen ist das zentrale Thema der Architektur. Doch welche Formen haben Elemente, die Räume begrenzen, und aus was können diese Elemente bestehen? Wir nehmen Raum nicht nur dort wahr, wo mit baulichen Mitteln Begrenzungen geschaffen werden. Um uns diesem Phänomen zu nähern, ist es wichtig, die Zusammenhänge von Raumelementen und deren Wirkung auf den Nutzer zu kennen. Dazu müssen wir die Wahrnehmung von Raum und die Formen der Aneignung von Räumen durch den Nutzer verstehen.

Anhand von Beispielen aus der Architekturgeschichte wird dies dargestellt. Aber auch neue Erkenntnisse aus der Hirnforschung und Beispiele aus Disziplinen, die sich den Raum in besonderer und anderer Form aneignen, sollen Anregungen für eine differenzierte und vertiefte Betrachtungsweise des architektonischen Raumes geben.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Die Wahrnehmung leuchtender Flächen in Räumen am Beispiel von Büros

**Dr. Raphael Kirsch**  
**TRILUX GmbH & Co. KG Arnsberg**

Licht ist prägender Faktor in der Raumbildung und der visuellen Wahrnehmung unserer Umgebung. Neben vielen anderen Elementen kommt dabei leuchtende und beleuchtete Flächen im Raum eine besondere Bedeutung zu. Sie begrenzen den Raum visuell in seinen Abmessungen, strukturieren ihn und beeinflussen maßgeblich seine Gestalt.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Einfluss unterschiedlicher Flächen auf die psychologische Wirkung des Raumes auf den Betrachter. Anhand von drei verschiedenen Studien wird am Beispiel eines Büroarbeitsplatzes aufgezeigt, wie Lichtmenge und Lichtverteilung auf den Flächen sowie das Verhältnis verschiedener Flächen zueinander die subjektive Bewertung der Lichtumgebung beeinflussen können.

Befasst man sich mit der mittleren Leuchtdichte auf verschiedenen Raumflächen bei gleichmäßiger Ausleuchtung, so wird deutlich, dass sich einige Flächen stärker auf Affekt und Helligkeitswahrnehmung auswirken als andere. Beim Helligkeitsverhältnis von bestimmten Flächen zueinander kann ein Interaktionseffekt gezeigt werden, bei dem die Helligkeit einer Fläche die Bewertung einer anderen Fläche beeinflusst.

Betrachtet man diverse extreme Leuchtdichteverteilungen, die den Raum in unterschiedlicher Weise zonieren oder sogar teilen, so können sie sich trotz messtechnisch erfasster Leuchtdichtegleichheit in ihrem Einfluss auf die subjektiven Bewertung von Helligkeit und Attraktivität des Raumes unterscheiden. Über theoretische Modelle der psychologischen Umweltwahrnehmung können hier mögliche Abhängigkeiten aufgezeigt werden, die nicht von photometrischen Größen abhängen.

In eine weiterführende Studie wurde schließlich gemessen, wie sich stilisierte Helligkeitsverteilungen im Vergleich zu einer bildlichen Darstellungen aus der Natur verhielten. Dabei wurde neben Affekt und Helligkeitseindruck auch die explorative Domain des visuellen Interesses mit aufgenommen. Hier konnte gezeigt werden, dass die abstrakten Lichtverteilungen ähnlichen Abhängigkeiten von lichttechnischen Parametern folgten, wie in den Studien zuvor beobachtet. Für die konkrete bildliche Darstellung lieferten diese Abhängigkeiten jedoch keinerlei brauchbaren Ergebnisse und führten zu eher niedrigen Korrelations- und Determinationskoeffizienten. Insbesondere Antworten zur affektiven und explorativen Wahrnehmungsdimension waren für das natürliche Bild überproportional besser, als dies durch rein photometrische Korrelationen erklärbar wäre. Mögliche Erklärungen finden sich auch hier in der Wahrnehmungspsychologie.

