

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 105 (2014)
Heft: 1

Artikel: Neue Gaslaterne für Berlin
Autor: Mahlkow, Adrian
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856179>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Neue Gaslaterne für Berlin

LED-Lösung mit identischem Erscheinungsbild

Im Rahmen der Initiative «Innovative Beleuchtung für Berlin» wurde ein mit LEDs betriebener Prototyp mit dem Erscheinungsbild einer traditionellen Gasaufsatzleuchte entwickelt. Das Ziel war eine ökologische und ökonomische Alternative, die das Stadtbild nicht verändert. Nicht nur äusserlich sollte die Leuchte gleich aussehen, sondern auch bezüglich Licht sollte kein Unterschied bemerkbar sein: Die Parameter Spektrum («Goldenes Licht»), Lichtstrom und -verteilung sollten vergleichbar sein.

Adrian Mahlkow

Durch die Initiative des OptecBB und die Unterstützung der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und für Wirtschaft wurde der Verein Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V. (OUT) mit der Aufgabe betraut, den Prototyp einer Gaslaterne zu entwickeln und aufzubauen, die das Licht mit LEDs erzeugt, sonst aber nicht von einer klassischen, mit Gas befeuerten Gasaufsatzleuchte zu unterscheiden ist. Als Motivation diente die Tatsache, dass sich der Wirkungsgrad durch den Einsatz von LEDs von bisher 1 lm/W (0,5%) auf weit über 40 lm/W (16%) steigern lässt.

Der Primärenergieverbrauch einer vierflammigen Gasaufsatzleuchte – von denen es in Berlin 39000 Stück des Typs gibt, der nun als LED-Version realisiert wurde – wird so von rund 1030 W Gasverbrauch auf unter 55 W elektrischen Leistungsverbrauch reduziert. Da

eine starke emotionale Bindung zum Gaslicht besteht, wurde hier eine Lösung entwickelt, die sich vom Original in möglichst keinem Aspekt unterscheidet.

Status quo

Die Entwicklung des LED-Prototypen erstreckte sich über 14 Monate. Sie umfasste viele grundlegende Untersuchungen zum Status quo und den Möglichkeiten der LED. Eine bestehende Gasaufsatzleuchte wurde zunächst spektral vermessen.

Für die spektralen Messungen und den integralen Strahlungsfluss wurde ein kompletter Leuchtenkopf einer Gasaufsatzleuchte in einer entsprechend grossen Ulbrichtkugel eingebaut und betrieben (Bild 1). Besonders wichtig war die korrekte Kalibrierung des optischen Aufbaus, da die Leuchte nicht mehr klein im Vergleich zur Ulbrichtkugel war.

Die Gasaufsatzleuchte wurde im Labor mit Methangas mit einem Arbeitsdruck von 100 mbar versorgt. Ihr Lichtspektrum entspricht nicht dem eines Wärmestrahlers und enthält auch keine Peaks oder Linien. Eine Nachstellung der spektralen Verteilung mit LED mit einer Genauigkeit von über 5% ist möglich (Bild 2).

Feldmessungen wurden zusätzlich an verschiedenen Strassenzügen in Berlin an diversen Typen (Hänge-, Aufsatz- und Reihenleuchte) durchgeführt, um typbedingte und individuelle Schwankungen zu quantifizieren.

Die in Bild 3 dargestellten Einzelspektren sind durch die Aufnahme im Aussenraum etwas verrauscht, zeigen aber durchweg die gleiche Charakteristik. Farbkodiert können die 68 Spektren parallel betrachtet und verglichen werden.

Der Lichtstärkeverteilungskörper (LVK) wurde für eine Gasaufsatzleuchte in zwei Achsen radial aufgenommen. Bild 4 zeigt die Visualisierung der Ergebnis-Matrix. Die etwas verrauschten Kurven kamen dadurch zustande, dass die Leuchte mit Flüssiggas aus einem Druckbehälter statt mit Methan (Stadtgas) betrieben werden musste, um die Leuchte frei drehbar aufhängen zu können. Mit dem höher viskosen Gas sind die Glühstrümpfe nach kurzer Zeit etwas verrusst und führten zu einem unruhigeren Brennverhalten und damit zu einer verrauschten Messung. Die intrinsische Charakteristik der Gasaufsatzleuchte ist komplett glatt und stetig.

