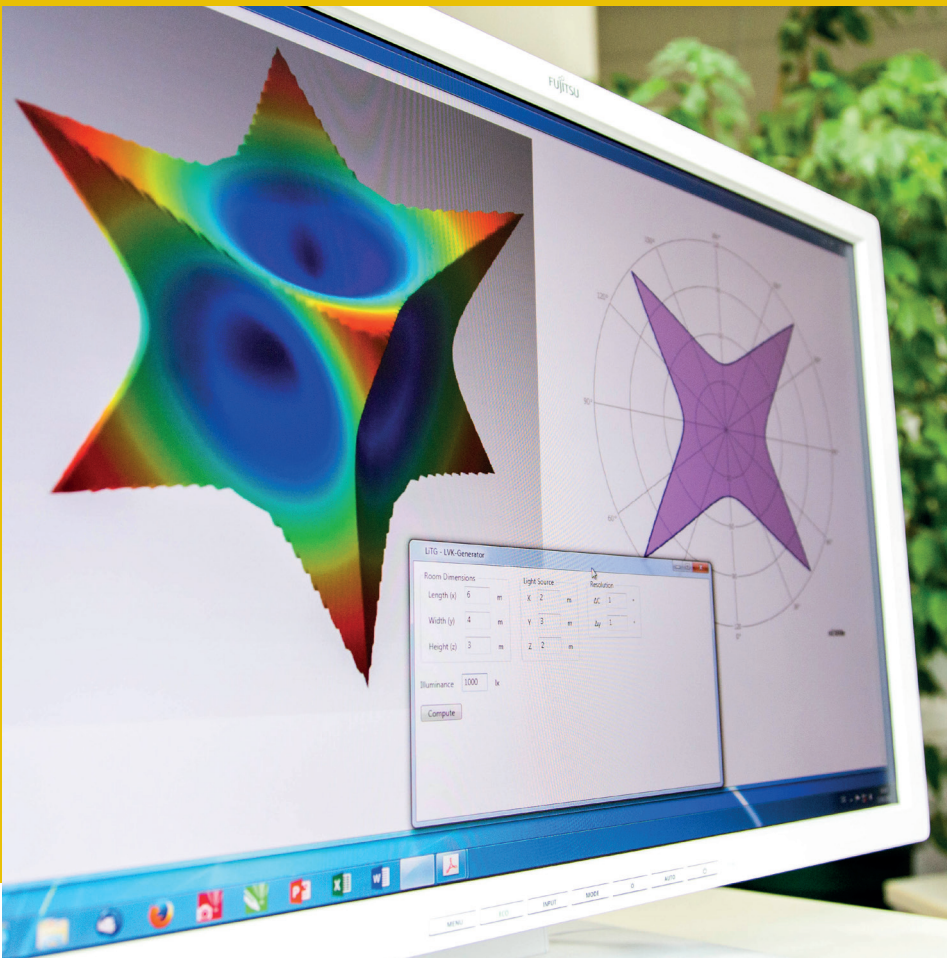


LiTG-Fachgebiet Innenbeleuchtung

LVK-GENERATOR

Software zur Erzeugung virtueller
Lichtstärkeverteilungen



34



**Deutsche Lichttechnische
Gesellschaft e.V.**

Inhalt

1. Einleitung	04
2. Zweck der Software	04
3. Funktionsweise	05
4. Berechnung der Lichtstärkeverteilung	06
5. Anwendungsbeispiel	07
5.1 Korrekte Leuchtenpositionierung	08
5.2 Fehlerhafte Leuchtenpositionierung	08
6. Fazit und Ausblick	09
7. Literatur	10

Impressum

Die Software zur Erzeugung virtueller Lichtstärkeverteilungen, kurz »LVK-Generator«, wurde von Dipl.-Ing. Nils Haferkemper entwickelt. In der vorliegenden Publikation beschreibt er die Entstehungsgeschichte und Funktionsweise dieser Software. Der »LVK-Generator« steht zum kostenlosen Download zur Verfügung: www.litg.de/Service/Links-und-Downloads.html

