

Auf dem Weg zum „Licht der Zukunft“

On the Way to the “Light of the Future”

Wände ganz aus Licht, auch als Bildschirm nutzbar, dazu günstig und flexibel – noch ist das Zukunftsmusik, aber vielleicht nicht mehr lange. Chemiker vom Institut für Anorganische Chemie und Kristallographie (IACK) der Universität Bremen forschen auf einem Gebiet, das momentan als eine der interessantesten Zukunftstechnologien weltweit im Zentrum der Aufmerksamkeit steht: organische LEDs, kurz OLEDs – das „Licht der Zukunft“. Mit der Entwicklung einer völlig neuen Substanzklasse auf Kupferbasis haben die Wissenschaftler jetzt einen wichtigen Schritt hin zu Massenanwendung von OLEDs gemacht.

Walls made entirely of light, also usable as screens, affordable and flexible – this is still a dream for the future, but perhaps not for long. Chemists from the Institute of Inorganic Chemistry and Crystallography (IACK) at the University of Bremen are conducting research in a field that is currently the focus of attention worldwide as one of the more promising future technologies: organic LEDs, OLEDs for short – the “light of the future.” With the development of a completely new class of copper-based substances, the scientists have now taken an important step towards the mass application of OLEDs.



Die Erzeugung künstlichen Lichts war rund hundert Jahre auf den Einsatz der Glühbirne beschränkt, bevor diese in den vergangenen Jahrzehnten mehr und mehr durch alternative Leuchtmittel verdrängt wurde. Erst lösten die Halogenlampen die herkömmlichen Glühbirnen ab. Dann setzte der Boom der LEDs ein, die bei niedrigerem Stromverbrauch eine wesentlich höhere Lichtausbeute ermöglichen. Doch die Entwicklung geht weiter – auch dank der Grundlagenforschungen von Chemikern wie Dr. Matthias Vogt, Dr. Marian Olaru und Professor Jens Beckmann vom Institut für Anorganische Chemie und Kristallographie der Universität Bremen. Sie beschäftigen sich mit chemischen Verbindungen für den Einsatz in organischen LEDs, kurz OLEDs. Verglichen mit herkömmlichen LEDs sind diese wesentlich flexibler und äußerst energiesparend. „Künftige Anwendungen können beispielsweise biegsame oder verformbare Displays sein“, sagt Matthias Vogt. „Auch für die Flächenbeleuchtung werden sie eine wichtige Rolle spielen. Statt wie heute mit LED-Lampen eine spotähnliche Beleuchtung zu schaffen, wird man mit der OLED-Technik Licht großflächig an Wände und Decken ‚tapezieren‘ können.“

Diese Lichtwände könnten dann ihre Farbe wechseln und sogar bewegte Bilder wiedergeben, also als Display funktionieren. Weil weltweit ein großer Teil der elektrischen Energie für Beleuchtung verwendet wird, ergibt sich durch die Energieeffizienz der OLEDs zudem ein hohes wirtschaftliches Potenzial. Außerdem würden OLEDs dadurch CO₂-Einsparungen ermöglichen. „Man könnte OLEDs, die selbstleuchtend sind – also nicht wie aktuelle Displays und Bildschirme eine Hintergrundbeleuchtung brauchen – sogar in Flüssigkeiten lösen und ähnlich wie Farbe einfach aufdrucken. Das wird der Verpackungsindustrie ganz neue Wege eröffnen, wenn man Werbung oder Produktbezeichnungen einfach auf Behälter flexibel aufbringen und somit ‚smarte Verpackungen‘ designen kann“, nennt Vogt ein weiteres attraktives Einsatzgebiet. Dazu kommt die wesentliche größere Farbbrillanz und der höhere Kontrastreichtum der OLED-Displays.

