



Das Leuchten der Kristalle

Nicht kalt weiß, sondern angenehm warm: Wolfgang Schnick und sein Team erschaffen chemische Verbindungen, die aus LEDs die Lichtquellen der Zukunft machen.

Von Hanno Charisius

Unter dem Schwarzlicht offenbaren die neuen Farbstoffe ihre Leuchtkraft. Foto: Jan Greune



Mehrmals pro Woche bricht am Lehrstuhl für Anorganische Festkörperchemie in Großhadern so etwas wie ein Goldrausch aus. Mit Pinzetten und haarfeinen Metallsonden wühlen Wolfgang Schnicks Mitarbeiter dann durch ein Häuflein Staub, das an bunten Vogelsand erinnert. Manchmal brauchen sie ein Mikroskop, um die Nuggets zu entdecken, die in ihrer Mine allerdings nicht golden glänzen, sondern in bunten Farben leuchten.

Die LMU-Chemiker sind auf der Suche nach neuen Materialien, nach chemischen Verbindungen, die noch nie ein Mensch zuvor gesehen hat. Um sie zu finden, müssen die Forscher diese Stoffe allerdings erst herstellen, denn was sie suchen, gibt es auf diesem Planeten noch nicht. Also mischen sie verschiedene Grundzutaten wie Silizium und Stickstoff und fügen noch ein paar edlere chemische Elemente hinzu. Anschließend füllen sie kleine Mengen davon in einen Tiegel, etwa so groß wie ein Schnapsglas, mit dicken Wänden und einem Deckel aus Wolfram, und erhitzen die Mischung für etwa einen Tag auf über 1000 Grad Celsius. Dann kommt der Moment, den Schnick auch nach 20 Jahren noch immer aufregend findet: Die Chemiker nehmen den Deckel vom Wolfram-Tiegel und erblicken zum ersten Mal, was in dem Reaktionsgefäß passiert ist. Sie hoffen auf noch so einen Fund, wie er Schnick und seinem damaligen Mitarbeiter Hubert Huppertz, heute Chemie-Professor an der Universität Innsbruck, bereits 1997 gelang. Als die beiden damals den Tiegel öffneten, leuchtete es ihnen rot entgegen. „Wir waren begeistert“, erinnert sich Schnick an den ersten Anblick. Sie hatten nur eine Zutat zu einem bekannten Rezept hinzugefügt, das chemische Element Europium. Verbindungen ohne dieses Seltenerdmetall sehen langweilig weiß-grau aus, aber das Europium bringt sie zum Leuchten. „Wir wussten, dass diese Verbindung sehr stabil sein würde und nicht so kurzlebig

wie etwa die Farbstoffe in Textmarkern, die schon nach ein paar Tagen auf der Fensterbank verblässen“, sagt Schnick. Am Anfang dachten er und Huppertz noch, dass sie da einen neuen Farbstoff, ein Pigment für die Lackindustrie, entdeckt hätten, doch schnell zeigte sich, dass selbst bei einer optimierten Herstellung ein Gramm des roten Materials teurer sein würde als die gleiche Menge Gold.

Dass diese neue Substanz nicht in der Schublade mit all den ungezählten anderen interessanten, aber doch zu weit von einer Anwendung entfernten Entdeckungen gelandet ist, hängt mit zwei Anrufen zusammen, die Schnick nur wenige Tage, nachdem die Wissenschaftler ihre Schöpfung in einem Fachjournal veröffentlicht hatten, bekam. Zwei große Leuchtmittelhersteller interessierten sich für den roten Stoff, denn er löste ein Problem, das sie

Sofort riefen zwei große Hersteller an

seit Jahren beschäftigte: Wie schafft man es, dass Leuchtdioden angenehm warmes Licht abgeben, das dem der Sonne oder dem einer Glühbirne ähnelt und nicht so kalt weiß ist, wie wir es von Auto- und Fahrradscheinwerfern oder Taschenlampen kennen. Denn der kalte Farbton war die höchste Hürde, die zwischen den Herstellern und dem riesigen Markt für Wohnraumbeleuchtung stand.