Setzt man die Ergebnisse der drei betrachteten Studien in Bezug, so wird die besondere Wichtigkeit psychologischer Konzepte der visuellen Wahrnehmung jenseits von photometrischer Messung deutlich.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Untersuchungen über chromatische und achromatische Komponenten der optischen Sehkларheit während der Raumwahrnehmung

PD Dr.-Ing. habil. Peter Bodrogi, Prof. Dr.-Ing. Tran Quoc Khanh  
Lehrstuhl für Lichttechnik, Technische Universität Darmstadt

Bis zum Jahr 2000 etwa befasste die Lichttechnik im klassischen Sinne mit den Parametern der visuellen Leistung (Blendung, Homogenität, Kontrastwiedergabefaktor, Beleuchtungsniveau, Leuchtdichteverteilung, zylindrische Beleuchtungsstärke), die in der DIN EN 12464 formuliert sind. Das Ziel dabei war und ist, anwendbare Werte der photometrischen Kenngrößen für eine unfallfreie und ermüdungsarme Arbeit zu ermöglichen. Mit der Entdeckung des dritten Sensors auf der Netzhaut zum Beginn des 21. Jahrhunderts befassen sich die Lichttechnik und die Schlaflforschung mit nichtvisuellen Aspekten der optischen Strahlung, eher im sichtbaren Bereich. Mit der Definition von Human-Centric-Lighting (HCL) vor kurzem wird die emotionale Wirkung des Lichts als dritte Komponente dazu gezählt. Alle diese drei Komponenten sind strengenommen von einigen gleichen Schalt- und Verarbeitungsstellen im Gehirn erfasst und gesteuert, so dass sie untrennlich betrachtet werden müssen. Alles andere ist nicht wissenschaftlich und richtig.

In diesem kombinatorischen Kontext und im Dienst der HCL-Forschung tauchen Fragestellungen auf, die für die Lichtanwender, Lichtplaner und Lichtforscher gleichermaßen wichtig sind. Einige davon sind:

- a) sind die Beleuchtungsstärken (photometrisch mit der  $V(\lambda)$ -Funktion gewichtet), allein entscheidend für die visuelle Wahrnehmung der neutralen (buntonfreien) und farbigen Objekte mit örtlicher Struktur (z.B. Wolle, Buchstaben, Gemälden-Pinselstriche)?
- b) wie kann man neue Parameter ermitteln, mit denen man die Brillanz, die visuelle Klarheit und die visuelle Schärfe von Objekten beschreiben kann. Diese Attribute sind entscheidend für die Wahrnehmung von möblierten Räumen mit hoher Akzeptanz und Komfort im Sinne von „Licht und Lebensqualität“.

An der TU Darmstadt wurden die Halogenglühlampen, warmweiße und kaltweiße LEDs benutzt um einen realen Raum von der Decke diffus bei unterschiedlichen Beleuchtungsstärken von 40 lx bis 1000 lx definiert zu beleuchten und die optische Wahrnehmung von Objekten (bunte Pullover mit Wollestruktur, Sehzeichen, kleine farbige Gemälden, Blumen w..) zu untersuchen. Diese Ergebnisse sind Gegenstand des zu präsentierenden Vortrags.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Visualisierung von Lichtlösungen

Gregor Gärtner, M.A. Lighting Design

Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Hildesheim

Was gibt es für Möglichkeiten Licht im Raum darzustellen? Gibt es eine beste/perfekte Lichtdarstellung? Als Lighting Designer beschreibt man den Lichtentwurf in Bezug auf den Menschen. Bis Ideen umgesetzt werden, müssen viele Dinge mit anderen Beteiligten geklärt und veranschaulicht werden. Wir kommunizieren neben der Sprache hauptsächlich über Bilder, um unsere Ideen & Überlegungen zu visualisieren. Selten machen wir uns Gedanken, warum und wie wir bestimmte Bilder erzeugen. Oft mangelt es am Wissen über die Möglichkeiten der Darstellungsform

Hierzu wurde ein Überblickssystem für Lichtvisualisierungen entwickelt. Dabei besteht der Anspruch darin, den größtmöglichen Überblick von Lichtvisualisierungsmöglichkeiten bzw. Techniken zu geben. Der Fokus liegt darauf, ein nachhaltiges System zu entwickeln, in das man jegliche Darstellungsform der Lichtvisualisierung auch im Nachhinein einsortieren kann. Es berücksichtigt dabei die aktuellen und die absehbar zukünftigen Möglichkeiten, Licht darzustellen. Das Ordnungssystem wird als Prozess verstanden und kann sich im Laufe der Zeit noch an einigen Stellen anpassen und verändern, beziehungsweise weiterentwickeln.