The generation of artificial light was limited to the use of light bulbs for around 100 years, before these were increasingly replaced by alternative light sources in recent decades. First, halogen lamps replaced conventional bulbs. Then the LED boom began, which enabled a considerably higher luminous efficacy with lower power consumption. But the development continues – also thanks to the frontier research of chemists such as Dr. Matthias Vogt, Dr. Marian Olaru, and Professor Jens Beckmann from the Institute of Inorganic Chemistry and Crystallography at the University of Bremen. They deal with chemical compounds for use in organic LEDs, OLEDs for short. Compared to conventional LEDs, these are much more flexible and yet very energy efficient. “Future applications could be flexible or deformable displays,” says Matthias Vogt. “They will also play an important role in surface lighting. Instead of creating spot-like lighting with LED lamps, OLED technology will enable large-area ‘wallpapering’ of light on walls and ceilings.”

These light walls could then change color and even play back moving images, i.e. function as a display. Because a large part of the world's electrical energy is used for lighting, the energy efficiency of OLEDs also offers great economic potential. In addition, OLEDs would enable a reduction in CO₂ emissions. “OLEDs, which are luminescent – i.e. do not require backlighting like current displays and screens – could even be dissolved in liquids and simply used for printing like ink. This will open up completely new avenues for the packaging industry if you can simply apply advertising or product designations flexibly to containers and thus design ‘smart’ packaging,” says Vogt, referring to another attractive area of application. Additionally, OLED displays offer significantly higher color brilliance and higher contrast levels.

Unter UV-Bestrahlung farbenfroh: Chemiker der Universität Bremen haben neue Wege gefunden, um organische Materialien zum Leuchten zu bringen. Für das „Licht der Zukunft“ sind ihre Forschungsergebnisse ein wichtiger Meilenstein.

Colorful under UV irradiation: Chemists at the University of Bremen have found new ways of illuminating organic materials. Their research results are an important milestone for the “light of the future.”

Foto / Credit: Kai Uwe Bohn, Universität Bremen

Die Grundlagenforschung der Bremer Wissenschaftler befasst sich primär nicht mit den möglichen Anwendungen, sondern mit den konkreten Problemen der Lichterzeugung: „OLED-Displays werden bereits hergestellt und eingesetzt, etwa im aktuellen Apple iPhone X. Aber weil zur Herstellung von OLEDs sehr seltene Edelmetalle wie Iridium oder Platin genutzt werden, sind sie derzeit noch sehr teuer“, sagt Jens Beckmann.

NEUE SUBSTANZKLASSE ENTWICKELT

Für eine Massenanwendung müssen OLEDs also deutlich billiger werden. Genau dies wollen Vogt, Olaru und Beckmann ermöglichen – und sie sind auf einem guten Weg. Es ist ihnen in den Laboren ihres Instituts gelungen, eine neue Substanzklasse zu entwickeln, die auf Kupferverbindungen beruht. Auf molekularer Ebene haben sie einen Cluster von Kupferkernen geschaffen. Er ist fast vollständig von einer schützenden Hülle umschlossen, die auf Kohlenstoff und Phosphor basiert. „Eigentlich sind Kupfer-Kohlenstoff-Bindungen sehr labil und luftempfindlich. Wir konnten aber ein System schaffen, das äußerst stabil und robust ist“, so Beckmann.

Die Vorteile der „Bremer Substanzklasse“ sind offensichtlich. Die Herstellung der neuartigen Kupfer-Cluster ist einfach und kostengünstig, die Lichtausbeute äußerst effizient. Gegenüber Umwelteinflüssen sind die Verbindungen widerstandsfähig. In organischen Lösungsmitteln sind sie sehr gut löslich und stabil. Der wohl wichtigste Faktor sind aber die günstigen Rohstoffe. Kupfer ist auf der Welt in großen Mengen vorhanden. Wenn etwas für den Massenmarkt tauglich sein soll, muss es preiswert herzustellen sein.

Bei ihrer Arbeit nutzten die Bremer Chemiker zwei der komplexesten Forschungsgeräte der Welt: den Europäischen Röntgenlaser European XFEL in der Metropolregion Hamburg und den Schweizer Röntgenlaser SwissFEL am Paul Scherrer Institut in Villigen. Die beiden Aufsehen erregenden Großanlagen – die Abkürzung FEL steht für „Freie-Elektronen-Laser“ – gingen 2017 in Betrieb. Wer damit forschen will, muss schon sehr gut sein, denn die Messzeit an diesen Großgeräten ist kostbar. Nur die aussichtreichsten Vorhaben von hoher Qualität und Relevanz dürfen die ultramodernen

The frontier research of the scientists in Bremen is not primarily concerned with the possible applications, but with the concrete problems of light generation: “OLED displays are already being produced and used, for example in the current Apple iPhone X. But because very rare precious metals such as iridium or platinum are used to manufacture OLEDs, they are still very expensive,” says Jens Beckmann.

