

## Leuchtdioden (LED) – Lichtquellen der Zukunft

Elektrische Beleuchtung ist in der EU mit ca. 100 TWh<sup>1</sup>/Jahr allein im privaten Bereich der drittgrößte Stromverbraucher [1]. Um den Verbrauch zu reduzieren, werden die unwirtschaftlichsten Leuchtmittel schrittweise verboten. Vor allem Glühbirnen sind sehr ineffizient – ihre Lichtausbeute liegt unter 15 lm/W (Verhältnis der optischen Leistung in Lumen zur elektrischen in Watt). Das entspricht weniger als 5 % der hineinfließenden Energie; der Rest wird in Wärme umgewandelt. Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen erreichen höhere Werte, enthalten aber gesundheitsschädliches Quecksilber [2]. Noch effizienter sind anorganische und organische Leuchtdioden, in denen Licht nicht thermisch oder durch Gasentladung erzeugt wird, sondern direkt aus der Energie des Elektron-Loch-Paars im Halbleiter, d. h. durch Elektrolumineszenz. So kann theoretisch eine Effizienz von bis zu 100 % erreicht werden. Die besten kommerziellen LEDs liegen bei ca. 33 %, im Labor sind schon 70 – 80 % möglich.

	Glühlampe	Energiesparlampe	LED	OLED
<b>Lichtausbeute (Wirkungsgrad)</b>	15 lm/W (5 %)	60 – 90 lm/W (20 – 30 %)	100 lm/W (33 %)	50 lm/W (17 %)
<b>Lebensdauer</b>	1.000 Std.	20.000 Std.	100.000 Std.	10.000 Std.
<b>Leuchtprinzip</b>	Glühdraht	Gasentladung (Plasma)	Elektrolumineszenz	Elektrolumineszenz

Lichtausbeute und Spitzenhelligkeit anorganischer<sup>2</sup> weißer LEDs wurden in den letzten 20 Jahren enorm gesteigert. Winzige LED-Chips leuchten heute über 15mal heller als eine 60-W-Glühlampe und erreichen Ausbeuten von 100 – 140 lm/W. Um dies zu erreichen, müssen die anorganischen Halbleiter einkristallin<sup>3</sup> sein. Dies macht die Herstellung effizienter anorganischer LEDs kostenintensiv. Daher sind diese in der Regel sehr klein und damit Punktlichtquellen.

Mit organischen LEDs (OLEDs) können hingegen perfekte flächige Lichtquellen realisiert werden. Zukünftig könnten so tagsüber transparente und nachts leuchtende Fensterscheiben oder leuchtende Tapeten produziert werden. Eine OLED besteht aus mehreren amorphen<sup>4</sup> dünnen Schichten von Molekülen, die auf Kohlenstoffverbindungen basieren. Da diese organischen Schichten nur 100 nm (ein zehntausendstel mm) dick sind, wird sehr wenig Material benötigt. Zudem sind die Materialien ungiftig und lassen sich bei weit niedrigeren Temperaturen, d. h. mit geringerem Energieeinsatz, verarbeiten. Derzeit werden die Schichten meist im Vakuum auf großflächige Glasplatten aufgebracht, können in Zukunft aber auch großtechnisch im Rolle-zu-Rolle-Verfahren<sup>5</sup> auf flexiblen Folien hergestellt werden. Durch die Kombination von Druck- und Vakuumtechniken könnten solche Rolle-zu-Rolle-Verfahren sehr kostengünstig werden. Um in Zukunft erfolgreich zu sein, müssen OLEDs zudem hohe Lichtausbeuten erreichen. Bis zu 100 lm/W sind heute im Labor möglich [3], käufliche Produkte erreichen derzeit 45 – 60 lm/W. Wesentliche Herausforderungen in der Forschung sind eine große Lebensdauer auch bei hoher Helligkeit (100 lm/W bei einer Lebensdauer von 100.000 Std.) und die Kostensenkungen durch effizientere Herstellungsverfahren. Derzeit eilt die LED-Technologie der OLED-Technologie noch um ca. zehn Jahre voraus und verfügt schon über entsprechend reifere Herstellungstechniken (siehe auch Energiebilanz verschiedener Leuchtmittel [4]).

Die Zukunft der Beleuchtung gehört also den Halbleiterbauelementen. LEDs als Punktstrahler und OLEDs als Flächenstrahler ergänzen sich dabei sehr gut, in der gleichen Weise wie auf der Erde die Kombination aus Punkt- (Sonne) und Flächenlicht (Himmel) die Optimalbeleuchtung darstellt.



„Nachdem die Beleuchtung fast 100 Jahre durch Glühlampe und Leuchtstoffröhre dominiert wurde,

spielt sich momentan eine Revolution ab: Die auf einem ganz anderen physikalischen Prinzip basierenden (O-)LEDs erzeugen hocheffizient Licht und werden immer einfacher herzustellen.“

Johanna Stachel, Präsidentin der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

### Infobox 1: Funktionsweise Weißlicht-LED

Ein LED-Chip besteht aus mehreren einkristallinen Schichten anorganischer Halbleiter. Zur Erzeugung weißen Lichts muss das blaue Licht, das die LED erzeugt, in einem zweiten Schritt teilweise mit anorganischen Phosphoren in z. B. gelbes Licht umgewandelt werden. Die additive Mischung von Blau und Gelb ergibt dann Weiß. © IAPP

