

THORSTEN NAESER

## NEUES LICHT AUS DER CHEMIE

Die Menschheit verbraucht fast 20 Prozent der von ihr konsumierten Energie für Beleuchtung. Energiesparende Beleuchtungsquellen stehen deshalb ganz oben auf der Agenda, wenn es darum geht, Ressourcen einzusparen. Der Festkörperchemiker Professor Wolfgang Schnick und sein Team erforschen neue Materialien für innovative Beleuchtungen. Ihnen gelang es, LED-Lichtquellen zu entwickeln, die warm-weißes Licht mit bislang unerreichter Beleuchtungsqualität und Farbbrillanz erzeugen – und dabei auch noch massiv Energie sparen.

Die Bar im Hotel Anna am Stachus in München ist gut besucht. An den Tischen stoßen die Gäste mit Prosecco an, schlürfen ihren heißen Cappuccino und essen Kuchen. Es ist früh am Abend, der Raum erstrahlt in einem angenehm gedämpften rot-orangen Licht, das hinter den großen lang gestreckten Beleuchtungsanlagen zwischen den hohen Fenstern und an den Decken geschickt installiert ist. Eine halbe Stunde später hat sich der Raum völlig verwandelt. Jetzt sitzen die Gäste in einem blau-gelb erleuchteten Raum. Den veränderten Eindruck haben exakt dieselben Lichtquellen zu verantworten, die zuvor das rot-orange Cafehaus-Ambiente schufen. Möglich wird dieser chamäleonartige Farbwandel durch eine programmierbare Lichtanlage und geschickt an das Design des Raumes angepasste Leuchtdioden, die so genannten LEDs. Das Cafe Anna ist ein typisches Beispiel für rasante Veränderungen in der modernen Beleuchtungstechnik. Dabei geraten Glühbirnen immer mehr auf das Abstellgleis. Sie werden durch Leuchtdioden in allen Farben des Lichtspektrums ersetzt.

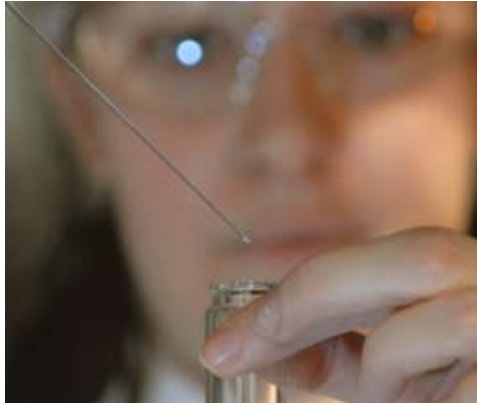
Wesentlich beteiligt an diesem raschen Wandel ist Professor Wolfgang Schnick und sein Team vom Department Chemie und Biochemie der LMU in München-Großhadern. Der Festkörperchemiker, der bereits 1996 mit dem hoch renommierten Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft ausgezeichnet wurde, forscht an neuartigen Materialien auf der Basis von Silizium und Stickstoff, die in den letzten Jahren als innovative Leuchtstoffe (so genannte Phosphore) weltweit großes industrielles Interesse hervorgerufen haben. Unter Verwendung des lumineszenzaktiven Elementes Europium, einem so genannten Seltenerd-

Metall, ist es nun gelungen, LED-Lichtquellen zu entwickeln, die warm-weißes Licht mit bislang unerreichter Beleuchtungsqualität und Farbbrillanz erzeugen. Bis vor kurzem war dies keine Selbstverständlichkeit. Kommerzielle Leuchtdioden strahlen bislang überwiegend einen für Menschen unangenehmen, weil kalten Weißton mit schlechter Farbwiedergabe aus. Das ist zum Beleuchten von Wohnräumen gänzlich ungeeignet. Man kennt solches Licht zum Beispiel von Fahrradbeleuchtungen oder Stirnlampen.