Licht emittierende Dioden, kurz: LEDs, bestehen aus winzigen Halbleiterkristallen, die durch elektrischen Strom zum Leuchten angeregt werden. Abhängig von der Materialzusammensetzung des Leuchtkristalls erscheinen sie allerdings nur in Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau oder Violett.

Weißes Licht können sie nicht abgeben. Nur durch Mischung verschiedener Farben lässt sich weißes Licht erzeugen. Das Licht, das so entsteht, ist zwar weiß, wirkt aber für menschliche Sehgewohnheiten sehr unnatürlich.

Angestrahlt von einer blauen LED erzeugt das Material aus Schnicks Labor einen deutlich gemütlicheren Farbton, der dem einer Glühbirne bereits sehr ähnlich ist. Das Prinzip wird Lumineszenz genannt. Dabei wird energiereiches Licht aus dem kurzwelligen Spektrum – zum Beispiel Ultraviolett oder Blau – in längerwelliges, also energieärmeres Licht – etwa Rot – umgewandelt. Leuchtet man mit einer blauen LED durch eine Scheibe, die den roten und zusätzlich noch einen grünen Lumineszenzfarbstoff enthält, erscheint das Licht, das auf der anderen Seite herauskommt, für das menschliche Auge weiß.

Eine solche Lichtquelle verbraucht aber nur einen Bruchteil der Energie, die eine klassische Glühlampe benötigt. „Das war zwar eine tolle Erfindung von Thomas Alva Edison“, sagt Wolfgang Schnick, „nur kommt dabei sehr viel mehr Wärme als Licht heraus – etwa um den Faktor 20.“ Deshalb versuchen Wissenschaftler und Ingenieure seit Jahrzehnten Lichtquellen zu entwickeln, die mehr Licht und weniger Wärme aussenden. Ein Versuch waren Leuchtstoffröhren oder ihre Verwandten, die Energiesparlampen, in denen ein Gasgemisch durch Strom zum Leuchten gebracht wird. Diese gelten jedoch wegen des umweltschädlichen Quecksilbergehaltes und wegen ihrer unnatürlichen Farbwiedergabe als mittelmäßige Übergangslösung.

Das Bauprinzip der LED gilt dagegen als technologische Revolution. In diesem Jahr haben die Erfinder blauer LEDs, drei Wissenschaftler aus Japan, dafür den Nobelpreis für Physik zugesprochen bekommen. Würde man sämtliche Leuchtmittel auf der Welt durch LEDs ersetzen, könnten bis zu 16 Prozent des Stromverbrauchs einge-



Auf der Suche nach Materialien, die es so noch nicht gibt: In den Labors von Wolfgang Schnick (oben links). Fotos: Jan Greune



spart werden. „Allein in Deutschland könnten damit sofort alle Atomkraftwerke vom Netz gehen“, sagt Schnick. Seine Arbeit leistet also einen großen Beitrag zur Energiewende. Dabei hatte er das ursprünglich gar nicht so geplant.

Schnick versteht sich als Grundlagenforscher auf dem Fachgebiet der „explorativen Festkörperchemie“. Exploration nennt man die Erkundung von Terrain, das noch nie ein Mensch zuvor betreten oder erblickt hat. Das können unbekannte Welten sein oder auch der Untergrund auf der Suche nach Rohstoffen. Im Labor beschreibt das Wort die Suche nach neuen Materialien, die es so auf der Welt noch nicht gibt. Schnicks Mitarbeiter gehen dabei zwar nach System vor, wirklich kontrollieren können sie das Ergebnis ihrer Synthesereaktionen aber nicht. Sie versuchen etwas zu finden, ohne gezielt danach zu suchen. Wie Legosteine setzen die Forscher Atome zu komplexen Verbindungen zusammen und hoffen, dass dabei etwas Brauchbares oder wenigstens Interessantes herauskommt. „Wir gehen zunächst vollkommen wertneutral an unsere Synthesen heran“, sagt Schnick, „ganz ohne Anwendungsbezug.“ Und manchmal hat man dabei eben Glück, ergänzt der LMU-Chemiker, und es kommt etwas dabei heraus, das die Welt verändern kann.