Redaktionelle Bearbeitung: Dr.-Ing. Cornelia Vandahl, Ilmenau;

Prof. Axel Stockmar, Celle; Britta Hölzemann, Berlin

Gestaltung: Ellen Stockmar, Berlin

Dank an Dr.-Ing. Cornelia Vandahl, TU Ilmenau, für die Bearbeitung der Grafiken

Titelfoto: Dipl.-Ing. Ingo Herzog, TU Ilmenau

Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG)

Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin

Telefon +49 30 / 26 36 95 24

Telefax +49 30 / 26 55 78 73

E-Mail info@litg.de

1. Auflage Dezember 2016, ISBN 978-3-927787-55-1

Nachdruck, elektronische Vervielfältigung oder Weitergabe, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung der LiTG und mit Quellenangabe gestattet.

1. Einleitung

Virtuelle Lichtstärkeverteilungen (LVK) ermöglichen es Entwicklern und Nutzern von Lichtsimulationsprogrammen, diese auf Genauigkeit und richtige Anwendung hin zu überprüfen. Die vorliegende »Software zur Erzeugung virtueller Lichtstärkeverteilungen«, kurz »LVK-Generator«, dient der Erstellung solcher Lichtstärkeverteilungen.

Im Gegensatz zu sonst üblichen Test-Cases, wie sie beispielsweise im CIE-Report 171:2008 [1] vorgeschlagen werden, wird hier das Konzept verfolgt, – nahezu – beliebige Raumgeometrien prüfen zu können. Hierfür erzeugt der LVK-Generator eine virtuelle Lichtstärkeverteilung, die alle Raumbegrenzungsflächen mit der gleichen Beleuchtungsstärke beleuchten soll. Die Richtigkeit der Ergebnisse ist damit sehr einfach feststellbar.

Die Idee für diese Herangehensweise hatte Prof. Axel Stockmar, der vom LiTG-Expertenforum Innenbeleuchtung (EFI) in seinem Vorhaben unterstützt wurde. Mit der Umsetzung wurde Nils Haferkemper beauftragt. Zum projektbegleitenden Ausschuss gehörten neben Prof. Axel Stockmar auch Dr. Cornelia Vandahl und Prof. Dr. Paola Belloni.

2. Zweck der Software

Die Software berechnet für eine gewünschte Raumgeometrie, Leuchtenposition und Beleuchtungsstärke, die Lichtstärkeverteilung einer virtuellen Leuchte im Eulumdat-Format (*.ldt) [2]. Die Berechnung mit dieser Leuchte führt im fehlerfreien Fall zu einer gleichmäßigen direkten Beleuchtungsstärke auf allen Raumbegrenzungsflächen. Bei Einstellung des gleichen Reflexionsgrades für alle Raumbegrenzungsflächen kann auch die richtige Berechnung des Indirektanteils der Beleuchtungsstärke überprüft werden.

Da eine homogene Beleuchtungsstärke aufgrund der Vielzahl der Berechnungen nur endlich genau zu erreichen ist, sollte die Überprüfung nur an den Rasterpunkten nach CIE X005:1992 [3], DIN EN 12193 [4], DIN EN 12464-1 [5], DIN EN 12464-2 [6] oder DIN 5035-6:2006 [7] erfolgen.

Die Nutzung der Software setzt sowohl theoretische Grundkenntnisse der Lichtberechnung als auch gewisse Erfahrungen mit Lichtberechnungsprogrammen voraus.

3. Funktionsweise

Der LVK-Generator besitzt eine sehr einfache Oberfläche. Sie gibt dem Nutzer die Möglichkeit, die Abmessungen des Raumes sowie die Position der Leuchte innerhalb dieses Raumes einzustellen. Zusätzlich kann noch die zu erreichende Beleuchtungsstärke bis zu 2000 lx variiert und die Winkelauflösung der Lichtstärkeverteilung verändert werden. Mit einem Klick auf den »Compute«-Button wird die Lichtstärkeverteilung berechnet (siehe Abbildung 1).

