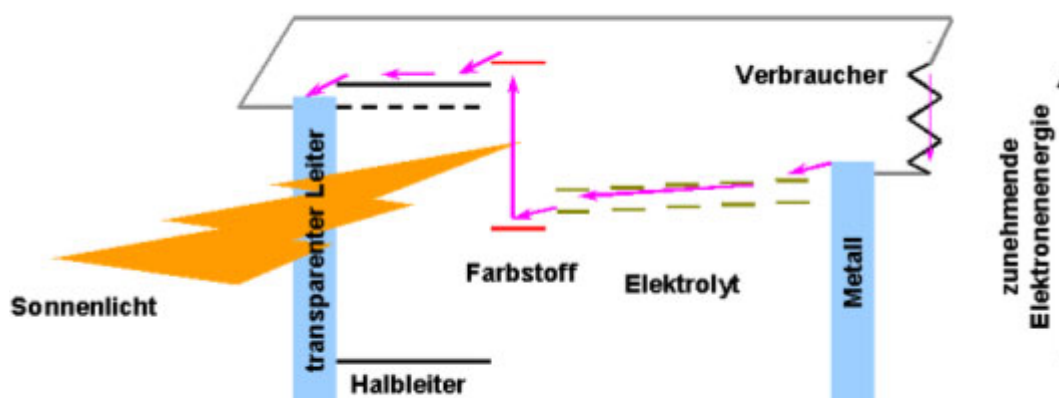


## "Sind Farbstoffe mehr als nur farbig? - Farbstoffe als Lichtfänger und Elektronenkanäle"

D. Schlettwein, Universität Oldenburg, Physikalische Chemie 1, Postfach 2503, 26111 Oldenburg  
email: [derck.schlettwein@uni-oldenburg.de](mailto:derck.schlettwein@uni-oldenburg.de)

Organische Farbstoffe, dies sagt schon ihr Name, sind in hervorragender Weise geeignet, sichtbares Licht zu absorbieren. Dies führte seit ihrer Entdeckung Ende des 19. Jahrhunderts zu einem Boom in der chemischen Forschung und Industrie und wir kennen eine große Zahl von technischen Anwendungen in der Farbgebung auf Stoffen, in Lacken und in der Druckereitechnik. Dies sind klassische Anwendungen organischer Farbstoffe als einzelnes Molekül (z. B. auf Textilien oder in Kunststoffen) oder auch als feste Partikel (z. B. als Pigmente in Lacken). Die Lichtabsorption führt zu einer Anregung des Elektronensystems der Moleküle, welche typischerweise durch strahlungslose Desaktivierung des angeregten Zustands abgebaut wird, so dass das Molekül wieder im Ausgangs (Grund-)zustand vorliegt und die aufgenommene Energie in thermische Energie umgewandelt und abgeführt wird. In einigen Fällen (z. B. optische Aufheller in Waschmitteln) nutzt man auch einen strahlenden Übergang in den Grundzustand unter Aussendung langwelligerer Strahlung als der absorbierten (Fluoreszenz und Phosphoreszenz). Die leichte Anregbarkeit des molekularen Elektronensystems organischer Farbstoffe lässt aber darüber hinausgehend auch weitere moderne Anwendungen zu, denen wir uns in unserer Arbeitsgruppe annehmen.

### Funktionsweise einer photoelektrochemischen Solarzelle getrieben durch Lichtabsorption in einem Farbstoff

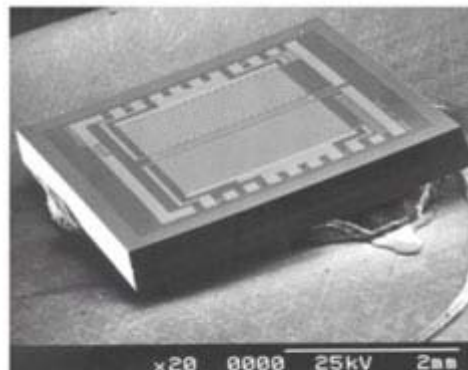
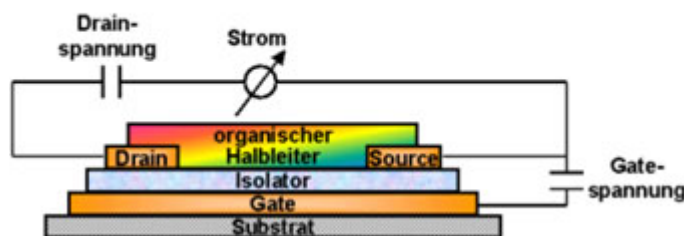


