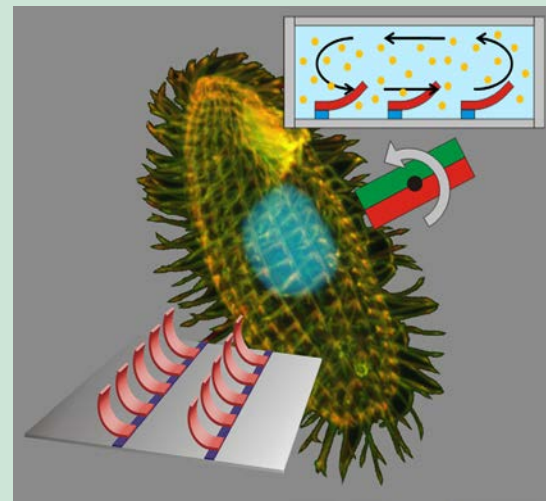


## Kleines Tierchen, großes Vorbild

*Einzeller als Ideengeber für Lab-on-Chip-Systeme*

Das winzige Pantoffeltierchen (Paramecium) ist von tausenden feinen Härchen, die wie Wimpern (Cilien) aussehen, bedeckt. Durch das rhythmische Krümmen und Wiederaufrichten der Wimpern ziehen sich Schlagwellen über seinen Körper und diese Bewegung – nicht unähnlich dem Rudern in einem Ruderboot – führt zur Fortbewegung des Einzellers.

Diese Wimpern (Cilien) haben nicht nur einer ganzen Klasse von niederen Organismen ihren Namen gegeben, sondern treten auch in höheren Organismen, beispielsweise bei Fischen auf, wo sie benutzt werden, um die Strömungsgeschwindigkeit des umgebenden Wassers zu messen, oder beim Menschen, wo sie helfen Schleim aus der Lunge zu entfernen.



*Die Härchen des Pantoffeltierchens dienen als Vorbild für Lab-on-a-chip-Systeme.*

*Bei diesen können künstliche Härchen durch ihre Bewegung Flüssigkeiten mischen oder durch das System pumpen.*

### Bewegung ohne Pumpe

Nach diesem Vorbild haben die Wissenschaftler Felder aus künstlichen Härchen nachgebaut, die mittels Magnetfeldern zum Pumpen gebracht werden können. Durch einen sich drehenden Magneten unter dem Feld schwingen die Härchen hin und her, so dass Flüssigkeiten vermischt oder durch einen Kanal gepumpt werden können. Solche Systeme sind für miniaturisierte Nachweissysteme, sogenannte Labs-on-a-chip, interessant, bei denen kleinste Flüssigkeitsmengen in wenige Mikrometer großen Kammern analysiert werden.

### Oberflächen reagieren auf ihre Umwelt

Der Ansatz über magnetfeldgetriebene künstliche Zilien ist ein gutes Beispiel für einen biomimetischen Ansatz, da er zu Oberflächeneigenschaften führt, die durch einen äußeren Stimulus, hier das Einwirken des Magneten, schaltbar sind und so interaktive Oberflächen erhalten werden, die aktiv mit ihrer Umgebung in Wechselwirkung stehen. An diesen und ähnlichen Themen werden die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler weitere Forschung am FIT durchführen.

## Kontakt

### Vorläufige Postadresse

Freiburger Zentrum für interaktive  
Werkstoffe und bioinspirierte Technologien (FIT)  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Stefan-Meier-Straße 21, 79104 Freiburg

[www.fit.uni-freiburg.de](http://www.fit.uni-freiburg.de)

### Projektleitung

Prof. Dr. Rolf Mülhaupt  
Tel: +49 761 203-6273  
Fax: +49 761 203-6319  
E-Mail: [rolf.muelhaupt@makro.uni-freiburg.de](mailto:rolf.muelhaupt@makro.uni-freiburg.de)  
E-Mail Sekretariat: [carmen.hermann@makro.uni-freiburg.de](mailto:carmen.hermann@makro.uni-freiburg.de)

Institut für Makromolekulare Chemie  
Stefan-Meier-Str. 31  
D - 79104 Freiburg i. Br.

### Administrative Leitung

Dr. Stefanie Meisen  
Tel: +49 761 203 4712  
Fax: +49 761 203 4709  
Email: [stefanie.meisen@fmf.uni-freiburg.de](mailto:stefanie.meisen@fmf.uni-freiburg.de)

Freiburger Materialforschungszentrum FMF  
Stefan-Meier-Straße 21  
D-79104 Freiburg i. Br.

### Technische Leitung

Dr. Rainer Giersiepen  
Tel: +49 761 203 8085  
Fax: +49 761 203 8082  
E-Mail: [giersiepen@tf.uni-freiburg.de](mailto:giersiepen@tf.uni-freiburg.de)

Technische Fakultät  
Georges-Köhler-Allee 101  
D-79110 Freiburg i. Br.

