

LEDs – Beleuchtung höchster Effizienz

- Leuchtdioden (LEDs) haben den Beleuchtungsmarkt aufgerollt
- Sie zeigen, dass Fortschritte in den Materialwissenschaften deutlich zum Energiesparen beitragen können
- Mit ihnen lässt sich etwa 10 – 15 % des weltweiten elektrischen Energieverbrauchs einsparen

In den vergangenen Jahren haben sich weiße Leuchtdioden zu extrem effizienten Lichtquellen entwickelt. Ihr geschicktes Chipdesign erlaubt heute, dass bis zu 90 % des erzeugten Lichtes nach außen abgestrahlt wird. Im Labor erreichen sie mittlerweile Wirkungsgrade von über 75 % - die alten Glühbirnen kamen früher nicht einmal auf knappe 10 %. Fortschritte in den Materialwissenschaften und bei den Industrieprozessen führten zum Durchbruch und zur massiven Senkung der Herstellungskosten. Wegen ihrer hohen Effizienz ließen sich mit Leuchtdioden etwa 10 – 15 % des weltweiten elektrischen Energieverbrauchs einsparen, was allein in den USA rund 50 große Kraftwerke überflüssig machen würde.

Lange fehlte die blaue Komponente, um weißes LED-Licht herzustellen, das

ja eine Mischung aus allen Farben ist. Denn Halbleiter-Leuchtdioden benötigen ein Material mit einer passenden energetischen Bandlücke zwischen dem sogenannten Valenz- und Leitungsband, in dem sich die Elektronen des Festkörpers aufhalten können (Abb. 1). Der Abstand der Bandlücke bestimmt die Wellenlänge des erzeugten Lichtes und damit dessen Farbe. Das Halbleitermaterial Galliumnitrid (GaN) und ähnliche Materialien waren bereits in den siebziger Jahren als hervorragende Kandidaten für die Erzeugung blauen Lichtes identifiziert worden; sie ließen sich jedoch trotz größter Anstrengungen technisch lange nicht beherrschen. Wesentlicher Grund war das Fehlen eines passenden Substratmaterials.

Den Durchbruch brachten Arbeiten der drei japanischen Forscher Isamu Akasaki, Hiroshi Amano und Shuji Nakamura. Akasaki und Amano entwickelten um 1990 einen Prozess, der es erlaubt, auf einem kristallinen Substrat mit stark abweichender Gitterkonstante glatte und nahezu perfekte kristalline GaN-Schichten herzustellen. Diese konnten sie nach Wunsch dotieren. Als Industrieforscher setzte Nakamura diese Erkenntnisse um und entwickelte brauchbare Leuchtdioden mit passenden aktiven Zonen und ausreichender



„LEDs haben die Beleuchtungstechnik revolutioniert. Das ist außerordentlichen Leistung in den Materialwissenschaften zu verdanken“

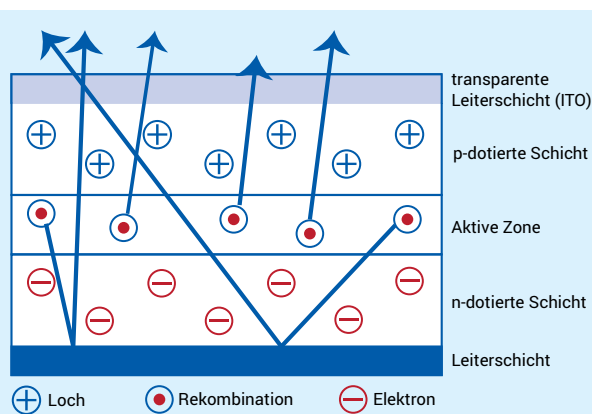
Lutz Schröter, Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Effizienz. Für ihre Arbeiten erhielten sie den Physiknobelpreis des Jahres 2014.

Um aus blaustrahlenden Leuchtdioden weißes Licht herzustellen, bedurfte es aber noch eines Tricks: Der besteht darin, in das Gehäuse der LEDs einen Leuchtstoff einzubauen, der einen Teil des blauen Lichtes in gelbes umwandelt (Abb. 2). Die Mischung aus blauem und gelbem Licht wird vom menschlichen Auge als weiß empfunden, das dem Sonnenlicht ähnelt.

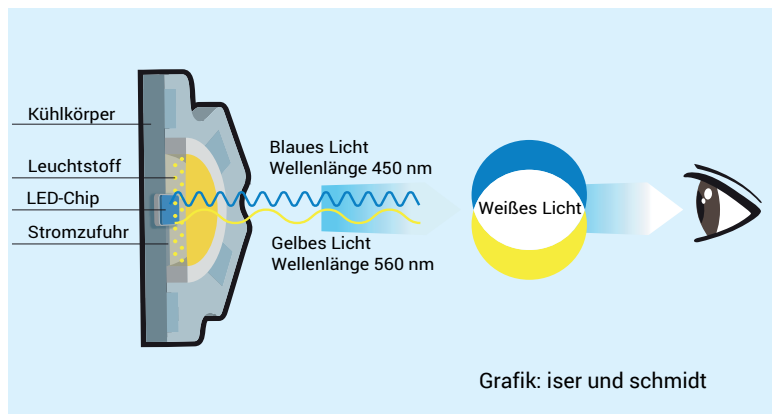
LEDs stecken mittlerweile in Taschenlampen, Autoscheinwerfern, Straßenbeleuchtungen oder ähnlichen Massenprodukten. Die drei Nobelpreisträger erfüllen somit vorzüglich Alfred Nobels Forderung, „besonders zum Wohle der Menschheit beigetragen“ zu haben.

Abb. 1



Bei der Vereinigung (Rekombination) von Elektronen und „Löchern“ wird Licht erzeugt. Bei den „Löchern“ fehlen Elektronen im Festkörper. Durch Reflexion an der untersten Schicht wird ein Großteil des Lichts nach oben abgestrahlt.

Abb. 2



Aus blauem Licht wird weißes. Dazu regt das blaue einen Leuchtstoff an, der gelbes Licht abstrahlt. Beide überlagern sich und erscheinen weiß.