### Infobox 2: Funktionsweise Weißlicht-OLED

Organische LEDs bestehen aus Transportschichten für Ladungsteilchen und aus Licht erzeugenden Schichten, z. B. je einer Schicht für rotes, grünes und blaues Licht. Anders als LEDs erzeugen OLEDs weißes Licht in einem Schritt durch Mischung des Lichts von 2 – 3 Schichten mit verschiedenfarbig leuchtenden Molekülen. © IAPP

<sup>1</sup> 1 TWh (Terawattstunde) = 1 Mrd. kWh (Kilowattstunde); 1 kWh ist die Energiemenge, die bei einer Leistung von 1000 W innerhalb von einer Stunde umgesetzt wird.  
<sup>2</sup> anorganisch = nicht belebt, nicht auf Kohlenstoffverbindungen aufbauend; im Gegensatz zu organisch.  
<sup>3</sup> einkristallin = ein Kristall, im ganzen Festkörper in einer Struktur geordnet; im Gegensatz zu amorph.  
<sup>4</sup> amorph = nicht kristallin, ohne eine starke Ordnung.  
<sup>5</sup> Elektronische Bauteile in einem kontinuierlichen Verfahren auf flexiblen Materialien herstellen; dabei sind verschiedene Techniken (z. B. Drucken) oder deren Kombination möglich. Beim Drucken werden anstelle der Druckfarben elektronische Funktionsmaterialien (flüssig oder als Paste) verwendet.

### Literatur

[1] P. Bertoldi und B. Atanasiu, Electricity consumption and efficiency trends in the enlarged european union, EUR 22753 EN, <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency>, 2007  
 [2] R. V. Steel, Nature Photonics 2007, 1, 25  
 [3] S. Reineke et al., Nature 2009, 459, 234  
 [4] [www.osram.de/osram\\_de/nachhaltigkeit/nachhaltigeprodukte/lebenszyklusanalyse/index.jsp](http://www.osram.de/osram_de/nachhaltigkeit/nachhaltigeprodukte/lebenszyklusanalyse/index.jsp)

# Deutsche **Physikalische** Gesellschaft

**Die Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V. (DPG)**, deren Tradition bis in das Jahr 1845 zurückreicht, ist die älteste nationale und mit mehr als 62.000 Mitgliedern auch die größte physikalische Fachgesellschaft weltweit. Sie versteht sich als Forum und Sprachrohr der Physik und verfolgt als gemeinnütziger Verein keine wirtschaftlichen Interessen. Die DPG unterstützt den Gedankenaustausch innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft mit Tagungen und Publikationen. Sie engagiert sich in der gesellschaftspolitischen Diskussion zu Themen wie Nachwuchsförderung, Chancengleichheit, Klimaschutz, Energieversorgung und Rüstungskontrolle. Sie fördert den Physikunterricht und möchte darüber hinaus allen Neugierigen ein Fenster zur Physik öffnen.

In der DPG sind Professorinnen und Professoren, Studierende, Lehrerinnen und Lehrer, in der Industrie tätige oder einfach nur an Physik interessierte Personen ebenso vertreten wie Patentanwälte und Wissenschaftsjournalisten. Gegenwärtig hat die DPG neun Nobelpreisträger in ihren Reihen. Weltberühmte Mitglieder hatte die DPG immer schon. So waren Albert Einstein, Hermann von Helmholtz und Max Planck einst Präsidenten der DPG.

Die DPG finanziert sich im Wesentlichen aus Mitgliedsbeiträgen. Ihre Aktivitäten werden außerdem von Bundes- und Landesseite sowie von gemeinnützigen Organisationen gefördert. Besonders eng kooperiert die DPG mit der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung.

**Die DPG-Geschäftsstelle** hat ihren Sitz im Physikzentrum Bad Honnef in unmittelbarer Nähe zur Universitäts- und Bundesstadt Bonn. Das Physikzentrum ist nicht nur ein Begegnungs- und Diskussionsforum von herausragender Bedeutung für die Physik in Deutschland, sondern auch Markenzeichen der Physik auf internationalem Niveau. Hier treffen sich Studierende und Spitzenwissenschaftler bis hin zum Nobelpreisträger zum wissenschaftlichen Gedankenaustausch. Auch Lehrerinnen und Lehrer reisen immer wieder gerne nach Bad Honnef, um sich in den Seminaren der DPG fachlich und didaktisch fortzubilden.

In der Bundeshauptstadt ist die DPG ebenfalls präsent. Denn seit ihrer Vereinigung mit der Physikalischen Gesellschaft der DDR im Jahre 1990 unterhält sie das Berliner Magnus-Haus. Dieses 1760 vollendete Stadtpalais, das den Namen des Naturforschers Gustav Magnus trägt, ist eng mit der Geschichte der DPG verbunden: Aus einem Gelehrtentreffen, das hier regelmäßig stattfand, ging im Jahre 1845 die „Physikalische Gesellschaft zu Berlin“, später die DPG hervor. Heute finden hier Kolloquien und Vorträge zu physikalischen und gesellschaftspolitischen Themen statt. Gleichzeitig befindet sich im Magnus-Haus auch das historische Archiv der DPG.

## **Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V.**

Geschäftsstelle      Tel.: 02224 / 92 32 - 0  
Hauptstraße 5      Fax: 02224 / 92 32 - 50  
53604 Bad Honnef    E-Mail: [dpg@dpg-physik.de](mailto:dpg@dpg-physik.de)

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft  
dankt ihren Autoren  
Karl Leo, Annette Polte, Malte Gather  
und Jan Blochwitz-Nimoth