Messgrösse	4x5 LED-Module	Gasleuchte
Optische Leistung	4,84 W	7,73 W
Lichtstrom	1424 lm	1390 lm
Peak-Wellenlänge	620,4 nm	763,2 nm
Dominante Wellenlänge	580,9 nm	581,9 nm
Halbe Bandbreite	169,6 nm	534,7 nm
Ähnlichste Farbtemperatur	2860 K	2760 K
Farbwiedergabeindex CRI	85,2	90,2
Farbkoordinate x	0,4613	0,4546
Farbkoordinate y	0,4346	0,4325
Flussstrom	2000 mA	–
Flussspannung	29,70 V	–
Anschlussleistung	59,40 W	1030 W

Tabelle Messdaten der 4x5-LED-Module in eingebautem Zustand mit Abdeckglas (links) und einer mit Methan befeuerten Gaslaterne.



Bild 1 Testleuchte in Ulbrichtkugel.

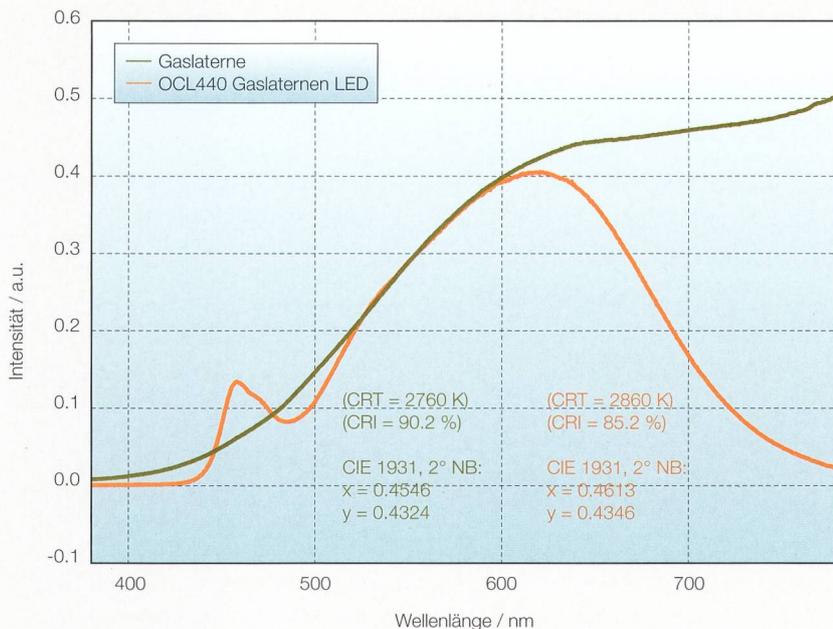


Bild 2 Emissionskurve eines einzelnen Glühstrumpfs (dunkelgelb) im Vergleich zu einer «Gaslicht»-LED.

Entwärmung

Um Platz für die LED-Technik zu erhalten, wurde die konventionelle Technik bei einem Original-Leuchtenkopf komplett entfernt. Besonders die Form des Aluminiumhutes war wichtig, um die interne Entwärmungsperipherie optimal anschliessen zu können. Hier konnten vom Hersteller keine Angaben zur Verfügung gestellt werden. Für das CAD-Modell wurde das reale Objekt ausgemessen. **Bild 5** zeigt die Original-Haube und einen von vier Flügeln, die zur Entwärmung der LED im Inneren eingepasst wurden.

Für den konzeptionellen Aufbau eines LED-Moduls wurde die Berechnung der nötigen Lichtmenge pro Modul, eine Festlegung von Anzahl und Leistung der erforderlichen LEDs und die Entwicklung der nötigen Ansteuerung der Lichtquelle (einfache Konstantstromquelle ohne Regel- und Steuermöglichkeit) benötigt.