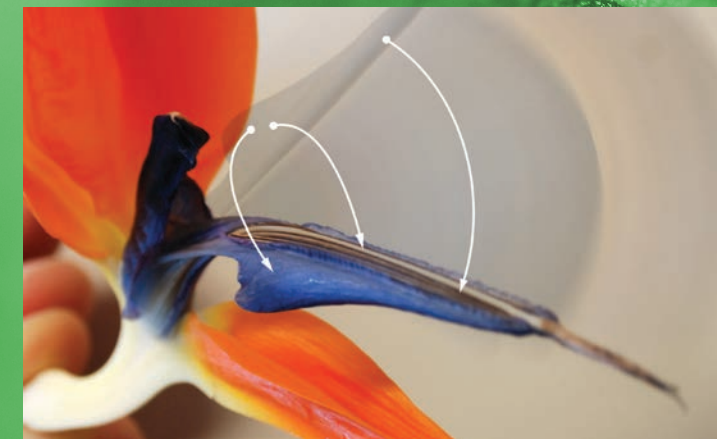
**Impressum:**  
**Herausgeber:**  
Freiburger Zentrum für interaktive  
Werkstoffe und bioinspirierte Technologien (FIT)

**Konzeption & Redaktion:**  
Assiyeah Joers, Dr. Stefanie Meisen  
**Layout:**  
Assiyeah Joers, Leonhard Falk, Logo: M. Awe  
**Fotos:**  
FMF, FIT, Fototeam Vollmer, S. Gombert,  
Plant Biomechanics Group Freiburg,  
S.Schleicher/S.Poppinga (ITKE/PBG)),  
LS Reinecke/IMTEK, LS Woias/IMTEK,  
LS Ruhe/IMTEK, Wikipedia, S. Bender, M. Spiegelhalter

**Druck:** Druckerei Heizler, Freiburg  
**Stand:** Juni 2013

# FIT

## Freiburger Zentrum für interaktive Werkstoffe und bioinspirierte Technologien



## Nahrungsmittel und Medikamente mit Qualitätsnachweis

*Brennstoffzellen auf Folien erleichtern das Erfassen von Daten*

Die Qualität von Produkten wie Nahrungsmitteln oder Medikamenten kann durch mehrstufige Überwachung der Erzeuger und Lieferkette gesichert werden. Um die Daten jederzeit verfügbar und transparent zu halten, ist eine Dokumentation auf jedem Produkt wünschenswert. Bisher scheitern Versuche einer lückenlosen Dokumentation auch am technisch notwendigen Aufwand.

### Herkunftsdaten auf dem Etikett

Mit der Integration von Datenspeichern, Messsystemen (Sensoren) und Energiequellen auf der Basis von Mikrobrennstoffzellen in selbstklebende Folienetiketten ermöglichen Wissenschaftler des Lehrstuhls für Prozesstechnologie am IMTEK das Erfassen von Daten auf jedem einzelnen Produkt. Das herkömmliche Preisschild kann um die notwendigen Messfunktionen erweitert werden und so eine „Intelligenz“ und ein „Gedächtnis“ mitbringen.

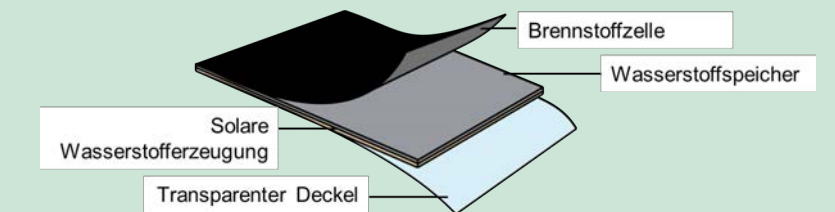


Abb. 1 Folienetikett mit selbstladender Brennstoffzelle (Schema)

### Energie durch Umgebungslicht

Zur Erzeugung der notwendigen Energie haben die Wissenschaftler eine wegweisende Lösung gefunden: Sie setzen einen Verbund aus einem halbleitenden Energiewandler (ähnlich einer Solarzelle), einem flexiblen Energiespeicher und einer Folienbrennstoffzelle ein, um Strom zu gewinnen und zu speichern. Das Preisetikett enthält damit Energiequelle, Energiespeicher, Kleinstcomputer und Messfühler. Bisher demonstrierten die Forscher das Prinzip in einer selbstladenden Knopfzelle, zukünftig werden sie es im **Folienlabor**, einer der **Core Facilities** am FIT, auch auf Folien übertragen.



