

Organische elektronische Materialien

Organic Electronic Materials

Peter Hadley, Egbert Zojer



Peter Hadley ist der Leiter des Instituts für Festkörperphysik. Sein Arbeitsgebiet umfasst die elektrischen Eigenschaften von Nanostrukturen.

Peter Hadley is the head of the Institute of Solid State Physics. His research interests are the electrical properties of nanostructures and assemblies of nanostructures.

Elektronische Schaltungen prägen in vielfacher Hinsicht unser Leben. Für zahlreiche Anwendungen werden dabei in den kommenden Jahren klassische Halbleitermaterialien durch organische Halbleiter abgelöst werden. Letztere stellen insbesondere für Displays, Beleuchtungselemente, Solarzellen, Sensoren oder auch großflächige Schaltungen vielversprechende Alternativen dar.

Dabei sind Kunststoffe zwar vielfach Isolatoren, ihre chemische Struktur lässt sich aber auch so modifizieren, dass sie als Leiter oder Halbleiter fungieren. Als „Chamäleons“ unter den Materialien können sie dabei transparent oder undurchsichtig, elastisch oder spröde, leitfähig oder isolierend wirken. Ihre Eigenschaften lassen sich auch durch geeignete chemische Syntheserouten vergleichsweise einfach optimieren. Daneben können sie durch preiswerte und energieeffiziente Verfahren wie Stanzen, Sprühen, Tauchen und Drucken verarbeitet werden.

Wichtige Pionierarbeiten im Bereich organischer Leiter und Halbleiter wurden schon vor mehr als 30 Jahren an der TU Graz von Hartmut Kahlert, Günther Leising und Franz Stelzer durchgeführt. Einer der größten Erfolge war die Produktion der ersten blauen organischen Leuchtdiode (OLED). Seit dieser Zeit hat sich die TU Graz zu einem international anerkannten Zentrum für organische Elektronik entwickelt. Die Forschung an organischen Halbleitern ist auch einer der erfolgreichsten wissenschaftlichen Bereiche der TU Graz und stellt mit mehr als zwanzig Prozent der 100 meistzitierten wissenschaftlichen Veröffentlichungen der TU Graz ein besonderes Stärkefeld der Universität dar.

In Graz werden neue Moleküle mit speziell gestalteten chemischen und photoreaktiven Eigenschaften synthetisiert. Es steht eine Vielzahl von

When we think about electronics, we often think about high-performance computing. Computers, mobile telephones, and microcontrollers affect almost every aspect of our lives. The dominant material in these applications is the semiconductor silicon and in high-performance computing applications, silicon has no real competition. There are, however, many applications outside the field of high-performance computing where other materials can outperform silicon.

These applications include displays, efficient lighting, solar cells, environmental sensors, and chemical sensors. While organic materials are best known as insulating plastics, they can be modified into conductors or semiconductors and used for electronics. Organics can be thought of as the chameleons of the materials. They can be hard or soft, transparent or opaque, elastic or brittle, conducting or insulating. They can be optimized for their photoreactivity, chemical reactivity, flexibility, or biocompatibility. Organic material can also be processed in inexpensive and energy-efficient ways like stamping, spraying, dip coating, and printing. Some of the pioneering work on organic conductors and semiconductors was performed more than 30 years ago at the Graz University of Technology by Hartmut Kahlert, Günther Leising, and Franz Stelzer. One of the early successes was the production of the first blue organic light emitting diode (OLED). Since that time, TU Graz has developed into an internationally recognized center for organic electronics. This one of the most successful scientific fields at Graz University of Technology with twenty percent of the university's 100 most highly cited papers published on this topic.

New molecules are being synthesized in Graz that have specific chemical or photoreactive prop-