Der gesamte Lichtstrom einer Gas-aufsatzleuchte beträgt 1400 lm. Bei einem perspektierten und sehr konservativ abgeschätzten Systemwirkungsgrad von 30 lm/W wird eine elektrische Leistung der LED von mindestens 60 W benötigt. Ein Modul mit insgesamt 20 Hochleistungs-LEDs auf fünf Seitenflächen eines Würfels liefert die Grundlage für jeden Glühstrumpf. Die Ansteuerung liegt ausserhalb des Glühstrumpfs und wird im Kopf untergebracht. In jedem Modul für einen Glühstrumpf sind zwei elektrisch parallel geschaltete LED-

Zweige mit je zehn Bauelementen. Die Flussspannung summiert sich bei den verwendeten Spezial-LED auf 30,2 V bei einem Betriebsstrom pro Bauelement von 350 mA.

Der LED-Kühlkörper war in seinen mechanischen Randbedingungen durch die Aussenhaut des Kopfes gegeben. Zudem existieren Gewichtsrestriktionen und die Aussenhülle soll für die Befestigungen nicht verletzt werden.

Thermosimulationen der Übergänge und des Wärmetransportes bei unterschiedlichen Umwelt- und Randbedingungen wurden durchgeführt. **Bild 6**

zeigt einen der LED-Glühstrumpfe unverkleidet an den internen Kühlkörper montiert. Bei freier Konvektion am Aussenhut stellen sich Temperaturen von 38°C an der Aussenseite der LED ein. Dies sind sehr gute Werte, die für eine lange Lebensdauer sprechen. Die verschiedenen Konzepte wurden parallel aufgebaut und getestet.

Optische Simulation

Für eine realistische Abbildung der gegenwärtigen Situation sind zahlreiche Materialien in ihrer Streufunktion bestimmt und in optische Modelle integriert worden. Die simulierten Abstrahlcharakteristiken entsprechen den gemessenen, sodass von einem guten Modell ausgegangen werden kann. Die Berechnungen wurden mit «Zemax prof.» und LightTools durchgeführt. Mit den genauen Daten der Spezial-LED ergeben sich in den Rechnungen Abstrahlcharakteristiken, die dem Gasbetrieb im Rahmen der Genauigkeit entsprechen.

Glühstrumpf

Das Konzept des Glühstrumpfs umfasste den Nachbau der Hülle des traditionellen Glühstrumpfs (**Bild 8**) mit Konzipierung eines möglichst naturgetreuen Abbildes des Glühstrumpfs in Form und äusserem Erscheinungsbild, der Herstellung von lichtleitenden Musterstoffen für den Aussenstrumpf, der Entwicklung der Abformtechnik für die äussere Gestalt und der Beauftragung geeigneter Firmen zur Herstellung des Glüh-

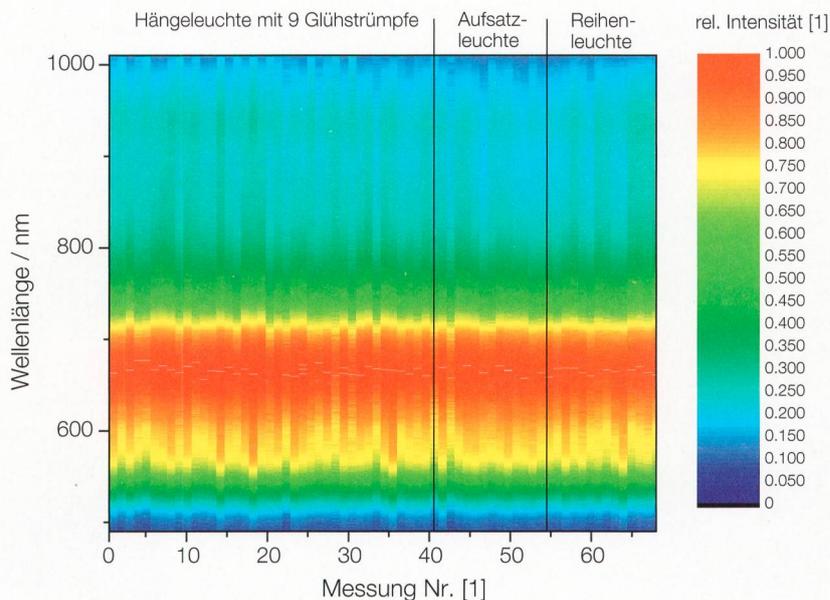


Bild 3 Einzelspektren der gemessenen Leuchtentypen.