In Ergänzung zum entwickelten Überblickssystem wurde eine eigenständige Umfrage zur Erfassung von Nutzerpräferenzen im Lighting Design Kontext erarbeitet. Dazu wurden Lichtexperten und „keine Lichtexperten“ (potentielle Kunden) zum Thema der Lichtvisualisierung befragt. Mit Hilfe verschiedener Parameter wurden die Ergebnisse untersucht, um Nutzerpräferenzen der jeweiligen untersuchten Gruppe herauszufinden.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Tages- und Kunstlicht in Büroräumen - Nutzerbewertung und Präferenzen der Lichtverteilung

Dr.-Ing. Cornelia Moosmann

Karlsruher Institut für Technologie, Fachgebiet Bauphysik und Technischer Ausbau

Für die Nutzer von Büroräumen ist neben der Beleuchtung ihres Arbeitsplatzes, der „Sehaufgabe“, auch die Beleuchtung des Raumes insgesamt von Bedeutung. Der Raum sollte in seiner Struktur und mit seinen Oberflächen erkennbar sein. Für gute visuelle Kommunikation müssen zudem die Gesichter der Menschen, die sich in einem Raum befinden, ausreichend beleuchtet werden. Dies wird mit Begriffen wie „Sehkomfort“ und „räumliche Beleuchtung“ beschrieben.

Die Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4 und DIN EN 12464-1 haben seit 2011 Mindestwerte der vertikalen bzw. zylindrischen Beleuchtungsstärke, die Norm zudem Mindestwerte der vertikalen Beleuchtungsstärke von Wänden und Decken festgelegt, um diesem Bedürfnis Rechnung zu tragen. Dabei wird nicht zwischen natürlicher und künstlicher Beleuchtung unterschieden. Die Lichtverteilung im Raum ist bei natürlicher Beleuchtung in der Regel allerdings deutlich ungleichmäßiger als bei künstlicher Beleuchtung, da das Tageslicht zumeist seitlich in den Raum fällt und in Fensternähe hohe Beleuchtungsstärken erzeugt.

Die Bewertung der Nutzer und ihre Präferenzen bezüglich der Lichtverteilung als wichtiger Aspekt des „Sehkomforts“ wurden in einer abgeschlossenen Feldstudie untersucht, in der Nutzer während des Büroalltags befragt wurden, und sind Gegenstand einer laufenden Untersuchung in büroähnlichen Testräumen.

Auffallend ist, dass die Nutzer, die zum Zeitpunkt der Befragung nur Tageslicht nutzten, ihren Arbeitsplatz als ebenso gleichmäßig beleuchtet empfinden wie die Nutzer, die die künstliche Beleuchtung eingeschaltet hatten (Mittelwert jeweils 2,8 bei „sehr gleichmäßig beleuchtet“=1 ... „sehr ungleichmäßig beleuchtet“=5; ANOVA:  $F=0.245$ ,  $p=0.621$ ,  $N=373$ ).

Die Lichtverteilung hat außerdem Einfluss darauf, wie geräumig Nutzer Ihren Raum empfinden: Die empfundene Gleichmäßigkeit der Beleuchtung des Arbeitsplatzes und die Zufriedenheit mit der Fenstergröße konnten als Einflussfaktoren dafür identifiziert werden, ob ein Raum von den Nutzern als beengt oder geräumig empfunden wird. Wichtigster Faktor ist allerdings die Bürofläche, die dem jeweiligen Nutzer zur Verfügung steht. Die Bandbreite der Bürofläche ist in der Felduntersuchung mit ca. 4 m<sup>2</sup> (Büroraum mit „Notarbeitsplätzen“) bis ca. 27 m<sup>2</sup> pro Person sehr groß. Wie glücklich der befragte Nutzer sich fühlt, hat ebenfalls signifikanten Einfluss (Regressionsanalyse, Hybrid-Modell, unbalanced panel:  $R^2=0.285$ ,  $R^2_{\text{kor}}=0.282$ ,  $F=47.0$ ,  $N=833$ ).