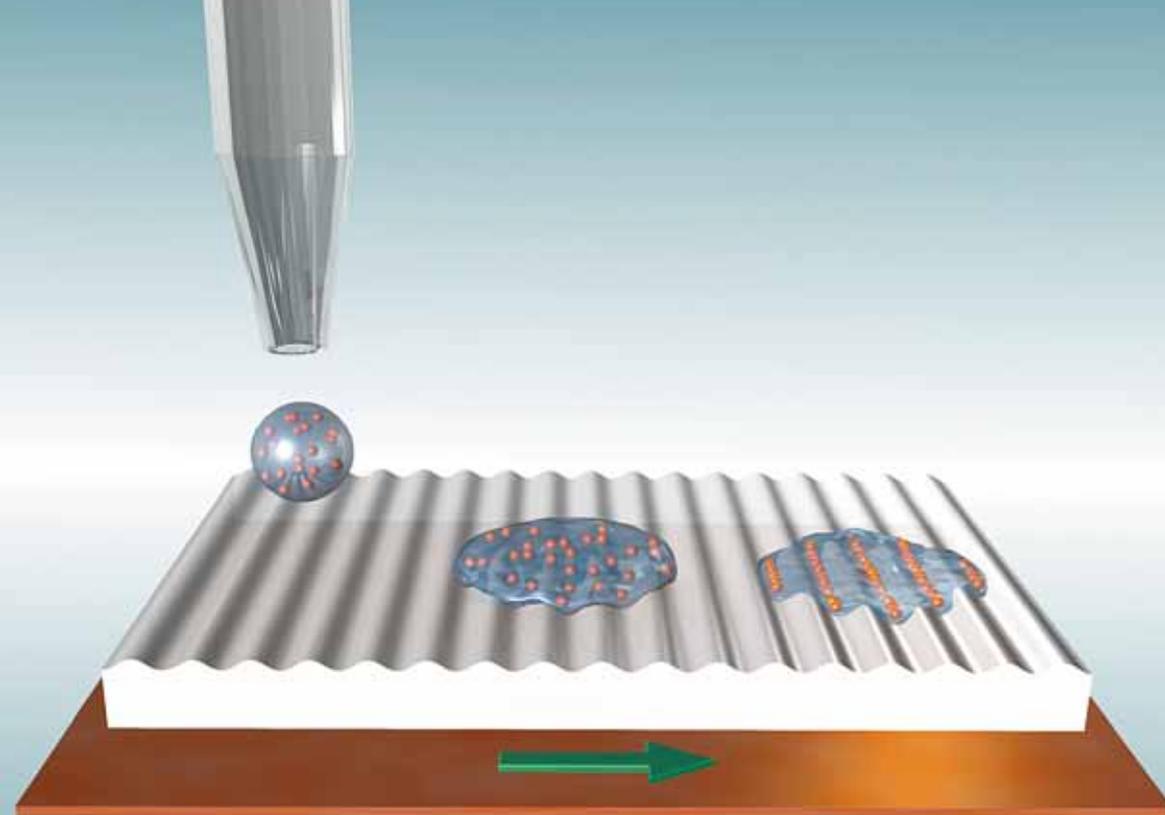


Abb. 1/ Fig. 1 © Evelin Fisslthaler, et al., Soft Matter, 2008, 4, 2448.

Abb. 1: Eine wässrige Dispersion von halbleitenden Polymernanokugeln wird durch Tintenstrahl-druck auf eine strukturierte Polymeroberfläche aufgebracht.

Fig 1: An aqueous dispersion of semiconducting polymer nanospheres (SPNs) was deposited by inkjet printing onto a polymer surface patterned by soft embossing.



Egbert Zojer leitet eine Arbeitsgruppe am Institut für Festkörperphysik. Diese befasst sich mit der Erforschung fundamentaler Eigenschaften organischer Halbleiter und daraus aufgebauter elektronischer Schaltungen, wobei sowohl quantenmechanische Simulationen durchgeführt als auch neuartige Bauelemente hergestellt und untersucht werden.

Egbert Zojer is an associate professor at the Institute of Solid State Physics. His group focuses on the investigation of fundamental properties of organic semiconductors, applying quantum-mechanical simulations as well as fabricating and testing novel device structures.

Analysetechniken zur Verfügung, um diese Materialien zu charakterisieren. Diese umfassen unter anderem Elektronenmikroskopie, Rasterkraftmikroskopie, optische Spektroskopie und Röntgenbeugung. Daneben werden auch Computersimulationen intensiv genutzt, um das Verhalten der Materialien vorherzusagen oder zu erklären. Aktuelle Ergebnisse dieser Studien sind jüngst in höchst angesehenen Zeitschriften wie Science, Nature, Nature Photonics, Nature Nanotechnology, Nano Letters, Advanced Materials und Physical Review Letters erschienen.