strumpfabbildes. Die Musterstoffe aus lichtleitendem Material sind von einem Spezialhersteller verwoben und rändig verkettelt worden.

Aus diesen Bahnen wurden mit einem Formwerkzeug die Glühstrümpfe thermisch und mechanisch ausgedrückt. Die Form ist nahezu identisch mit den Vorbildern, lediglich die Verjüngung durch die Verschnürung zum Keramiksockel ist aus abformtechnischen Gründen nicht nachgebildet.

Parallel zu den Gewebematerialien wurde ein Diffusor-Material eingesetzt, das sich bei Lichtschienen seit vielen Jahren im Aussenbereich bewährt hat. Der direkte Vergleich zeigte, dass die Gewebestruktur aus zu grobem Material gewoben wurde und das Vollmaterial einen homogeneren Eindruck machte. Bild 9 zeigt einen Gewebestrumpf und rechts daneben einen Vollmaterial-Strumpf. Im ausgeschalteten Zustand kann man aus geringer Entfernung einen Unterschied erkennen. In der realistischen Entfernung von über 4 m zum Lichtpunkt ist der Unterschied zwischen einem Original-Glühstrumpf und dem Kunststoffteil aber nicht mehr erkennbar.

Da die Inhomogenitäten des Streulichts beim Gewebematerial auf der Unterlage sichtbar sind, wurde die zweite Variante für den Prototyp gewählt.

Da die Inhomogenitäten des Streulichts beim Gewebematerial auf der Unterlage sichtbar sind, wurde die zweite Variante für den Prototyp gewählt.

Spezial-LED

Für das Original-Gaslaternenlicht wurde eine Spezial-LED entwickelt. Alle verfügbaren weissen LEDs sind zwar mit diversen Farbtemperaturen erhältlich, allerdings kann dem Licht einer Gaslaterne keine Farbtemperatur (CCT) zugeordnet werden, da es sich nicht um einen Schwarzen Strahler handelt. Der Farbort liegt weit entfernt vom Planckschen Strahlungszug und damit ausserhalb der Definition einer CCT. Das Licht der Gaslaterne hat die «ähnlichste» Farbtemperatur von 2760 K, im direkten Vergleich mit einer Halogenlampe mit einer echten CCT von 2350 K fällt aber der Grüntich des Gaslaternenlichts deutlich auf. Für den schrittweisen Ersatz mit dem direkten Vergleich zum Original sind warmweisse LEDs deshalb ungeeignet. Daher wurden in Zusammenarbeit mit der Firma OSA Opto Light GmbH LEDs mit individueller Farbstoffmischung für eine möglichst gleiche Spektralverteilung wie das Gaslicht aufgebaut und selektiert.