#### BEACHTLICHER SIEGESZUG DER LED

Leuchtdioden sind Halbleiter-Lichtquellen, die aufgrund von Elektrolumineszenz Licht ausstrahlen. Unter diesem Effekt versteht man die Eigenschaft bestimmter Stoffe, nach Anlegen einer elektrischen Spannung die zugeführte Energie ganz oder teilweise als sichtbares Licht zu emittieren. Die ersten Leuchtdioden, die bereits 1970 entwickelt wurden, strahlten nur rotes Licht mit geringer Intensität ab. Seit etwas mehr als zehn Jahren sind nun aber kurzwellige, blaue LEDs verfügbar, und deren Leuchteffizienz übertrifft inzwischen bei weitem die von allen herkömmlichen Glühlampen und Halogenstrahlern. Da die Menschheit fast 20 Prozent der von ihr konsumierten Energie für Beleuchtung verbraucht, sind energiesparende Beleuchtungsquellen von größtem Interesse. Extrem effiziente, blaue Leuchtdioden auf der Basis von Galliumnitrid bilden dabei den Schlüssel zur Erzeugung von warmweißem Licht. Zwei direkt auf den Halbleiter-Chip der blauen LED als Gemenge in exakt abgestimmter Schichtdicke aufgetragene Leuchtstoffe wandeln das blaue Primärlight mit sehr hoher Effizienz teilweise in rot-oranges bzw. grün-gelbes Licht um. Insgesamt entsteht durch diese additive Farbmischung ein weißer Farbeindruck. Anders als bei Glühlampen sind bei den Leuchtdioden also weder Filter noch Reflektoren notwendig, um Farbeffekte zu erzeugen. Die Farbe entsteht durch die spezielle chemische Verbindung, die in der Leuchtdiode verwendet wird, man spricht deshalb von Phosphor-konvertierenden LEDs oder pc-LEDs. Prinzipiell können Halbleiter-LEDs auch ohne solche Leuchtstoffe durch so genanntes *bandgap-engineering* modifiziert werden, sodass sie in jedem beliebigen Farbbereich Licht aussenden. Dabei tritt aber ein schwerwiegendes Problem auf, das Fachleute das *yellow gap of LED chip efficiency* nennen: Demnach gelingt es den Halbleiterentwicklern nicht, Primär-LEDs mit zufrieden stellender Leuchteffizienz im grüngelben Spektralbereich zu produzieren. Dieses Problem kann nun durch pc-LEDs auf der Basis blauer Leuchtdioden unter Verwendung optimierter Leuchtstoffe gelöst werden. Dadurch wird auch die Erzeugung hoher Lichteffizienz im grünen, orangen, gelben und roten Spektralbereich möglich.

Vor der Entdeckung und Entwicklung der neuartigen Phosphore durch Wolfgang Schnick und seine Arbeitsgruppe hatte die Beleuchtungsindustrie weltweit mehrere 10.000 chemische Verbindungen ohne großen Erfolg hinsichtlich dieser Anwendung untersucht. Der Durchbruch der Münchner Forscher kam schließlich dadurch zustande, dass Wolfgang Schnick und sein Team im Rahmen einer systematischen Suche völlig neuartige und sehr stabile chemische Verbindungen auf der Basis von Stickstoff und Silicium, die so genannten Nitridosilikate, erkundeten. Diese Forschungsarbeiten wurden zunächst unter rein



Im Labor von Wolfgang Schnick werden neuartige Materialien auf der Basis von Silizium und Stickstoff erforscht, die in den letzten Jahren als innovative Leuchtstoffe weltweit großes industrielles Interesse hervorgerufen haben.

grundlagenwissenschaftlichen Aspekten durchgeführt. „Wir wollten einfach eine eigene, neue Welt von materialwissenschaftlich interessanten Verbindungen erschaffen. Hierbei machten wir von einem speziell von uns entwickelten Hochtemperatur-Syntheseverfahren Gebrauch“, erläutert Wolfgang Schnick. Bei Synthesen in Kombination mit dem leuchtaktiven Element Europium wurden dann die neuen Leuchtstoffe zufällig entdeckt. Seiner Forschergruppe publizierte im Jahr 2000 eine Arbeit über den neu entwickelten, anorganischen roten Leuchtstoff und dessen Eigenschaften. Daraufhin wurden innerhalb weniger Tage mehrere große Industriefirmen auf das