Ob ein Raum als niedrig oder hoch empfunden wird, hängt stark von der vorhandenen Raumhöhe ab. Ein weiterer signifikanter Faktor ist jedoch die Bewertung des Beleuchtungsniveaus im fensterfernen Teil des Raums: Je heller der Raum im fensterfernen Teil empfunden wird, desto höher wird der Raum empfunden (Regressionsanalyse, RE-Modell, unbalanced panel:  $R^2=0.365$ ,  $R^2_{\text{kor}}=0.364$ ,  $F=239.3$ ,  $N=838$ ). Die empfundene Helligkeit korreliert dabei stark mit der Zufriedenheit mit der künstlichen Beleuchtung.

Im Vortrag werden neben Ergebnissen der abgeschlossenen Feldstudie auch erste Ergebnisse der laufenden Testraumstudie vorgestellt.



## **Tageslicht im Verkaufsraum**

**Saurabh Sachdev**

**Hochschule Wismar, Doktorand, Universität Stuttgart**

**Mentoren: Prof. Dr. Mehra, Prof. Dr. Römhild**

Lighting is the single most important design element affecting the consumer's visual appraisal of everything in a store, including the merchandise (Summers & Hebert 2001, Gobe 1990, Rea 1993, Lopez 1995). Light being the quickest and the most direct form of non-verbal communication, is indispensable for disseminating the information about and around the product in a retail space. Retail atmospherics tend to affect consumer emotion and behaviour; moreover emotional responses induced by the store environment can affect the time and money consumers spend in a store (Donovan, Rossiter, Marcoolyn, Nesdale, 1994). It has also been shown that lighting alone can be used to alter the perceived atmosphere of otherwise identical stores and that the lighting settings can be used to elicit a particular atmosphere (Quartier, Vanrie, Van Cleempoel, 1994). Furthermore, daylight, to all cultures in all times, connotes positive feelings and values; and apart from having such strong emotional effect on people, is also embedded in a larger spatial context. Hence, daylight can be used to influence the subjective and emotional response as well as the behaviour of people in a retail space. Research by Heschong et.al (2003) clearly suggests that daylight may contribute to the visual environment and perception of the store and impact sales.

This dissertation aims to identify which properties and characteristics of daylight can be used to bring about positive behavioural responses in a retail space. The underlying question is the impact of fenestration designs, location, visual contact etc. on behavioural reactions and how these patterns can be used to create the expected cognitive association and atmosphere according to the merchandise. The core of the work is to establish whether or not daylight can be utilised in generating experiences that engage with the customer and enhance the shopping experience. These questions are addressed combining approaches like simulations with behavioural and perceptual experiments and will encompass both space and product appraisal.

This dissertation has been structured into two major parts - Space Appraisal and Product Appraisal. The first part examines how different daylight openings create different light atmospheres in a space and how in turn they influence the behaviour and perception in the space. This part of the study investigates the relationship between daylight opening and perception of space and the subsequent preference for a space. In addition, if this preference for a particular space and daylight openings can be related to a positive approach-avoidance behaviour and eventually increased sales.

The second part studies the influence and connection of daylight with various products. All products have intrinsic optical and material properties. The type of illumination and lighting required for a product is usually based on the material and optical properties of the product as well as cognitive association with that product. The preferences for daylight openings from the first part were tested once again with different product types to find out if the preferences change with the type of product.

The end results include a set of recommendations for creating desired atmosphere and which daylight techniques can be used to maximise the positive effects of daylight. The implications of daylight opening design and planning are discussed along with a proposal for a potential daylight tool to select daylight patterns to create specific emotions and behavioural responses in retail spaces according to merchandise type.

## **LED im Klassenraum aus Sicht der Nutzer: Evaluierung der Beleuchtungsumrüstung in 33 Schulen**

**Edith Chassein, Dr. Karin Schakib-Ekbatan, Dr. Annette Roser  
IREES GmbH, Karlsruhe**

Überwiegend werden zur künstlichen Beleuchtung in deutschen Schulen Leuchtstoffröhren verwendet. Lediglich 4 % der Klassenräume sind mit energieeffizienter LED-Beleuchtung ausgestattet. Die Bundesregierung fördert seit 2008 im Rahmen der Kommunalrichtlinie der nationalen Klimaschutzinitiative Maßnahmen von Kommunen im Bereich des Klimaschutzes. Mit der Anpassung der Kommunalrichtlinie 2013 wird insbesondere die Umrüstung von Beleuchtung in Innenräumen mit LED gefördert. Vor dem Hintergrund der „LED-Leitmarktinitiative“ der Bundesregierung ist das Thema Schulsanierung als Beitrag zur Energiewende von besonderem Interesse. Mehrere Hundert Schulen haben in 2013 einen Antrag auf Umrüstung ihrer Räume mit LED-Beleuchtung gestellt.

