

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 131 (2005)  
**Heft:** 41: Textil

**Artikel:** Funktionale Fasern und Textilien: an der Empa werden neue textile Materialien für das Bauwesen entwickelt  
**Autor:** Lübben, Jörn  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-108625>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 17.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Funktionale Fasern und Textilien

An der Empa werden neue textile Materialien für das Bauwesen entwickelt

**In St. Gallen, dem traditionellen Zentrum der Schweizer Textilindustrie, entwickeln ForscherInnen an der Empa innovative Herstellungs- und Veredlungsverfahren für neue Fasern mit bisher ungewohnten Eigenschaften. «Intelligent» sind die daraus hergestellten Gewebe zwar noch nicht, aber interaktiv und funktional und eröffnen damit interessante technische Anwendungsgebiete für textile Werkstoffe.**

Bereits in den 1980er-Jahren wurden an der Empa kohlenstofffaserverstärkte Polymere entwickelt, die mittlerweile weltweit zur Verstärkung und Aufhängung von Bauteilen und Bauwerken aus Beton, Mauerwerk, Holz, Aluminium und Stahl Verwendung finden.<sup>1</sup>

Im Departement «Materialien und Systeme zum Schutz und Wohlbefinden des menschlichen Körpers» entwickelt die Abteilung «Funktionale Fasern und Textilien» unter Einsatz neuartiger Materialien, Materialkombinationen, Techniken und Prozesse innovative Fasern, die auch mit verschiedenen Methoden modifiziert werden können. Gegenwärtig wird unter anderem an Lösungen für Anwendungsbereiche in Medizin und Gesundheitswesen, Arbeits- und Sicherheitstechnik, Sport und Freizeit gearbeitet. Die Fasern sollen spezifische Wunscheigenschaften besitzen wie beispielsweise hydrophob oder hydrophil, biokompatibel, magnetisch, elektrisch oder optisch leitfähig oder anfärbbar sein. Im Idealfall können Fasern aktiv eine Funktion wie etwa Wirkstofffreigabe, Geruchshemmung, Schmutzabweisung und Flammschutz ausüben.<sup>2</sup>

## Schmelzen und Spinnen

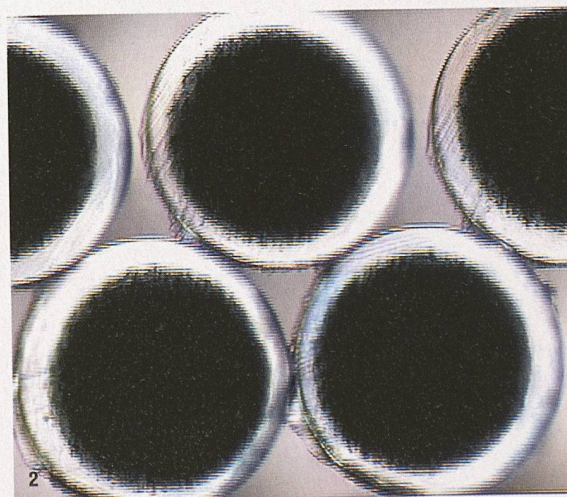
Zur Entwicklung von Fasern steht eine Vielzahl innovativer Prozesstechniken zur Verfügung. So besteht in der Abteilung die Möglichkeit, mit der seit Mitte letzten Jahres in Betrieb genommenen Labor-Schmelzspinnanlage SPIDER (SPInning DEvelopment Research) Bikomponenten-Filamente aus unterschiedlichen thermoplastischen Kunststoffen zu spinnen. Die zwei Kunststoffe können dabei Seite an Seite liegen oder in einer so genannten Kern/Mantel-Struktur konzentrisch angeordnet sein (Bilder 1 und 2). Die Fasern

können rund, eckig, gefüllt oder hohl sein. Weitere Modifikationen der Fasern und der Aufbau einer Multikomponenten-Mehrschichtstruktur können über Plasmatechnologie und Tauchbeschichtung durchgeführt werden. Niederdruck- und Mikrowellen-Plasmastrahlen mit verschiedenen Prozessgasen kommen sowohl für die Reinigung der Fasern vor der Beschichtung als auch für das Aufbringen von Oberflächenfilmen auf die gereinigten Fasern zur Anwendung (Bild 3). Die Rundherum-Mikrostrukturierung (Bild 4) über physikalisch-mechanische Heissprägung eröffnet gänzlich neue Möglichkeiten der Faserfunktionalisierung.<sup>3</sup>

Am häufigsten verwendet werden dabei die vier thermoplastischen Polymere Polyamid (PA), Polyethylenterephthalat (PET), Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP). Auf der Anlage lassen sich auch weniger



1



2

übliche thermoplastische Ausgangsmaterialien wie beispielsweise biotechnologisch erzeugte Kunststoffe («Bioplastik») verarbeiten. Zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten sind heute noch unerforscht. SPIDER erlaubt es, die Fasern im Labormassstab herzustellen und deren Zusammensetzung und Ausgestaltung immer wieder mit relativ geringem Aufwand zu variieren, was bei Industrieanlagen nicht wirtschaftlich ist.