Münchener Team aufmerksam. Inzwischen besteht seit mehreren Jahren eine intensive und sehr ertragreiche Zusammenarbeit mit dem europäischen Philips-Konzern und dem größten US-amerikanischen Leuchtdioden-Hersteller, der Firma Lumileds Lighting. Bei den gemeinsamen Forschungsarbeiten deutete sich schnell an, dass die neuen Materialien, die die Wissenschaftler entdeckt hatten, eine intensive Lichtemission im roten Bereich des Lichtspektrums zeigen und damit auch hervorragend geeignet waren, um zukünftig warmweißes Licht zu produzieren. Neben der kaum noch zu überbietenden Effizienz bei der Lichtumwandlung (die Ausbeute beträgt fast 100 Prozent) beobachtete man wegen der außerordentlichen chemischen und physikalischen Stabilität dieser neuen Materialien zudem ein nur sehr geringes, thermisches Quenchen (= Löschen) der Lumineszenz-Erscheinung. Dadurch lässt die Effizienz dieser Phosphore beim Einsatz in modernen leistungsstarken LEDs auch bei maximaler Leistung kaum nach. Es handelt sich bei den durch die LMU-Chemiker neu entdeckten Verbindungen also um echte Hochleistungs-Funktionsmaterialien. Inzwischen ist Wolfgang Schnick und sein Team weltweit führend auf diesem Gebiet. Alle großen Leuchtmittelhersteller in Europa, Japan und den USA versuchen, die in München entdeckten Leuchtstoffe nachzuahmen und zu modifizieren, was kein leichtes Vorhaben ist. Wolfgang Schnick begründet seinen wissenschaftlich-technischen Vorsprung damit, dass man „bei der Synthese dieser Leuchtstoffe sehr viel Erfahrung braucht, um zu optimalen optischen Materialeigenschaften zu gelangen“. Die LMU-Chemiker arbeiten schon seit fast 15 Jahren auf diesem Gebiet und kennen sich inzwischen bei der Synthese, den atomaren Strukturen und deren enger Wechselbeziehung mit den resultierenden Materialeigenschaften einfach am besten aus.

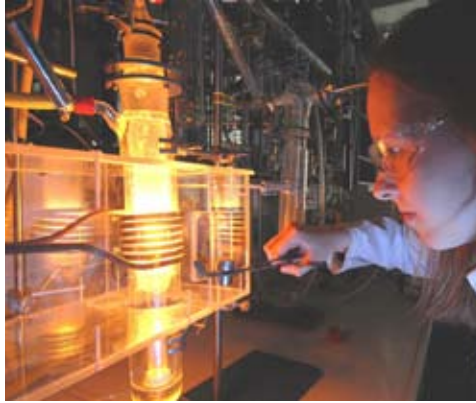
Hochleistungsleuchtdioden verdrängen zunehmend Glühlampen und Halogenstrahler: So ist auch in Deutschland schon ein signifikanter Teil der Ampeln auf LEDs umgerüstet. Viele neue Autos haben bereits Bremslichter und Blinker aus Leuchtdioden, und auf dem Pariser Autosalon präsentierte der Kfz-Hersteller Audi im vergangenen Herbst eine Weltneuheit, indem er in sein neuestes Luxus-Modell einen Frontscheinwerfersatz komplett aus

Leuchtdioden eingebaut hatte. Auch für Innenräume sowie Designer-Lampen findet man zunehmend LED-Beleuchtungslösungen, genauso wie bei Rockkonzerten und in der so genannten Stadtverschönerung (engl. *city beautification*), wie z.B. am Düsseldorfer Fernsehturm. Es verwundert also nicht, dass der Markt für LEDs derzeit fast ein exponentielles Wachstum verzeichnet und Zuwachsraten in diesem Industriezweig von 20 Prozent jährlich keine Seltenheit sind.

Die Gründe für diese Revolution in der Beleuchtungstechnik sind schlagkräftig: LEDs sind traditionellen Glühbirnen und Halogenstrahlern weit überlegen: So können sie bei gleicher elektrischer Leistungsaufnahme um ein Vielfaches mehr an Licht aussenden. Diese sehr hohe Lichtausbeute der LEDs hängt vor allem damit zusammen, dass Glühlampen bis zu 90 Prozent der aufgenommenen Energie in Wärme und nicht in Licht umwandeln. „Wenn man den gesamten Stromverbrauch für Licht zusammenrechnet, können nach einer Schätzung des U.S. Department of Energy pro Jahr rund 35 Terawattstunden (= 1.000.000.000.000 Wh) Energie gespart werden, wenn alle Glühlampen durch LEDs ersetzt würden. Das entspräche rund einem halben Dutzend Atomkraftwerken, die allein in den USA eingespart werden könnten“, vermutet Wolfgang Schnick und fügt an, „dass deshalb in 20 Jahren Glühbirnen wahrscheinlich völlig vom Markt verschwunden sind. Weiterhin besitzen moderne, leistungsstarke LEDs eine sehr viel längere Lebensdauer, die heute von den Herstellern mit bis zu 20.000 Stunden garantiert wird. Glühlampen halten typischerweise nur 2.000 Stunden. Zudem sind LEDs wesentlich robuster, gerade etwa in Autos halten sie Erschütterungen besser Stand“.