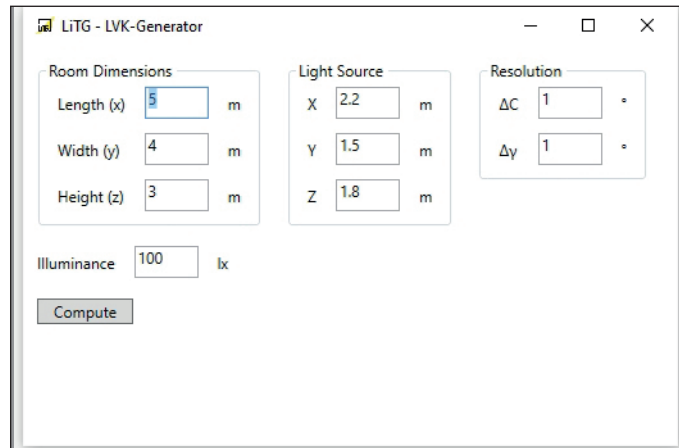


Abbildung 1:
Eingabemaske
des LVK-
Generators

Nach Abschluss der Berechnungen erscheint ein Fenster zum Speichern der Lichtstärkeverteilung als EULUMDAT-Datei (siehe Abbildung 2).

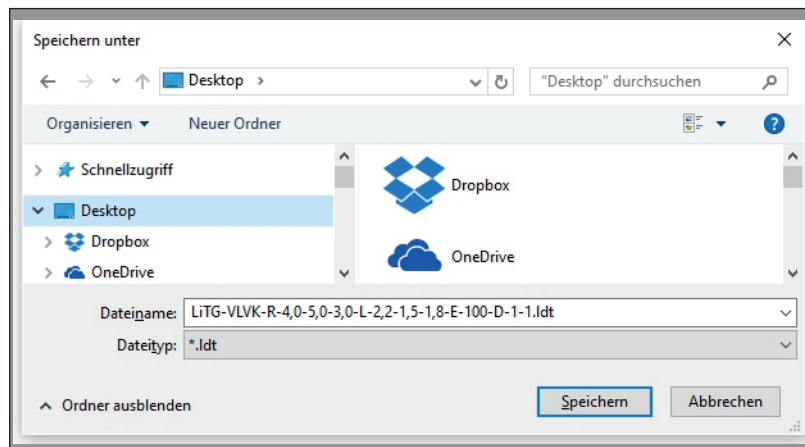


Abbildung 2:
Maske zum
Speichern der
EULUMDAT-Datei

Die Software wurde auf Windows 7, Windows 8.1 und Windows 10 erfolgreich getestet und sollte auch in Windows XP-Umgebungen lauffähig sein. Aus Sicherheitsgründen wird allerdings von der Nutzung unter Windows XP abgeraten.

4. Berechnung der Lichtstärkeverteilung

Die Berechnung der Lichtstärkeverteilung besteht generell aus sechs Schritten:

1. Ermittlung der Rasterpunkte bzw. der Auflösung (siehe dazu Kapitel 2);
2. Berechnung sämtlicher Winkelkombinationen für das vorgegebene Raster;
3. Überprüfung, ob sämtliche Rasterpunkte innerhalb von Auftreffpunkten der Lichtstärkeverteilung liegen;
4. Berechnung des Abstandes der nächstgelegenen Raumumschließungsfläche (Wand/Decke oder Boden) zur Leuchte für die entstandenen Kombinationen aus C- und G-Winkeln;
5. Ermittlung der Winkel über den berechneten Abstand und die Orientierung zwischen Leuchte und Wand, unter denen das Licht der Leuchte auf die Wand trifft;
6. Anhand der sich aus den Schritten 4 und 5 ergebenden notwendigen Faktoren Erzielung der vorgegebenen Beleuchtungsstärke gemäß der Kosinus-Bewertung.