NEW SUBSTANCE CLASS DEVELOPED

OLEDs must therefore become significantly cheaper for mass applications. This is exactly what Vogt, Olaru, and Beckmann want to make possible – and they are on the right track. In the laboratories of their institute, they have succeeded in developing a new class of substances based on copper compounds. At the molecular level, they have created a cluster of copper nuclei. It is almost completely enclosed by a protective shell based on carbon and phosphorus. “Copper-carbon bonds are actually very unstable and sensitive to air. However, we were able to create a system that is extremely stable and durable,” says Beckmann.

The advantages of the substance class developed in Bremen are obvious. Production of the new copper clusters is simple and cost effective, and the luminous efficacy is extremely efficient. The compounds are resistant to environmental influences and they are very soluble and stable in organic solvents. The most important factor, however, is the cheap raw materials: With respect to the precious metals like iridium, copper is available in large quantities all over the world. If something is to be suitable for the mass market, it has to be inexpensive to produce.

As part of their work, the chemists in Bremen used two of the most complex research facilities in the world: the X-ray laser European XFEL in the Hamburg metropolitan region and the X-ray laser SwissFEL at the Paul Scherrer Institute in Villigen, Switzerland. The two sensational large-scale systems – the abbreviation FEL stands for “free-electron lasers” – went into operation in 2017. Anyone who wants to do research with this equipment has to be very good, because the measuring time on these large instruments is precious. Only the most promising projects of high quality and relevance are granted use of the ultramodern X-ray lasers. The scientists from Bremen are among them. As early users and as participants in pilot experiments, they



Dr. Marian Olaru evaluiert mit der Lupe die Kristalle neuer Leuchtstoffe, die im sogenannten Handschuhkasten unter Schutzatmosphäre gewachsen sind.

Dr. Marian Olaru uses a magnifying glass to evaluate the crystals of new fluorescent substances that have grown in the so-called glove box under a protective atmosphere.

Foto / Credit: Kai Uwe Bohn, Universität Bremen

Röntgenlaser nutzen. Die Wissenschaftler aus Bremen zählen dazu. Als „Early User“ und in Pilotexperimenten gehörten sie als Teil internationaler Kooperationen zu den ersten Nutzern überhaupt, die mit den neuen Großanlagen forschten.

WUNDERWERKE DER TECHNIK

Die Experimente mit den Röntgenlasern ermöglichen den Bremer Chemikern wichtige Schritte: „Wunderwerke der Technik, geplant und realisiert von Spezialisten aus der ganzen Welt“, erklärt Vogt begeistert. Beide Anlagen können die hellsten Röntgenblitze der Welt erzeugen. Diese sind nur Femtosekunden (billiardstel Sekunden) lang. In einer Sekunde können tausende Röntgenblitze abgegeben werden. Diese Technologie soll neue Einblicke in Nanomaterialien, Biomoleküle und chemische Reaktionen schaffen – und genau das ist auch das Ansinnen der Bremer Gruppe. „Mit den neuen Röntgenlasern können wir erstmals detailliert verfolgen, was in unseren Verbindungen im angeregten Zustand strukturell passiert. Wir können also genau die ultraschnellen Prozesse untersuchen, die zur Lichtemission wichtig sind“, so Marian Olaru.

were among the first users ever to conduct research with the new large-scale systems.

WONDERS OF TECHNOLOGY

The experiments with the free electron lasers enable the chemists in Bremen to take important steps: “Wonders of technology, planned and realized by specialists from all over the world,” explains Vogt enthusiastically. The two systems can generate the brightest X-ray flashes in the world, which are only femtoseconds (quadrillionths of a second) long. Thousands of X-ray flashes can be emitted in a second. This technology is intended to provide new insights into nanomaterials, biomolecules, and chemical reactions – and that is exactly what the Bremen group is looking for. “With the new X-ray lasers, we can, for the first time, follow in detail what happens structurally in our compounds in the excited state. We can therefore investigate exactly those ultrafast processes that are important for light emission,” says Marian Olaru.