Die Organische Elektronik ist auch einer der Bereiche, in denen die TU Graz die meisten Patente hält. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der TU Graz waren bei der Gründung des „Instituts für Nanostrukturierte Materialien und Photonik“ von Joanneum Research und des „NanoTecCenter Weiz GmbH“ maßgeblich beteiligt, um die anwendungsnahe Umsetzung der Forschungsergebnisse voranzutreiben. Die Forschungsgebiete dieser Institute umfassen die Entwicklung von Druck-, Präge- und Strukturierungsprozessen, um integrierte (opto)elektronische Schaltungen aus organischen Halbleitern und hybriden Werkstoffen zu realisieren.

Beispiele für an der TU Graz untersuchte Anwendungen reichen von chemischen Sensoren, die z. B. die Frische von Fleischprodukten messen können, bis zu OLEDs, die verschiedene Farben

erties. These molecules will often assemble themselves on a surface into an ordered layer one molecule thick. Typically the best electrical performance is found when the molecules arrange in such an ordered pattern. An extensive set of analysis techniques is used to characterize the materials that includes electron microscopy, atomic force microscopy, optical spectroscopy, and x-ray diffraction. To model the behavior of the materials, computer simulations are used intensively. Recent results of these studies on the structural, electrical and optical properties of these materials have appeared in journals such as Science, Nature, Nanoletters, and Advanced Materials.

Organic electronics is one of the areas where Graz University of Technology holds the most patents. To further develop these discoveries, faculty members of the university have been involved in founding the Joanneum Research Institute on Nanostructured Materials and Photonics as well as the NanoTecCenter Weiz GmbH (a jointly owned non-profit R&D company of Graz University of Technology and Joanneum Research). The R&D activities of these institutes include printing, imprinting and structuring processes and technologies to fabricate transistors, solar cells, OLEDs and integrated sensor devices from organic semiconductors and hybrid materials.