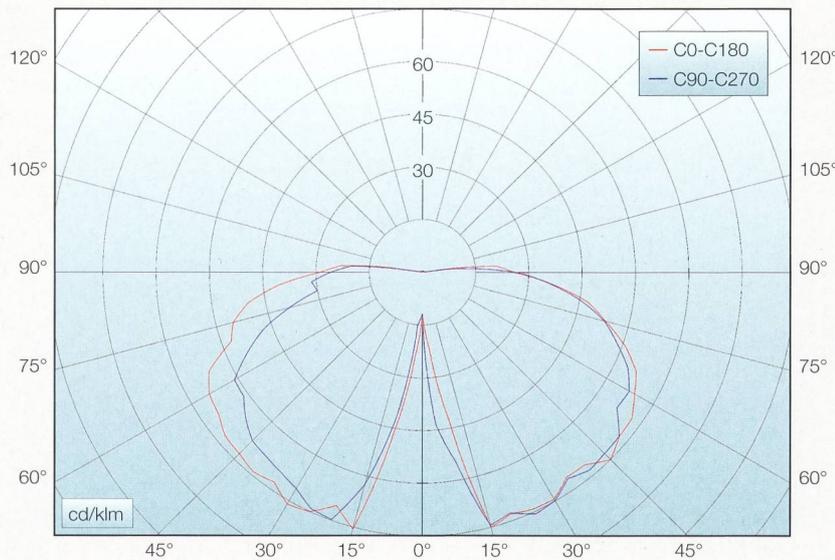


Bild 4 Lichtstärkeverteilungskörper (LVK) einer Gasauflaufleuchte in 2 Achsen radial gemessen.



Bild 5 a) Originalhaube und b) einer der 4 Entwärmungsflügel.

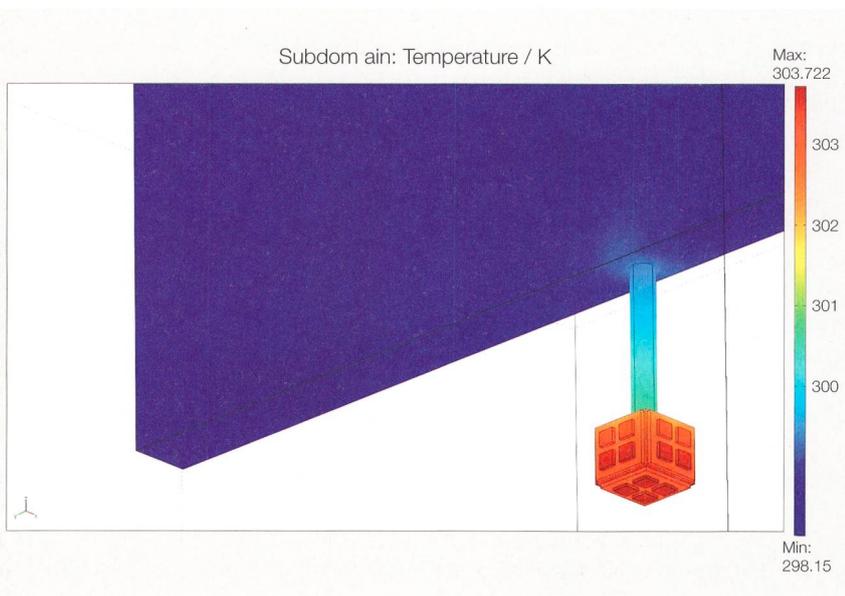


Bild 6 Simulierter Temperaturverlauf eines der LED-Glühstrümpfe (unverkleidet) am Kühlkörper.