IACK-Mitarbeiter Rasmus Stichauer trennt mit Hilfe der Säulenchromatographie Mischungen neuer Leuchtstoffe auf.

IACK employee Rasmus Stichauer uses column chromatography to separate mixtures of new phosphors.

Foto / Credit: Kai Uwe Bohn, Universität Bremen

MOLEKULAREN PROZESSEN AUF DER SPUR

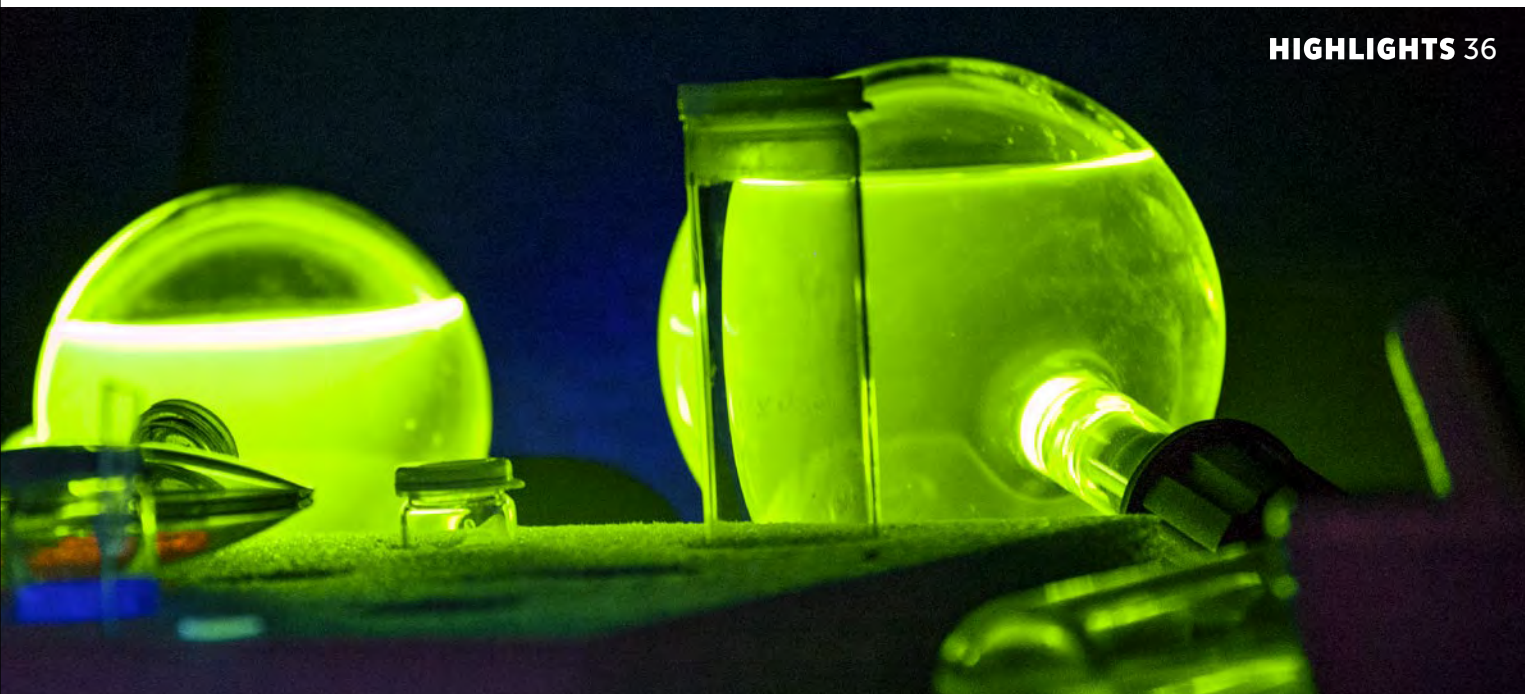
Während man in Hamburg den inneren Kupferkern untersucht habe, konzentrierte man sich in der Schweiz auf die umhüllende Kohlenstoff-Phosphor-Schicht. „Für uns waren die Beobachtungen und Ergebnisse aus den Versuchsreihen unglaublich wichtige Informationen“, sagt Olaru. „Wir wollen und müssen nachvollziehbar wissen, welche Reaktionen und Geschehnisse auf molekularer Ebene ablaufen. Nur dann wissen wir auch, an welchen Stellschrauben wir drehen müssen, um unsere Entwicklung noch besser und effizienter zu machen.“