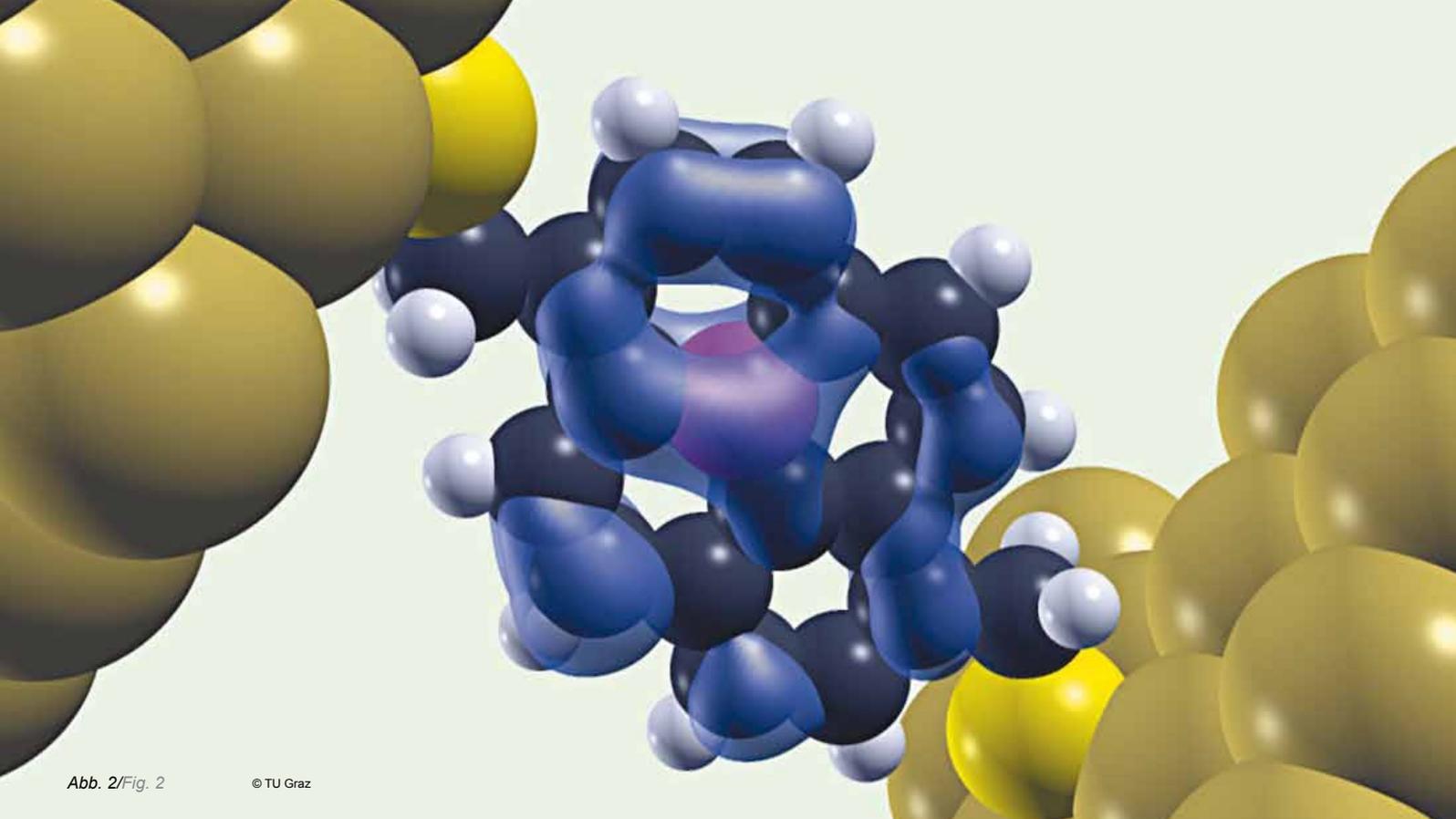


Abb. 2/ Fig. 2

© TU Graz

Abb. 2: Um die ultimative Miniaturisierung der Elektronik zu erreichen, müssten einzelne Moleküle als elektronische Bauteile verwendet werden. In einem kürzlich in Nano Letters erschienenen Artikel erklärt ein Team aus Wissenschaftern des MIT, der HU Berlin, der Montanuniversität Leoben, des Georgia Tech und der TU Graz, wie die elektrische Leitfähigkeit einzelner Moleküle um Größenordnungen erhöht werden kann: Georg Heimel, et al., Nano Lett. 2009, 9 (7), S. 2559–2564.

Fig 2: The ultimate miniaturization of electronics would be to use single molecules as electronic components. In a recent Nanoletters article, a team from M.I.T., Humbolt University, Montan Universität, Georgia Tech, and Graz University of Technology, explain how the electrical conductivity of the molecule can be increased. Georg Heimel, et al., Nano Lett., 2009, 9 (7), pp 2559–2564.

und weißes Licht emittieren. In Partnerschaft mit dem größten Leiterplattenhersteller Europas, Austria Technologie & Systemtechnik AG (AT&S), wurden im Rahmen eines Christian Doppler Labors gedruckte Widerstände und Kondensatoren untersucht, und gemeinsam mit dem Elektronikkonzern Philips wurden einige der bisher komplexesten aus einer nur monomolekularen Schicht bestehenden Schaltungen realisiert. Außerdem wurden verschiedene neuartige Laserkonzepte und zusammen mit AustriaMicrosystems organische elektrochrome Displays entwickelt. In einem weiteren Christian Doppler Labor werden organische Polymere mit anorganischen Nanopartikeln kombiniert, um flexible Nanokomposit-Solarzellen herzustellen. Letztere Arbeiten finden dabei in Kooperation mit dem NanoTecCenter Weiz GmbH und Isovoltaic GmbH statt.

In den kommenden Jahren werden organische elektronische Materialien weiter unsere wissenschaftliche Neugierde stimulieren und dabei gleichzeitig Wege aufzeigen, um einige der brennenden technologischen Probleme unserer Gesellschaft zu lösen.

The applications of organic electronics range from chemical sensors that can measure when packaged meat in the supermarket has gone bad to OLEDs that emit various colors including white light. In partnership with the largest printed circuit board company in Europe, Austria Technologie & Systemtechnik AG (AT&S), resistors and capacitors were produced by inkjet printing in a CD Laboratory for Advanced Functional Materials. Together with the electronics company Philips, some of the most complicated circuits ever made from single layers of organic molecules were fabricated. Lasers have been made of an elastic material where the color could be changed by stretching the material. Lasers have also been formed by stamping a pattern into a polymer. Organic electrochromatic displays have been developed with AustriaMicrosystems. In a CD Laboratory for Nanocomposite Solar Cells, organic polymers are mixed with inorganic nanoparticles are used to make flexible solar cells. The industrial partners in this venture are NanoTecCenter Weiz GmbH, and Isovoltaic GmbH.

In the coming years, organic electronic materials will continue to surprise and engage our scientific curiosity while providing technical solutions to some of the problems facing society.