Es begann mit einem Experiment, das Schnick zunächst fraglich erschien. Hubert Huppertz wollte bekannte Verbindungen aus Stickstoff, Silizium und entweder Barium oder Strontium um das Europium ergänzen. Ihm sei die Idee gekommen, dass Europium ziemlich passgenau den Platz von Strontium- oder Barium-Atomen in dem Kristallgitter der Verbindung einnehmen könnte. „Ich habe damals nicht verstanden, warum er das machen wollte“, erzählt Schnick. „Ich habe nicht geglaubt, dass das zu etwas so Spannendem führen würde.“ Andererseits hatte er gerade den hochdotierten Leibnizpreis der Deutschen Forschungsgemeinschaft bekommen und

konnte das Preisgeld völlig frei für seine Forschung verwenden. „Da konnten wir es uns leisten, das teure Europium zu kaufen.“ Sie haben nicht über die Folgen nachgedacht, die der Austausch von ein paar Atomen haben könnte, sie haben es einfach ausprobiert. „Das spielerische Probieren ist wichtig“, sagt Schnick. Manchmal entstehe sogar aus Fehlern etwas Interessantes, wenn man sich zum Beispiel beim Einwiegen der Ausgangsstoffe vertan habe.

Was genau in den Tiegeln über Stunden hinweg passiert, ist schwer herauszufinden. Zum Teil entstehen wahrscheinlich Metallschmelzen im mikroskopischen Bereich, die eine wichtige Rolle bei der Bildung der neuen Materialien spielen könnten. Wahrscheinlich reagieren auch einige der Zutaten mit den Dämpfen, die dabei

Einsparpotenzial: 16 Prozent des Stroms weltweit

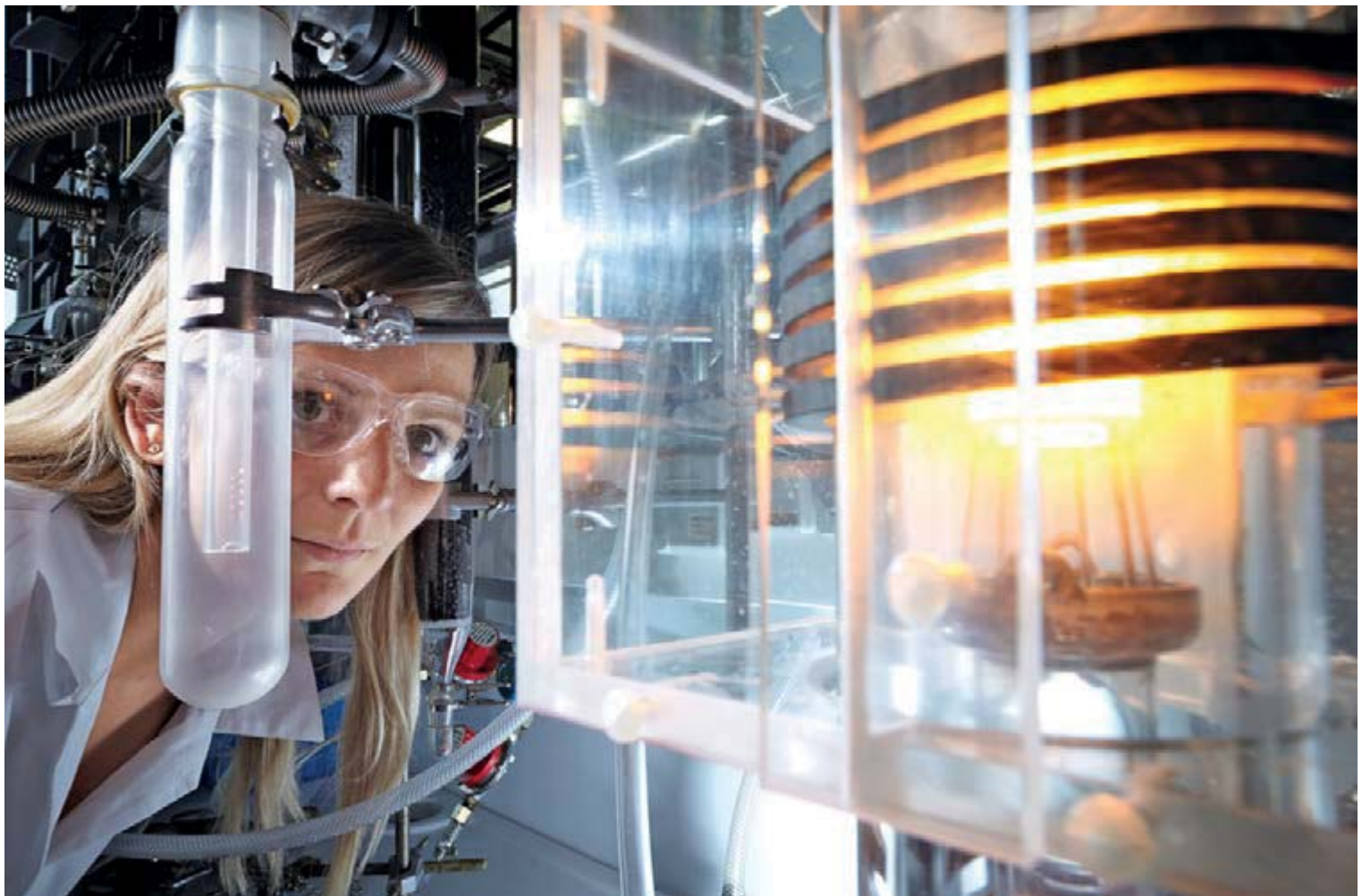
entstehen. Damit sich die Atome zu einem geordneten Kristallgitter gruppieren, ist Geduld nötig. Aber einen oder anderthalb Tage zu warten, das ist noch gar nichts. In anderen Bereichen der Festkörperchemie lassen die Forscher Reaktionen manchmal über Monate laufen.