Als Endergebnis entsteht aus der Entfernung, der Beleuchtungsstärke und den Winkeln eine Lichtstärke für jede Kombination aus C- und G-Winkeln im EULUMDAT-Format.

Für den Fall, dass die Vorgaben zu Problemen bei der Berechnung führen könnten, werden Fehlermeldungen ausgegeben. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn die Vektoren von der Leuchte zu den Raumeckpunkten genau im Winkelraster der Lichtstärkeverteilung liegen (Abbildung 3). Fehlermeldungen gibt es auch, wenn die Rasterpunkte nicht alle innerhalb des Rasters der Lichtstärkeverteilung liegen (Abbildung 4).

Abbildung 3:
Fehlermeldung
bei falscher
Positionierung
der Vektoren

The screenshot shows the 'LiTG - LVK-Generator' window. It has three main input sections: 'Room Dimensions' with Length (x) at 5 m, Width (y) at 4 m, and Height (z) at 3 m; 'Light Source' with X at 2.5 m, Y at 1.5 m, and Z at 1.8 m; and 'Resolution' with ΔC at 1 and $\Delta \gamma$ at 1. Below these is an 'Illuminance' field set to 100 lx and a 'Compute' button. At the bottom, a message reads: 'Please change room dimensions or luminaire position to avoid close intersection of room corners with LDT-Grid'.

Abbildung 4:
Fehlermeldung
bei falscher
Positionierung
der Rasterpunkte

The screenshot shows the 'LiTG - LVK-Generator' window with the same layout as above. In this instance, the 'Resolution' ΔC is set to 5 and $\Delta \gamma$ is set to 5. The 'Compute' button is highlighted. At the bottom, a message reads: 'The DIN 5035-6 grid doesn't lie completely within the grid of the intensity distribution'.

5. Anwendungsbeispiel

Das folgende Beispiel soll die Benutzung des LVK-Generators erläutern. Der erste Schritt besteht in der Festlegung des Szenarios, für das die Berechnung der direkten Beleuchtungsstärke geprüft werden soll. Die Abmessungen des Raumes – es kann sich um ein kleines Zimmer oder um eine Halle handeln – und die Position der einzelnen Lichtquelle sind in der Eingabemaske des LVK-Generators einzutragen. Zusätzlich sollte noch das gewünschte Beleuchtungsstärkeniveau angegeben werden (siehe Abbildung 5).

Im LVK-Generator wird anschließend die Lichtstärkeverteilung berechnet und die dazugehörige EULUMDAT-Datei abgespeichert.

Nun geht es im Simulationsprogramm weiter: Hier muss als erstes das zuvor festgelegte Szenario umgesetzt werden: Es ist also ein Raum mit den entsprechenden Abmessungen zu erzeugen. Dann kann die virtuelle Lichtstärkeverteilung aus der EULUMDAT-Datei importiert werden. Weiterhin ist die Leuchte entsprechend der Vorgaben im Raum zu positionieren.

Vor der Berechnung im Simulationsprogramm sollte der gewünschte Reflexionsgrad aller Raumbegrenzungsflächen eingestellt werden: Er beträgt 0 % für die Prüfung der direkten Beleuchtungsstärke. Zusätzlich sollte, falls notwendig, der Wartungsfaktor im Simulationsprogramm auf 1 gesetzt sein.

Jetzt wird die Berechnung im Simulationsprogramm gestartet. Zur Beurteilung der Ergebnisse muss die Beleuchtungsstärke auf allen Wänden, der Decke und dem Boden berechnet und ausgegeben werden. Diese Ergebnisse können dann mit der im LVK-Generator vorgegebenen Beleuchtungsstärke verglichen werden.