Abb. 2: Selbstladende Knopfzelle (Schema und Muster)

UNI  
FREIBURG



## Die Technik von morgen:

### Smarte Materialien für Energietechnik und Mikrosysteme

Lebende Systeme wie Tiere oder Pflanzen zeichnen sich durch ihre energetische Autarkie aus, das heißt, dass sie keine von außen zugeführte Energie benötigen. Die Natur vollbringt diese Leistung, indem sie spezifische hochgradig optimierte Energiewandlungs- und Energiespeichermaterialien einsetzt und die ihr zur Verfügung stehende Energie optimal nutzt. Dabei vernetzt sie Energieumwandlung, Energiespeicherung und Systemfunktion auf engste Weise.



Piezogenerator der 3. Generation, hergestellt in neuartiger Piezo-Polymer-Komposit-technik, erzeugt aus Schwingungen oder Stößen elektrische Energie, z.B. für die Versorgung eines eingebetteten Sensorsystems im Motorraum eines Autos oder an einer vibrierenden Fertigungsanlage.

### Energie umwandeln und speichern

Das Ziel der Forscherinnen und Forscher am FIT ist es, solche Eigenschaften biologischer Systeme auf technische Systeme zu übertragen. Dafür entwickeln sie neuartige Materialien, die Energie umwandeln und speichern können. Kombinieren die Wissenschaftler in einem weiteren Schritt diese Materialien mit gleichfalls biologisch inspirierten Strategien der Systemkontrolle und des Energiemanagements, entstehen vollkommen neuartige, bioinspirierte energieautarke Mikrosysteme.

### Materialien werden schlauer

So führt der Verbund von Funktionsmaterial und Mikrosystem letztlich zu einem „smartem Material“, das sich an seine Umwelt anpassen, reagieren und Funktionen entsprechend kontrollieren kann – in einem Maße, das deutlich über den heutigen Stand der Technik hinausgeht.



Der thermoelektrische Nanodraht wird auf einer mikro-technischen Messplattform mittels spezieller Verfahren einzeln platziert, elektrisch kontaktiert und seine elektrisch-physikalischen Eigenschaften umfassend charakterisiert.

## Phänomene der Natur –

erforschen, verstehen, anpassen, verbinden, umsetzen, nutzen...

So lässt sich die Strategiegrundlage des Freiburger Zentrums für interaktive Werkstoffe und bioinspirierte Technologien (FIT) beschreiben.

Die Forschung am neugebauten Zentrum zeichnet sich durch das Zusammenspiel von individuellem Materialdesign, innovativer Methoden- und Konzeptentwicklung und ausgereifter Fertigungstechnik aus.

Dieser Ansatz ermöglicht es den Wissenschaftlern, maßgeschneiderte Materialien in praktische Anwendungen zu integrieren

### Gemeinsam unter einem Dach

Bisher passive Werkstoffe wollen die Forscher mit Eigenschaftsmerkmalen von Lebewesen ausstatten. Diese so genannten „Smart Materials“ werden in Zukunft unter anderem erkennen, kommunizieren und lernen können. Um dieses Ziel zu erreichen, arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus sechs Fakultäten, insbesondere aus den Bereichen Material-, Ingenieurwissenschaften und Biologie, in fächerübergreifenden Projekten am FIT zusammen.

### Materialien, die uns den Alltag erleichtern

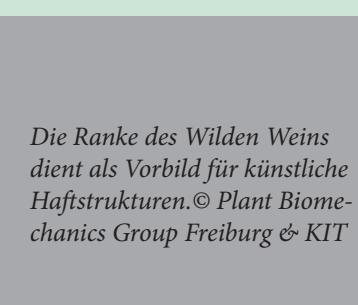
Damit eröffnet das FIT völlig neue Dimensionen für intelligente Materialien (Smart Materials) und Systeme, die den Menschen im täglichen Leben begleiten und zu seiner Lebensqualität, Sicherheit und Gesundheit beitragen sollen. Gleichzeitig steht eine hohe Ressourcen- und Energie-Effizienz bei der Erforschung neuer Materialien am FIT stets im Vordergrund.

### Von Pflanzen und Tieren lernen

Dem FIT angegliedert wird das Management des baden-württembergischen Kompetenznetzes „Biomimetik - Pflanzen und Tiere als Ideengeber für die Entwicklung neuer Materialien und Technologien“.



Am Extruder werden maßgeschneiderte Polymerstränge hergestellt



Die Ranke des Wilden Weins dient als Vorbild für künstliche Haftstrukturen. © Plant Biomechanics Group Freiburg & KIT

Bionik oder Biomimetik, d.h. das „Lernen von der Natur“, bezeichnet den Wissens- und Technologietransfer von der biologischen Grundlagenforschung in innovative technische Produkte und Verfahren. Die bundesweit größte Konzentration an Bionik-Kompetenzen findet man in Baden-Württemberg, wo diese seit 2002 im Kompetenznetz Biomimetik gebündelt werden.