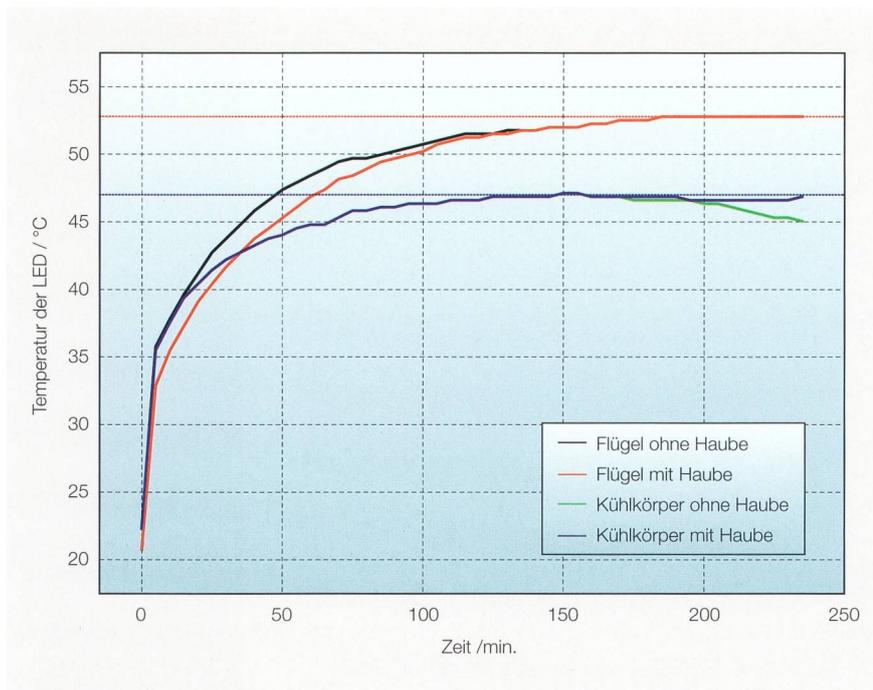


Bild 7 Gemessene LED-Temperatur.

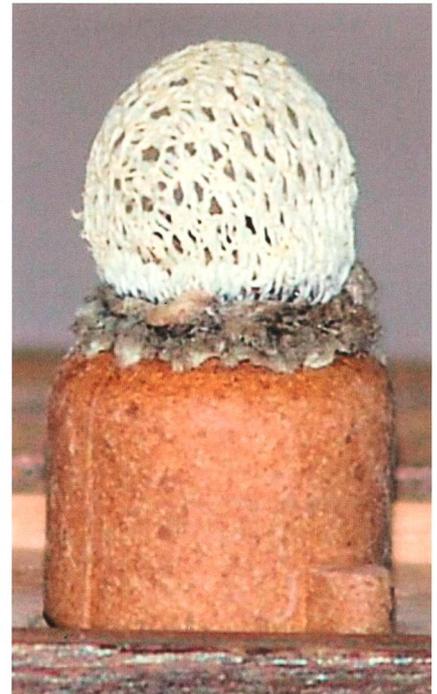


Bild 8 Konventioneller Glühstrumpf.

Diese LEDs zeigen im Einzelnen und in der Gruppe das gewünschte Spektrum mit einer Abweichung von unter 7%. Die Sortierung nach dem Farbort hat sich bei einer prinzipiellen Festlegung der Spektralfunktion als zielführend erwiesen.

Für diese Art von LEDs wurden durch den Hersteller Farbklassen definiert und qualifiziert, sodass für den Aufbau des Demonstrators eine explizite Farbklasse die Zielvorgabe darstellte. Die LEDs unterscheiden sich im Spektrum kaum von warmweißen LEDs, besitzen aber den typischen, erhöhten Grünanteil. Das Licht der LED ist allerdings frei von IR-Strahlung. Auch UV-Anteile fehlen, hierin besteht allerdings kein Vorteil zum klassischen Gaslicht.

Aufbau der LED-Module

Für den Aufbau der LED-Module wurden flexible und starrflexible Metallkernleiterplatten aufgebaut und verglichen. Bei der ersten Variante konnte der leuchtende Kern des LED-Glühstrumpfes etwas kleiner und damit die Ausleuchtung des Streukörpers homogener erfolgen. Allerdings waren die thermischen Kennwerte schlechter. Deshalb wurde doch eine Starrflex-Lösung mit Kupferkern-Leiterplatten und flexiblen Verbindern gewählt. Die Bestückung in einem Reflowprozess erfolgte halbautomatisch, um eine Veränderung der LED während des Bestückens und Lötens so gering wie mög-

lich zu halten. Bild 10 und Bild 11 zeigen Teilaufbauten sowie den fertig bestückten LED-Kopf für einen Glühstrumpf.

Der Prototyp wurde im OUT-Labor ausführlich charakterisiert, bevor er in

einer Musteraufstellung in der Torgauer Strasse in Berlin-Reinickendorf und zur Langen Nacht der Wissenschaft im Lichttechnischen Institut der TU Berlin der interessierten Öffentlichkeit vorgestellt wurde.