Die vorliegende herstellerunabhängige Studie hat (in Kooperation mit der TU Darmstadt, Fachgebiet Lichttechnik sowie der Photometrik GmbH) die subjektive Bewertung von konventioneller Beleuchtung und LED-Beleuchtung in Klassenräumen durch eine Vorher-/Nachher-Befragung untersucht. Im Zeitraum Februar bis Oktober 2014 wurden in 33 Schulen insgesamt 4.300 Schüler sowie 165 Lehrkräfte zu ihrer subjektiven Zufriedenheit mit der Beleuchtungssituation vor und nach der Umrüstung schriftlich befragt. Ergänzend wurden exemplarisch objektive Daten durch Messungen erhoben. Im Ergebnis wurde die LED-Beleuchtung subjektiv besser bewertet als die konventionelle Beleuchtung.

Ein Vorteil des öffentlichen Schulraums als Bühne einer LED Sanierung besteht nicht nur in der allgemeinen Sichtbarkeit der neuen Technologie, sondern auch darin, dass LED-Beleuchtung als exemplarische energieeffiziente Technologie im Unterricht zur Sensibilisierung für umweltrelevante Themen und Werte genutzt werden kann. Die Studie zeigte jedoch, dass die LED-Thematik selten im Unterricht aufgegriffen wurde, weil nach Angaben der Lehrer entsprechendes Material dazu fehle. Daher wurde in einem Folgeprojekt Lehrmaterial zum Thema „LED – Funktionsweise – Wirkung – Wahrnehmung“ entwickelt.

Die Ergebnisse der Studie wurden in einer Broschüre veröffentlicht, die unter folgendem Link heruntergeladen werden kann: <http://www.licht.de/de/licht-fuer-profis/led-leitmarktinitiative/erfahrungen/studie-led-macht-schule/>.

Auch das LED-Lehrmaterial steht zum download zur Verfügung  
<http://www.irees.de/irees-de/inhalte/projekte/abgeschlossen/sowi/LED-Material.php>

## Raum- und Lichtplanungen – Vergütungs- und Haftungsfragen sowie aktuelle Rechtsprechung

Dipl.-Ing. Ulf Greiner Mai

ö. b. u. v. SV für Lichttechnik und Ingenieurhonorare, LiTG, VBI, Halle

Für Auftraggeber, Bauherrn, Planer und Anwender steht in der täglichen Praxis immer wieder die Frage, wie Risiken bei der Raum- und Lichtplanung möglichst minimiert werden können. Zur Beantwortung dieser Frage bedarf es einer Betrachtung nicht nur von gestalterischen und technischen Aspekten, sondern vor allem auch solchen der vertraglichen und rechtlichen Hintergründe, aus denen sich immer auch Antworten auf Haftungsfragen ableiten lassen. Zunächst geht es auch um Begriffsdefinitionen. Nur wenn allen klar ist, was gemeint ist und Planer und Auftraggeber darin übereinstimmen, sind Leistungen einvernehmlich vereinbart.

Im Vortrag werden dazu folgende Thesen erläutert:

1. „Leistungen für Innenräume sind die Gestaltung oder Erstellung von Innenräumen ohne wesentlichen Eingriff in Bestand oder Konstruktion“ (§ 34 (2) HOAI 2013). Lichtplanung umfasst das künstliche und das natürliche Licht. Beleuchtungsplanung steht in der Praxis regelmäßig für die Objekt- und Fachplanung der künstlichen Beleuchtung, also der „Leuchtenplanung“.
2. Die Lichtplanung ist regelmäßig Teil einer Objekt- oder Fachplanung, deren Abläufe und Vergütung in der HOAI geregelt sind. I. d. R. schuldet dabei der Fachplaner (Elektroplaner) das technische Licht. Der Objektplaner für Gebäude bzw. für Innenräume schuldet das gestaltende Licht und das natürliche Licht im Kontext von Gebäudekubatur, Raum- und Ausbauplanungen und trägt dazu per se umfassendere Haftungsrisiken als der Fachplaner.
3. Der klassische Lichtplaner kann seine Leistung vom Objektplaner (Architekt/ Ingenieur) und/ oder dem Fachplaner Elektrotechnik (Ingenieur) haftungssicher abgrenzen. Die HOAI sieht dazu aber direkt keine Ansätze vor.
4. Lichtplaner mit separierbaren, abgegrenzten Einzelleistungen sind in der Praxis die Ausnahme. In der Praxis leisten Lichtplanende aus unterschiedlichen Motiven die Lichtplanung regelmäßig im Kontext mit anderen Planungen
5. Die Ziele, Inhalte und Abgrenzungen der Licht-/ Beleuchtungsplanungen von den Objekt-/ Fachplanungen müssen – schon zur Risikominimierung und aus Haftungsgründen – objektspezifisch und eigenständig definiert werden. Das betrifft zunächst die jeweiligen Hauptpflichten des jeweiligen Planers für eine mangelfreie Planung. Faktisch ist jede Lichtplanung auch mit anderen Planungen „vernetzt“.
6. Auf Grund nahezu unüberschaubarer weiterer Nebenpflichten – u. a. Beratungspflichten, Schutzpflichten, Obhutspflichten, Sorgfaltspflichten usw. – die neben den Hauptpflichten durch den Planer sowieso zu leisten sind, steigen die (Haftungs-) Risiken mit der Komplexität der Hauptpflichten. Lichtplanung ist hier im Zusammenhang mit der Raum- und Gebäudeplanung besonders komplex.
7. Auftraggeber können i. d. R. darauf vertrauen, vom Raumplanenden bzw. vom Lichtplanenden ein „Rundum Sorglospaket“ zu erhalten. Der Planer muss nämlich per se „rundum“ beraten und sollte dieses – und das Verständnis des Auftraggebers dazu – auch streitfest nachweisen. Auftraggeber die bspw. eigene Vorstellungen entgegen den allgemein anerkannten Regeln der Technik und auch gegen die Beratung des Raum- oder Lichtplaners durchsetzen, übernehmen dazu das volle Risiko. Der Planer sollte diese „Enthftung“ regelmäßig streitfest nachweisen können.

8. Auch Teilleistungen der Lichtplanungen, wie bspw. Leuchtenplanungen, Leuchtenberechnungen, Lichtsimulationen, Tageslichtberechnungen und Sonnenstandsimulationen sind haftungsintensiv. Die Haftungsintensität steigt regelmäßig, je eher eine „Lichtplanung“ in die Gesamtplanung einbezogen wird und je mehr Folgewirkungen aus der jeweiligen Lichtplanung für die Gesamtplanung abgeleitet werden können. Haftungsfragen dazu hängen i. d. R. vom jeweiligen Objekt – also vom Einzelfall und von den jeweiligen Verträgen – ab.
9. Die Haftungsrisiken im System von Raum- und Lichtplanungen werden in der Praxis meist unterschätzt. Diese werden durch das Gesamtsystem Planung und Bauüberwachung und den Systematiken der HOAI, den werkvertraglichen Regelungen und Haftungsansätzen des BGB mehr geprägt, bestimmt und getrieben als allgemein wahrgenommen.
10. Es gibt keine mangelfreien Planungen. Auch bei Raum- und Lichtplanenden wird nicht nur die Arbeitsleistung vergütet, sondern auch die übernommenen Risiken. Diese können weit über die Gewährleistungsdauer von 5 Jahren hinausgehen bspw. durch Nachhaftung, Dritthaftung und Mangelfolgehaftung erheblich länger dauern.

Ohne ein Grundverständnis für die Planungspraxis im Allgemeinen und die Systematik der Leistungsphasen der HOAI im Speziellen können in Deutschland Raum-, Licht- und Beleuchtungsplanungen für Kunst- und Tageslicht im Innen- und Außenbereich nicht angemessen bewertet, gewichtet, „behaftet“ und vergütet werden. Das gilt für technische und rechtliche Aspekte. Zunächst kommt es aber immer auf den Einzelvertrag an.