## Schwerpunkte der FIT-Forschung im Überblick:

- Interaktive Materialien und intelligente Oberflächen für adaptive polymere Werkstoffe
- Biobasierte und biomimetische Materialien sowie biohybride Mikrosysteme
- Integrierte Materialien für die Energietechnik und bioinspirierte energieautarke (Mikro)Systeme
- Konzeptentwicklung, Modellierung und Simulation interaktiver Materialien
- Core facility „Fertigungstechnik für bioinspirierte Materialien“ mit Schwerpunkten auf Nanolithographie-, Folien- und 3D-Druck-Technologien
- Core facility „FIT-Kompetenznetz 3D-Visualisierung“ mit Speziallabor für Mikroskopie und Tomographie



Mit dem AFM (atomic force microscope) werden Proben untersucht und neue Analysemethoden entwickelt.



Der Technische Pflanzenhalm besteht aus einem bionischem Faserverbundmaterial mit hervorragenden mechanischen Eigenschaften (Mitte). Nebendran sind zwei seiner biologischen Vorbilder zu sehen (Pfahlrohr, links & Schachtelhalm, rechts).

© Plant Biomechanics Group Freiburg

## Herzensangelegenheiten

### Kunststoff-Oberflächen gegen Blutgerinnsel

Wenn schwerwiegende Herzerkrankungen vorliegen, gestaltet sich die Suche nach einem Spenderherz oft als schwierig. Bis ein solches Spenderherz gefunden wurde oder bis die Erkrankung des Herzens ausgeheilt ist, stellen Herzunterstützungssysteme eine Überbrückungsmöglichkeit dar, bei denen eine Pumpe die Funktion des Herzens übernimmt und den Kreislauf aufrecht hält.

Dabei besteht jedoch das Risiko von Blutverklumpungen, die Bildung von sogenannten Thromben, die für den Patienten gefährlich werden können.

Daher haben Wissenschaftler der Uni Freiburg erforscht, wie eine Oberfläche beschaffen sein muss, damit sich darauf keine solchen Blutverklumpungen bilden können, und wie man Oberflächen chemisch ausgestalten muss, damit diese blutverträglich sind.

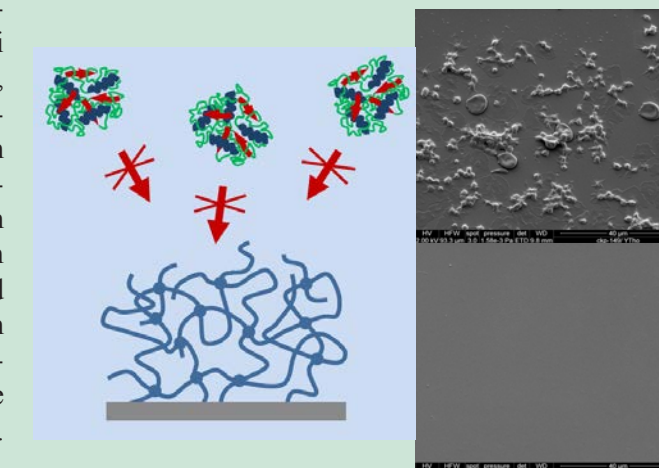


Abb. links: Die Schicht aus wasserquellbaren Gelen dient als Schutz gegen Blutproteine, die an einer Implantatoberfläche anhaften wollen. Abb. rechts: Blutplättchen haften auf a) einer unmodifizierten Oberfläche eines medizinischen Kunststoffes (Polyurethan) an. b) Auf der gleichen Oberfläche wie in a) sind nach dem Auftragen einer dünnen Hydrogelschicht kaum noch Blutplättchen zu sehen

### Barriere für Blutproteine

In Zusammenarbeit mit der medizinischen Fakultät gelang es, eine Kunststoffoberfläche zu entwickeln, die so beschaffen ist, dass sich darauf keine Blutgerinnsel bilden können. Dazu werden Beschichtungen eingesetzt, die an die Oberfläche eines häufig in der Medizintechnik genutzten Kunststoffes gebunden sind. Diese Schichten bestehen aus speziellen wasserquellbaren Gelen, die verhindern, dass Blutproteine an die Oberfläche gelangen und dort anhaften. So fungiert die Gelschicht, deren Struktur in Kontakt mit Blut einem leicht gespannten, dreidimensionalen Netz gleicht, als Barriere für die Blutproteine, vergleichbar mit der Wirkungsweise eines Schutzschildes.

### Die Zellen kontrollieren

Solche mikrostrukturierten Oberflächenbeschichtungen können in verschiedensten Bereichen eingesetzt werden, in denen die Zelladhäsion, also die Anhaftung von Zellen, kontrolliert werden soll. Damit können die Wissenschaftler beeinflussen, an welchen Orten sich bestimmte Zelltypen ansiedeln, bzw. wo deren Ansiedlung unterbunden wird.