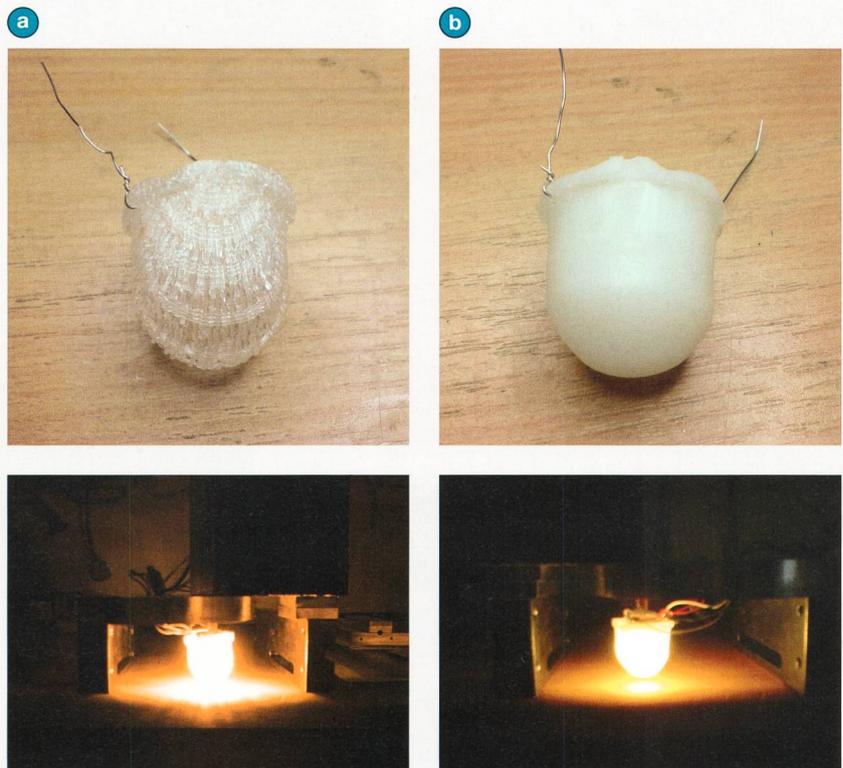


Bild 9 a) Glühstrumpf aus lichtleitendem Musterstoff, b) Diffusor aus Vollmaterial. Aus 4 m Distanz lässt sich kein Unterschied zwischen einem Original-Glühstrumpf und dem Kunststoff-Imitat ausmachen.

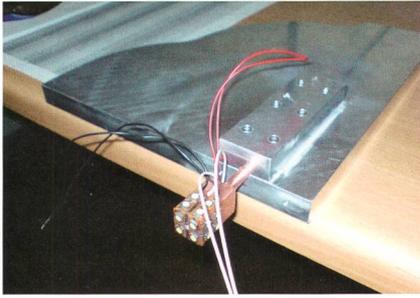


Bild 10 Fertiger LED-Glühstrumpf mit Kühlkörper.

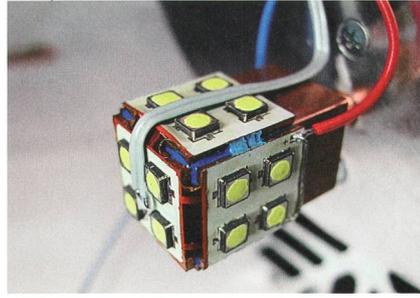


Bild 11 Detail der endgültigen Variante mit Spezial-Leiterplatte mit Kupferkern.

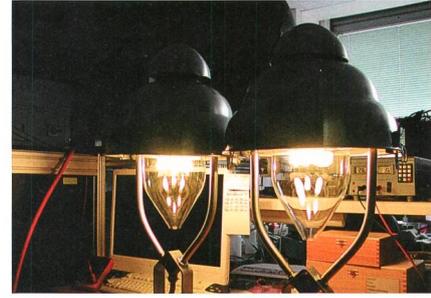


Bild 12 Mit Methan befeuerte Gasaufsatzleuchte (links) und Leuchte mit LED-System.

Bilder: Mahlkow

Angaben zum Autor

Adrian Mahlkow, Dr. Ing., ist Vorstandsvorsitzender von Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V. (OUT). Über fünf Jahre gab er an der TU Berlin Vorlesungen in Technischer Optik.