#### ÜBERRASCHEND GUTE ERGEBNISSE DURCH AUSPROBIEREN

„Die jetzt von uns entdeckten Materialien und die damit verbundene Anwendung in Leuchtdioden ist ein schöner Erfolg für die Grundlagenforschung“, sagt Wolfgang Schnick. Für den Chemiker ist es wichtig, dass sich aus der zunächst wertneutralen Grundlagenforschung neue Anwendungsmöglichkeiten ergeben und damit besonders innovative Fortschritte möglich sind. „Die Industrie hatte zuvor mehrere 10.000 Verbindungen erfolglos getestet, dabei konnten aber nur altbekannte Verbindungen verwendet werden. Unsere gerade in dem Moment neu entdeckten und erstmals synthetisierten Materialien standen ja noch niemandem außer uns zur Verfügung“, erläutert er seine Entdeckung. „Spielerisches Ausprobieren bringt in der Grundlagenforschung oft überraschend gute Ergebnisse“, betont der Forscher und fühlt sich durch seine Arbeit bestätigt. „Unser Team hat bislang auf dem Gebiet der Nitridosilicate, die für die LED-Technologie von Bedeutung sind, schon deutlich mehr als 100 Verbindungen entdeckt und genauestens untersucht.“ Dabei haben die Wissenschaftler zahlreiche völlig neue und extrem effektive optische Funktionsmaterialien entdeckt. „Eine vollständig systematische Suche hätte niemals in der gleichen Zeit und auch nicht in deutlich größeren Zeiträumen so erfolgreich sein können“, meint Wolfgang Schnick, der 2006 für die Entdeckung seiner Lumineszenz-Materialien mit dem erstmals vergebenen Horst-Dietrich-Hardt-Preis der Universität des Saarlandes geehrt wurde und in diesem Jahr den renommierten Wilhelm-Klemm-Preis der Gesellschaft Deutscher



Anders als bei Glühlampen sind bei den Leuchtdioden weder Filter noch Reflektoren notwendig, um Farbefekte zu erzeugen. Die Farbe entsteht durch die spezielle chemische Verbindung, die in der Leuchtdiode verwendet wird, man spricht deshalb von Phosphor-konvertierenden LEDs oder pc-LEDs.

Chemiker (GDCh) erhält. „Wirklich innovative Wissenschaft kann nach meiner Erfahrung nicht vollständig strategisch geplant, schon gar nicht verordnet und auch nicht ausschließlich systematisch erarbeitet werden“, zeigt er sich überzeugt. „Intuition, Erfahrung und im richtigen Moment Glück sind oftmals viel wichtiger als gezielte Auftragsforschung“.

„Am Licht fasziniert mich natürlich die grundlegende Bedeutung für den Menschen und fast aller Lebewesen“, erklärt Wolfgang Schnick und lehnt sich in seinem Büro auf seinem Stuhl zurück. „Doch auch im täglichen Leben sind wir permanent beeinflusst und umgeben von optischen Reizen wie Reklametafeln, Warnlichtern

oder Displays. Wie diese visuellen Reize auf den Menschen wirken, ist für mich ebenfalls ein faszinierendes Phänomen.“ Aber auch sein naturwissenschaftlicher Forscherdrang lässt bei der Frage nach der Faszination, die Licht auf ihn ausübt, nicht lange auf sich warten: „Für mich ist die Erkundung der optischen Eigenschaften von Materialien unter Lichteinfluss eine ideale Kombination zwischen anschaulicher Festkörperphysik, Chemie und Materialwissenschaft. Besonders faszinierend ist für uns aber auch, dass man den Erfolg so schön sieht!“

Was die Zukunft in Bezug auf die Synthese neuer Materialien noch bringen wird, scheint viel versprechend zu sein. „Das Periodensystem enthält rund 100 chemische Elemente. Die Anzahl chemischer Verbindungen, die daraus theoretisch gewonnen werden könnten, ist unvorstellbar groß und übertrifft sogar noch die Zahl aller im Universum vorhandenen Elementarteilchen“, erklärt er und lässt seinen Blick schweifen über das Periodensystem, das vor ihm auf seinem Schreibtisch liegt. „Wir werden nie alle Verbindungen erforschen können. Aber selbst bei den wenigen Beispielen, die wir bis jetzt untersuchen konnten, haben sich schon interessante Anwendungsmöglichkeiten ergeben, so dass man hier in Zukunft sicher noch sehr spannende Überraschungen erwarten kann.“

Prof. Dr. Wolfgang Schnick ist seit 1998 Lehrstuhlinhaber für Anorganische Festkörperchemie an der LMU. 1996 erhielt er den Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Seit 2002 ist er Mitglied der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, seit 2006 Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

[wolfgang.schnick@uni-muenchen.de](mailto:wolfgang.schnick@uni-muenchen.de)

<http://www.cup.uni-muenchen.de/ac/schnick/index.html>