Erst wenn das Warten vorüber ist, zeigt sich das Ergebnis – oder eben auch nicht. Meistens ist es nicht so spektakulär wie damals, als sie zum ersten Mal die Europium-Verbindung erblickten. Manchmal findet man ein Hauptprodukt und andersfarbige Nebenprodukte – wie Rosinen in einem Kuchen. Und oft ist es auch einfach nur eine Mischung, die an bunten Sand erinnert. Dann müssen die Forscher unter dem Mikroskop nach den interessantesten Bröckchen suchen.

Was interessant aussieht, wird genauer untersucht. Erst per Spektroskopie, die verrät, welche optischen Eigenschaften die Verbindung hat und dann per Röntgenbeugung, „ein Verfahren, das an dieser Universität vor über 100 Jahren entdeckt worden ist“, erklärt Schnick. Der Physiker Max von Laue ist dafür 1914 mit dem Nobelpreis für Physik geehrt worden. Mit dieser Methode können die Forscher die atomare Struktur der neuen Verbindungen aufklären. Und wenn sie erst wissen, wie die genaue chemische Zusammensetzung ihres Zufallsproduktes aussieht, dann können sie es mit einigem Herumprobieren zielgerichtet herstellen oder versuchen, es für bestimmte Zwecke gezielt anzupassen. Dabei beschreiten sie oft innovative Synthesewege. „Deshalb ist es gut, dass immer neue Studenten kommen. Weil sie neue Ideen mitbringen und unkonventionell denken. Das sind hervorragende Voraussetzungen für wissenschaftliche Entdeckungen.“ Diese Unbefangenheit hatte schließlich auch Huppertz seinerzeit auf die Idee gebracht, etwas Europium in seinen Reaktionsansatz zu mischen.

Von der Entdeckung des neuen Leuchtstoffs im Jahr 1997 bis zu den ersten fertigen Produkten vergingen dann aber noch mehr als zehn Jahre. So lange brauchte es, den Herstellungsprozess tauglich für die Industrie zu machen. Statt Mikrogramm können die Hersteller inzwischen in einer Prozessrunde bis zu 500 Gramm des Lumineszenzfarbstoffes herstellen.