In unserem Beispiel hat der Raum eine Länge von 5m, eine Breite von 4 m sowie eine Höhe von 3 m. Die eingesetzte Leuchte hat folgende Position im Raum: 2,2 m in der Länge, 1,5 m in der Breite und 1,8 m in der Höhe. Die direkte Beleuchtungsstärke beträgt 100 lx (siehe Abbildung 5).

Daraus ergibt sich folgendes Berechnungsraster (siehe Kapitel 2):

- auf dem Boden, der Decke und den längeren Wänden: 9 x 7;
- auf den kürzeren Wänden: 7 x 5.

LiTG - LVK-Generator

Room Dimensions

Length (x) 5 m

Width (y) 4 m

Height (z) 3 m

Light Source

X 2.2 m

Y 1.5 m

Z 1.8 m

Resolution

ΔC 1 °

Δy 1 °

Illuminance 100 lx

Compute

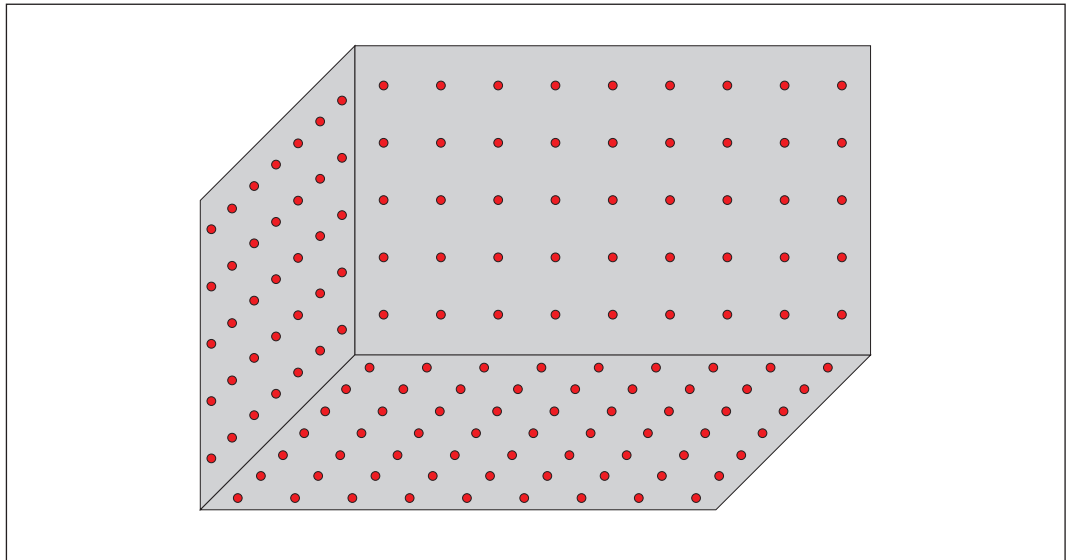
LDT-File successfully saved

Abbildung 5:
Beispielraum

5.1. Korrekte Leuchtenpositionierung

Die Darstellung des Raumes im Simulationsprogramm zeigt nur den Direktanteil des Lichts, der Reflexionsgrad aller Raumbegrenzungen wird auf 0 % gesetzt. Es ergibt sich eine homogene Beleuchtungsstärke von 100 lx auf allen Raumbegrenzungsflächen.