Anders als die Berufsbezeichnung „Innenarchitekt“ und „Architekt“ gibt es keine geschützte Berufsbezeichnung für „Lichtplaner“. Es gibt auch keine staatlichen Zulassungen als Lichtplaner. Auf Grund tendenzieller Deregulierungen in Berufsrechten sind derzeit auch keine weiteren „Zulassungen“ oder „Rundstempel“ zu erwarten.

Auch in der Vergabepaxis dominieren Architekten und Innenarchitekten, wenn es um Angebote und Vergabe für Raum- und Lichtplanungen geht.

Der Vortrag ist eine Anregung zur Diskussion, ob und inwieweit die seit Jahren gelebte Planungsrealität, dass Licht von vielen und nur im Ausnahmefall tatsächlich von einem Sonderfachspezialisten geplant wird, durch den Begriff „Lichtplaner“ Rechnung getragen wird. Nach Vorschlag des Vortragenden trifft der „Lichtplanende“ eher die Realitäten der Licht- und Beleuchtungsplanungen im Kontext mit der HOAI.

Der Vortrag versteht sich auch als ein Plädoyer für den/ die „Lichtplanenden“, unabhängig davon, ob die Planung tendenziell zunächst in der „technischen Ecke“ oder der „gestalterischen Ecke“ beginnt oder ihren Schwerpunkt bei emotionalen, nichtvisuellen oder „anderen“ Wirkungen des Lichtes haben soll.

## Wahrnehmungsorientierte Lichtplanung im Museum

**Wiebke Goudschaal, Kai Petersen**  
**ERCO Leuchten GmbH, Hamburg**

Licht ist essentiell. Licht ist poetisch. Licht sorgt für Atmosphäre – und für Orientierung.

Menschen setzen Beleuchtung seit jeher als Gestaltungswerkzeug ein, um Räume zum Wohlfühlen zu schaffen. ERCO versteht Licht als vierte Dimension der Architektur. Das bedeutet, Licht eine eigene Gestaltungsfunktion zuzugestehen: Es modelliert Räume und Objekte durch unterschiedliche Helligkeitsniveaus und prägt das Erscheinungsbild von Architektur maßgeblich.

Der amerikanische Lichtplaner Richard Kelly (1910-1977) gliederte Licht für eine qualitative Lichtplanung in drei Kategorien: Licht zum Sehen (orig. Ambient luminescence), Hinsehen (Focal Glow) und Ansehen (Play of Brillants). Mit dieser "Grammatik des Lichts" lässt sich Architektur – vom Großraumbüro über die Boutique bis zur Bibliothek – nutzergerecht beleuchten. Die Erfahrung zeigt, dass Beleuchtungskonzepte als besonders gelungen empfunden werden, wenn alle drei Komponenten – Grundbeleuchtung, gerichtetes Akzentlicht und dekoratives Licht – in einem ausgewogenen Verhältnis kombiniert werden. Die "Grammatik des Lichts" bietet einen bewährten Ansatz, um Lichtkonzepte zu analysieren, zu strukturieren und die passenden Lichtwerkzeuge auszuwählen.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Zumtobel

Die Zumtobel Group ist ein internationaler Lichtkonzern und führend im Bereich der innovativen Lichtlösungen und Lichtkomponenten. Mit ihren drei international etablierten Marken Thorn, Tridonic und Zumtobel sowie den beiden kleineren Marken acdc und Reiss bietet die Unternehmensgruppe ihren Kunden in aller Welt ein umfassendes Produkt- und Serviceangebot. Im Leuchtengeschäft ist das Unternehmen mit den Marken Thorn, Zumtobel und acdc europäischer Marktführer. Über die Marke Reiss besteht außerdem ein OEM-Geschäft für Leuchten höherer Schutzart. Mit der Komponentenmarke Tridonic nimmt der Konzern in der Herstellung von Hard- und Software für Beleuchtungssysteme (LED-Lichtquellen, LED-Driver, Sensoren und Lichtmanagement) eine weltweit führende Rolle ein.

[www.zumtobel.de](http://www.zumtobel.de)

## Anzeige