### Veränderung der Elektronenenergie und geleistete Arbeit in violetten Pfeilen

Der angeregte Zustand einzelner Moleküle ohne Kontakt zueinander kann z. B. auch dazu benutzt werden, ein hochenergetisches Elektron aus ihm auf einen Reaktionspartner zu überführen oder aber die Elektronenlücke bei niedriger Energie mit einem Elektron aus dem Reaktionspartner zu füllen. Diese Reaktionen werden als oxidatives oder reduktives Löschen des angeregten Zustands aus dem Reaktionspartner zu füllen. Diese Reaktionen werden als oxidatives oder reduktives Löschen des angeregten Zustands bezeichnet und werden in photochemischen Reaktionen genutzt. Führt man solche Reaktionen an Grenzflächen durch, die als Elektroden in elektrochemischen Zellen geschaltet sind, so eröffnet sich das Gebiet der **Photoelektrochemie**. In einer besonderen Art von photoelektrochemischen Zellen lassen sich auf diese Art Prozesse aufbauen, die dem Prinzip der Photosynthese wie z. B. in Pflanzenblättern folgen. Im technischen Pendant zur Photosynthese wird so ein organischer Farbstoff als Lichtfänger eingesetzt und überträgt sein hochenergetisches Elektron des angeregten Zustands auf eine Halbleiterelektrode. Diese Grenzfläche dient der Ladungstrennung und das hochenergetische Elektron kann an der Rückseite dieser Elektrode abgenommen und im Sinne einer Solarzelle genutzt werden. Für eine gute Effizienz solcher Zellen braucht man eine hohe Porosität der Halbleiterelektrode damit genug Farbstoffmoleküle ohne Kontakt miteinander adsorbiert werden können, eine gute Abstimmung der energetischen Verhältnisse an der Grenzfläche und eine geeignete Elektronenübertragung zum Schließen des Stromkreises von einer Gegenelektrode zu einer leitenden Lösung und von dieser auf den angeregten Farbstoff, um diesen wieder in den neutralen Grundzustand zu überführen. Dies wurde in der Vergangenheit durch eine Kombination von nanoporösem Titandioxid mit rutheniumhaltigen Metallkomplexen als Farbstoffe erreicht und auf diesen Elektroden basierende Zellen werden nach ihrem Erfinder **Grätzel-Zellen** genannt. In unserer Gruppe arbeiten wir zum einen gemeinsam mit einem internationalen Konsortium an einer Weiterentwicklung dieses

Konzepts, in dem in einem Schritt gemeinsam mit einer großen Auswahl an einfacheren Farbstoffen das Halbleitermaterial **Zinkoxid elektrochemisch abgeschieden** wird und so eine größere Flexibilität in der Farbgebung und Gestaltung solcher Zellen erreicht wird. Zum anderen geht es uns in einem anderen Verbundvorhaben um die Frage, ob **in dünne Siliziumschichten eingebaute Farbstoffmoleküle** auch deren Lichtabsorption erhöhen können und so mithelfen, die Effizienz als Solarzellenmaterial weiter zu steigern.

Schematischer Aufbau eines organischen Feldeffekt-Transistors



Auf Siliziumtechnologie basierendes mikrostrukturiertes Substrat für OFET-Untersuchungen

Reicht der Kontakt der einzelnen Elektronensysteme von Farbstoffmolekülen gepackt in einem Feststoff (Pigment) z. B. aus, um einen Übergang von einem Molekül zum nächsten zu ermöglichen, so führt die Lichtabsorption in solch einem organischen Festkörper im allgemeinen zu einer erhöhten elektrischen Leitfähigkeit unter Belichtung (Photoleitung). Solche Photoleiter sind von großer technischer Bedeutung in nahezu allen elektrofotografischen Prozessen, und diese sind Grundlage z. B. von Fotokopierern und Laserdruckern. In dieser Materialgruppe lässt sich vielfach aber aufgrund der relativ geringen Energiedifferenz zwischen angeregtem und Grundzustand auch schon ohne Belichtung eine Leitfähigkeit beobachten, die eine technische Nutzung als **molekulare Halbleiterelektroden** ermöglicht. Innerhalb eines nationalen Schwerpunktverbunds bearbeiten wir innerhalb dieses Themenkomplexes die Machbarkeit **organischer Feldeffekttransistoren**. Dabei wird ganz analog zu klassischen Silizium-Transistorstrukturen ein elektrisches Feld senkrecht zu einem dünnen Film solcher Halbleitermoleküle auf einem isolierenden Trägermaterial dazu benutzt, die Ladungsträgerkonzentration in der Grenzfläche zu beeinflussen und so den elektrischen Strom durch den Film zu schalten. Dabei stellen die Packung der Moleküle im Film und die Einstellung der Energieniveaus des angeregten und des Grundzustands die entscheidenden Optimierungsparmeter dar.

Details zu diesen und verwandten Themen finden sich auf den [Web-Seiten unserer Arbeitsgruppe](#). Viel Spaß beim Stöbern!