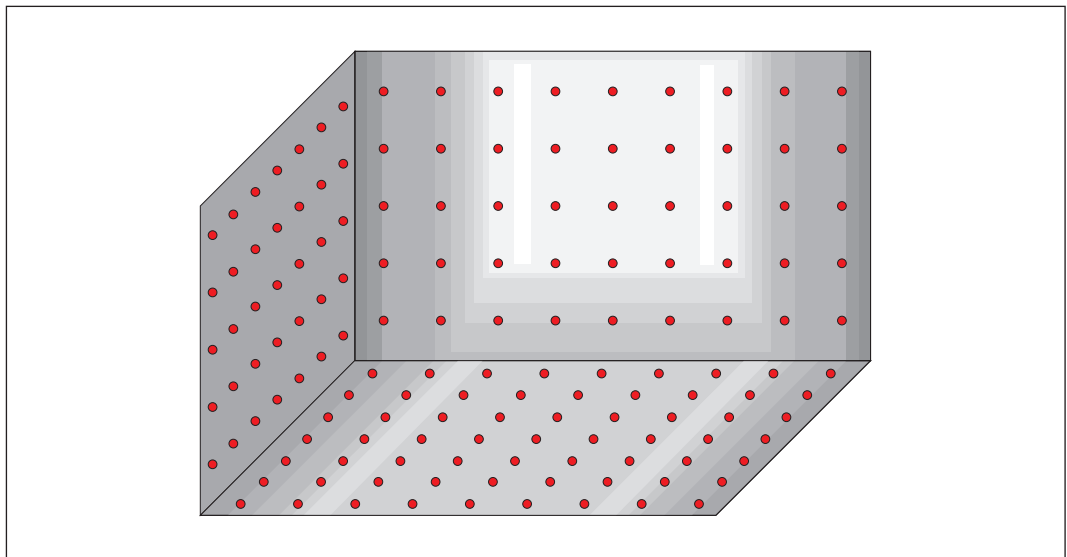
Abbildung 6:
Die Berechnung ergibt eine homogene Beleuchtungsstärke auf allen Raumbegrenzungsflächen.



5.2. Fehlerhafte Leuchtenpositionierung

In diesem Fall zeigt die Darstellung des Raums im Simulationsprogramm wieder nur den Direktanteil des Lichts. Auch hier ist der Reflexionsgrad aller Raumbegrenzungen 0 %. Die zu betrachtende Leuchte ist aber um 90° gedreht, also falsch positioniert. Dieser Fall kann auftreten, da sich die Koordinatensysteme in Simulationsprogrammen manchmal unterscheiden. Dies ist schnell erkennbar, da die Beleuchtungsstärke nicht mehr gleichmäßig über die Raumbegrenzungsflächen verteilt ist.

Abbildung 7:
Die Berechnung ergibt aufgrund der falschen Positionierung der Leuchte eine inhomogene Beleuchtungsstärke.



6. Fazit und Ausblick

Mit der Entwicklung des LVK-Generators gibt es nun ein Werkzeug, das jedem Anwender von Lichtsimulations-Software erlaubt, die Berechnungsergebnisse des von ihm verwendeten Programms zu überprüfen. Die Berechnungen des LVK-Generators wurden durch die Experten des Projektausschusses verifiziert. Auf Anfrage beim Autor ist auch der Quellcode direkt verfügbar, um die verwendeten Algorithmen zu überprüfen und zu erweitern.

Das entstandene Programm versteht sich daher als Ausgangspunkt für weitere Arbeiten. Die geschaffene Grundlage bietet vielfältige Möglichkeiten für Ergänzungen. So kann das Programm, anders als in der aktuellen Version, z. B. genutzt werden, um einzelne Raumflächen mit unterschiedlichen Beleuchtungsstärken zu beaufschlagen. Die Beschränkung auf den Boden beispielsweise gibt die Möglichkeit, Lichtstärkeverteilungen für die Außenbeleuchtung zu errechnen. Dieses Konzept lässt sich weiterführen, sodass komplexere Konstruktionen, beispielsweise Pulte oder Tafeln, als Zielflächen der Soll-Beleuchtungsstärke dienen können. Die Anzahl der Lichtquellen kann erweitert werden, um andere Aspekte von Simulationsprogrammen bis hin zu UGR-Berechnungen u. v. m. zu prüfen. Sofern Interesse in der Lichtgemeinschaft besteht, lassen sich Ergänzungen auch auf offenen Plattformen weiterführen.

Autor und Projektausschuss freuen sich auf Ihr Feedback!