OUT, DE-12555 Berlin, adrian@mahlkow.com

Der Autor möchte sich für die grosszügige Finanzierung und die spannende Aufgabenstellung bei der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung sowie der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt bedanken. Auch der Generallaufnahme durch die TU Berlin gebührt Dank.

Résumé

De nouveaux réverbères à gaz pour Berlin

Une solution LED avec un aspect identique

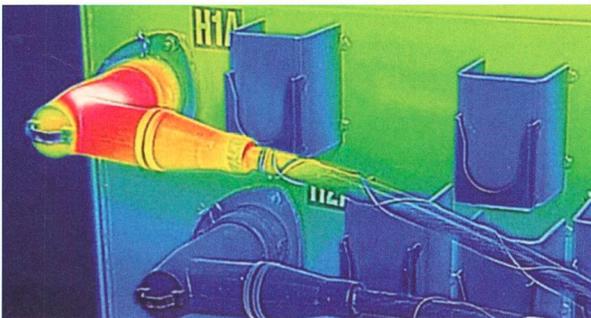
Dans le cadre de l'initiative « Un éclairage innovant pour Berlin », un prototype fonctionnant avec des LED a été développé de manière à ressembler en tout point à un réverbère à gaz traditionnel. L'objectif était d'obtenir une alternative à la fois économique et écologique ne modifiant pas l'aspect de la ville. Le lampadaire LED est parfaitement similaire au réverbère à gaz, et ce, non seulement du point de vue de l'aspect extérieur, mais aussi de la lumière émise. Les paramètres du spectre (« lumière dorée »), du flux lumineux et de la diffusion lumineuse sont en effet comparables. La consommation d'énergie des nouvelles lampes LED s'élève par contre à 60 W, elle est donc nettement inférieure aux 1030 W des luminaires à gaz.

No

Anzeige

Mit uns thermografieren Sie besser...

emitec industrial - Ihr Kompetenzzentrum für Ihre heutige und zukünftige Infrarotkamera



- Grösste Auswahl von Flir Thermografiekameras
- Beratung und Support durch ausgewiesene Thermografen (EN ISO 9712)
- Eigenes Kalibrationslabor (für alle Marken)
- Eigenes Thermografie Schulungszentrum
- Zertifizierungskurse nach EN ISO 9712

Weitere Infos unter:
www.emitec.ch/flir



emitec messtechnik ag birkenstrasse 47 6343 rotkreuz
 tel +41 (0)41 748 60 10 info@emitec.ch www.emitec.ch



LANZ – moderne Kabelführung

- Kabelschonend
- Preisgünstig
- Koordinierbar
- Schraubenlos montierbar
- Funktionserhalt E 30 / E 90
- Sofort lieferbar

- LANZ G- und C-Kanäle
- LANZ Multibahnen
- Flachbahnen nur 70 mm hoch
- LANZ Briport
- Inst-Alum- und ESTA Installationsrohre
- V-Rohrschellen für koordinierte Installationen
- Gitterbahnen, Flachgitter
- Weitspann-Multibahnen
- Weitspann-Tragprofile
- LANZ Steigleitungen
- Schnellverleger

Stahl halogenfrei polyethylenbeschichtet, galv. verzinkt, feuerverzinkt oder rostfrei A4. Hoch belastbar nach IEC 61537. CE-konform. ISO-9001-zertifiziert. Geprüft für Funktionserhalt E 30 / E 90. Trägermaterial ACS-schockgeprüft 1 bar, abrutschsicher verzahnt. Geprüft auf Erdbebensicherheit. Deckenstützen für 1-Dübel-Montage. Ab Lager von lanz oensingen und allen Elektrogrossisten.

lanz oensingen ag Tel. 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24

Mich interessieren Bitte senden Sie Unterlagen.

Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!

Name / Adresse / Tel. _____

•K5

LANZ lanz oensingen ag
 CH-4702 Oensingen Telefon 062 388 21 21 www.lanz-oens.com
 Südringstrasse 2 Fax 062 388 24 24 info@lanz-oens.com