Die ersten LED-Lampen, die warmes Licht abgaben, kosteten vor wenigen Jahren noch 35 Euro pro Stück und waren noch nicht sehr hell. Heute gibt es bereits Lampen für weniger als zehn Euro, die bequem eine alte 60-Watt-Glühlampe ersetzen können, aber nur einen Bruchteil der Energie verbrauchen. Klassische Glühlampen erzeugen aus einem Watt elektrischer Leistung maximal eine Helligkeit von 15 Lumen, eine moderne LED schafft inzwischen mehr als 200.



Ab in den Ofen: Wie setzt sich der Stoff in dem kleinen Tiegel bei großer Hitze um? Foto: Jan Greune

Die Entwicklungsarbeit ist für Schnick damit aber noch lange nicht vorbei. Der Farbwiedergabeindex gibt an, wie ähnlich eine künstliche Lichtquelle dem Licht der Sonne ist. Ein Wert von 100 entspricht Sonnenlicht und nur sehr gute Glühlampen erreichen den, sagt Schnick. LEDs mit dem Europium-Material schaffen einen Wert von 83, Energiesparlampen liegen meist deutlich unter 80. Ein ganz neues Material aus Schnicks Labor, das aus Lithium, Aluminium, Strontium, Stickstoff und ein bisschen Europium besteht, soll in LED-Lampen einen Wert von 93 erreichen und den Energieverbrauch nochmals um mindestens 14 Prozent senken.

Zum ersten Mal fanden die Münchner Forscher den Wunderstoff im Dezember des Jahres 2012 in einem ihrer Schmelztiegel. Und bereits zwei Jahre später laufen die Vorbereitungen zur Markteinführung. Die Zeitspanne zwischen der Entdeckung des Materials und einem fertigen Produkt habe sich enorm verkürzt, sagt Schnick.

Das sei auch notwendig, weil die Konkurrenz inzwischen international sehr groß geworden ist. „Es gibt viele Arbeitsgruppen, die sich jetzt, wo das so ein Mordgeschäft wird, damit beschäftigen.“ Wirklich innovative Labore jedoch, die über Jahrzehnte hinweg die wichtigsten Leuchtstoffe entdeckt haben, davon gebe es gerade einmal eine Handvoll.

Besonders freut es Schnick, wenn er die Ergebnisse seiner Arbeit in Alltagsprodukten wiederentdeckt. Im Blitzlicht seines Smartphones zum Beispiel, das dadurch natürlichere Hauttöne auf den Fotos ermöglicht. In den Blinklichtern seines Autos. Oder in immer mehr Wohnungen – und bald auch in seiner eigenen. Er hat bislang damit gewartet, die Glühlampen daheim systematisch durch LEDs zu ersetzen, weil er ja aus seinem Labor wusste, dass bald noch viel bessere Lampen auf den Markt kommen würden.

Es gibt noch viele Anwendungen für die Leuchtstoffe, aber im Detail möchte LMU-

chemiker Schnick darüber noch nicht reden, um nicht seine besten Ideen an die Konkurrenz zu verraten. Und auch wenn die letzte Glühlampe der Welt durch eine Leuchtdiode ersetzt sein wird, hört seine Arbeit nicht auf. „Letztlich werden wir weiter Grundlagenforschung machen und explorativ neue Substanzen synthetisieren“, sagt Schnick. „Die Entdeckung neuartiger Materialien verliert nie an Faszination.“ ■

Prof. Dr. Wolfgang Schnick

ist Inhaber des Lehrstuhls für Anorganische Festkörperchemie an der LMU. Schnick, Jahrgang 1957, studierte Chemie und promovierte an der Universität Hannover, arbeitete am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung und habilitierte an der Universität Bonn. Er war Professor für Anorganische Chemie an der Universität Bayreuth, bevor er 1998 nach München kam. 1996 zeichnete ihn die Deutsche Forschungsgemeinschaft mit einem Leibnizpreis aus, 2013 war Schnick für den Deutschen Zukunftspreis nominiert.