7. Literatur

- [1] CIE 171:2006, Test Cases to assess the Accuracy of Lighting Computer Programs, Vienna.
- [2] Stockmar, A., EULUMDAT – ein Leuchten-Datenformat für den europäischen Beleuchtungsplaner, Tagungsberichte LICHT 90, Rotterdam.
- [3] CIE X005:1992, Proceedings of the CIE Seminar on Computer Programs for Light and Lighting, Vienna.
- [4] DIN EN 12193:2008, Licht und Beleuchtung – Sportstättenbeleuchtung.
- [5] DIN EN 12464-1:2011, Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen.
- [6] DIN EN 12464-2:2014, Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 2: Arbeitsplätze im Freien.
- [7] DIN 5035-6:2006: Beleuchtung mit künstlichem Licht – Teil 6: Messung und Bewertung.

Die **Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG)** mit über 100-jähriger Tradition versteht sich als dynamisches Netzwerk und Wissensplattform für alle Licht-Interessierten. Sie gliedert sich in 16 Bezirksvertretungen mit rund 2300 Mitgliedern. Sie wird geleitet durch einen Vorstand und einen Vorstandsrat. Fachliche Belange behandelt der Technisch-Wissenschaftliche Ausschuss (TWA).

Die **LiTG** verbindet Wissenschaftler aus Forschung und Lehre, Ingenieure und Techniker aus Entwicklung, Fertigung, Projektierung und Vertrieb, Mitarbeiter aus Bundes- und Landesministerien sowie Kommunalverwaltungen, Architekten, Innenarchitekten, Lichtplaner, Elektrofachplaner, Handwerker, Produktdesigner, Mediziner, Künstler und Studierende. Zu ihren korporativen Mitgliedern zählen wissenschaftliche Institutionen, Fachverbände und Organisationen, Unternehmen aus allen Bereichen der Lichtindustrie, Stadtverwaltungen, Energieversorger, Architektur-, Ingenieur- und Lichtplanungsbüros.

Die **LiTG** fördert die Lichttechnik in Theorie und Praxis auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene. Sie engagiert sich sowohl in der fachlichen Aus- und Weiterbildung als auch in der Forschung. Sie bietet ein lokal orientiertes, breitgefächertes Programm aus Schulungen, Vorträgen, Diskussionen, Exkursionen und Besichtigungen, das über innovative lichttechnische Anwendungen, Entwicklungen, Produkte,

Dienstleistungen und Forschungsvorhaben informiert und über gültige lichttechnische Vorschriften, Normen und Gesetze aufklärt.

Die **LiTG** beteiligt sich an der Erarbeitung nationaler und internationaler Normen und Vorschriften und kooperiert dazu mit nationalen und internationalen Fachorganisationen (z. B. DIN, CEN, ISO, CIE) sowie den lichttechnischen Gesellschaften aus aller Welt. Sie veranstaltet wissenschaftlich-anwendungsorientierte Fachtagungen zu aktuellen Themen auf nationaler und internationaler Ebene.

Die **LiTG** erstellt und verbreitet Arbeits- und Forschungsergebnisse mit neuesten lichttechnischen Erkenntnissen in Form allgemein verständlicher technisch-wissenschaftlicher Publikationen zu folgenden Schwerpunkten:

- **Außenbeleuchtung**
- **Melanopische Lichtwirkungen**
- **Betriebsgeräte und Steuerungen**
- **Fahrzeugbeleuchtung**
- **Farbe**
- **Innenbeleuchtung**
- **Lichtarchitektur**
- **Lichtquellen und Leuchten**
- **Messen und Bewerten**
- **Physiologie und Wahrnehmung**
- **Tageslicht**

LiTG-Publikationen sind frei von kommerziellen Zielen.



Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V.

Burggrafenstraße 6
10787 Berlin
Telefon +49 30 / 26 36 95 24
Telefax +49 30 / 26 55 78 73
E-Mail info@litg.de

www.litg.de