Obwohl eher mit den Grundlagen beschäftigt, wissen die Bremer Chemiker um die Bedeutung ihrer Ergebnisse für konkrete Anwendungen. Weil ihre Erfindung der neuen Kupfer-Kohlenstoff-Substanzklasse ein wichtiger Schritt hin zu neuen wesentlich günstigeren Lichterzeugern sein kann, hat das Trio zusammen mit der Universität und der bremischen Patentverwertungsagentur InnoWi GmbH eine weltweite Patentanmeldung für seine Erfindung eingereicht. Die InnoWi GmbH bewertet Erfindungen auf Patentierbarkeit und Marktrelevanz und sorgt für ihre schutzrechtliche Sicherung. „Unsere Neuentwicklung hat sich bereits

TRACKING DOWN MOLECULAR PROCESSES

While experiments in Hamburg were to examine the inner copper core, work in Switzerland concentrated on the enveloping carbon-phosphorus layer. “For us, the observations and results from the test series provided incredibly important information,” says Olaru. “We want and need to know, in a comprehensible way, what reactions and events take place at the molecular level. This allows us to improve our molecules and make them even more efficient.”

Although they are more concerned with the fundamentals, the chemists from Bremen are aware of the importance of their results for concrete applications. Because their invention of the new class of copper-carbon substances can be an important step towards novel, much cheaper light sources, the trio has filed a worldwide patent application for their invention together with the university and the Bremen-based patent development agency InnoWi GmbH. InnoWi GmbH assesses inventions for patentability and market relevance and ensures that they are protected under intellectual property law. “Word has already gotten around about our new development. We’ve even already had initial contact with industrial partners,” says Jens Beckmann.



herumgesprachen. Es gibt sogar schon erste Kontakte zur Industrie“, so Jens Beckmann. „Die IWS Innovations- und Wissensstrategien GmbH, ein Dienstleister im Bereich Technologietransfer und Fördermittelakquise, steht uns mit ihren Netzwerken zur Seite.“ Die IWS koordiniert verschiedene Technologienetzwerke, die durch Fördermittel aus dem Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unterstützt werden. Im Rahmen dieser Netzwerke werden Forschungsprojekte initiiert, in denen Institute und Universitäten in Kooperation mit Wirtschaftsunternehmen ihre Forschungsergebnisse in ein neues Produkt überführen können. Hochtechnologie „made in Bremen“ – vielleicht schon eines nicht allzu fernen Tages ein entscheidender Faktor beim „Licht der Zukunft“?

Kai Uwe Bohn

Dr. Matthias Vogt
 Universität Bremen
 Institut für Anorganische Chemie und Kristallographie (IACK)
 Telefon: +49 421 218-63162
 E-Mail: mavogt@uni-bremen.de
www.vogt-group-chem.org

“IWS Innovations- und Wissensstrategien GmbH, a service provider in the field of technology transfer and funding acquisition, is by our side with its networks.” IWS coordinates various technology networks that are supported by funds from the Central Innovation Programme for SMEs (ZIM) of the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. Within the framework of these networks, research projects are initiated, in which institutes and universities can transform their research results into a new product in cooperation with commercial enterprises. High technology made in Bremen – perhaps a decisive factor in the “light of the future” one not-too-distant day?

Kai Uwe Bohn

Dr. Matthias Vogt
 University of Bremen
 Institute of Inorganic Chemistry and Crystallography (IACK)
 Tel.: +49 421 218-63162
 E-mail: mavogt@uni-bremen.de
www.vogt-group-chem.org