Abschliessend können die Textilien hinsichtlich ihrer Gebrauchstauglichkeit und ihres Langzeitverhaltens charakterisiert werden. Nebst Bewitterungsgeräten zur Simulation der Meteoparameter Licht, Temperatur und Feuchte ist ein Schadgas-Klimaprüfschrank im Einsatz, in dem Proben bei definierten Klimabedingungen unter dem kombinierten Einfluss von (UV-)Licht und Schadgasen bewittert werden.

### Neue Fasern für den Bau

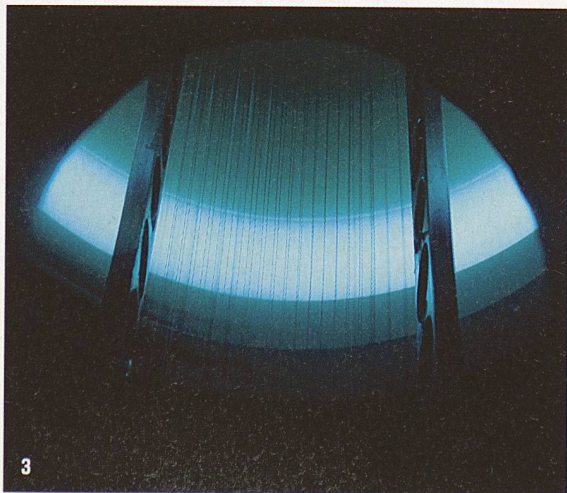
Für Anwendungen im Hoch- und Tiefbau können Fasern mit variablen Querschnitten und Profilen aus verschiedensten thermoplastischen Basismaterialien gesponnen werden. Entwicklungspotenzial besteht unter anderem für neuartige Geotextilien mit verbesserten Eigenschaften, für die Erhöhung der Verbundfestigkeit zwischen Fasern und Matrix bei faserverstärkten Baustoffen oder um die elektrostatische Abschirmung in Bauten zu gewährleisten.

1

Mit der Labor-Schmelzspinnanlage SPIDER spinnbare Faserquerschnitte und -profile (von links nach rechts): Hohlfaser, sternförmige Faser, Seite-an-Seite-Faser, Kern/Mantel-Faser (Bilder: Empa)

2

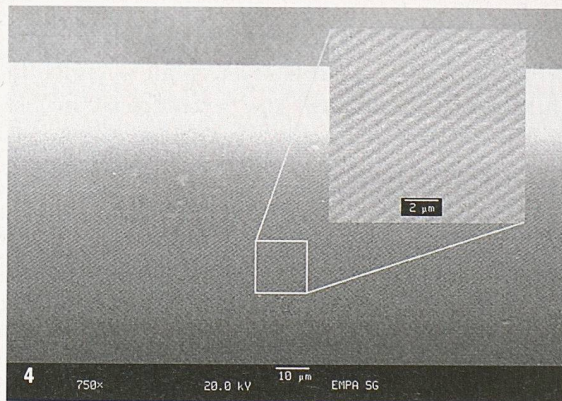
Bikomponentenfasern aus Polyolefin mit mikropartikelhaltigem Kern im Querschnitt



3

Geotextilien bestehen aus Kunststoffen, die im Erd-, Tief- und Verkehrswegebau seit über 30 Jahren zum Trennen, Filtern, Drainieren, Bewehren, Schützen, Abdichten und für weitere spezifische Aufgaben eingesetzt werden.<sup>4</sup> In Form von Geweben, Gittern, Membranen und ähnlichen Produkten ermöglichen Kunststoffe ein technisch einfaches und wirtschaftliches Bauen. Die vier wichtigsten Werkstoffe für Geokunststoffe sind PE, PP, PA, PET. Aus PE werden gestreckte Geogitter, Stapelfaservliese und Gewebe hergestellt. Wegen ihrer allgemein hohen chemischen Beständigkeit eignen sich diese Produkte auch für den Deponiebau. PP findet für verschiedenste Zwecke Verwendung, vor allem jedoch in Vliesen, Bändchengeweben und biaxial gestreckten Geogittern. Aus PET wird eine breite Palette von Textilien von Vliesen bis zu Geweben und Gittern hergestellt, die dank ihrer hohen Festigkeit bei gleichzeitig vergleichsweise niedrigem Kriechmass vor allem für Bodenbewehrungszwecke verwendet werden. Geokunststoffe aus PA sind seltener. Bekannt sind vor allem Strukturmatte (beispielsweise für Drainageaufgaben), flexible Schalungen (Matratzenschalungen) oder Sackmaterial (Deichsäcke, die abgeworfen werden), also Produkte, bei denen ein elastisches Verhalten verlangt wird.

Faserzementprodukte (Eternit) werden für Dächer, Fassaden, Innenbau und im Gartenbereich eingesetzt und bestehen neben Zement, Zusatzstoffen und Wasser aus



3

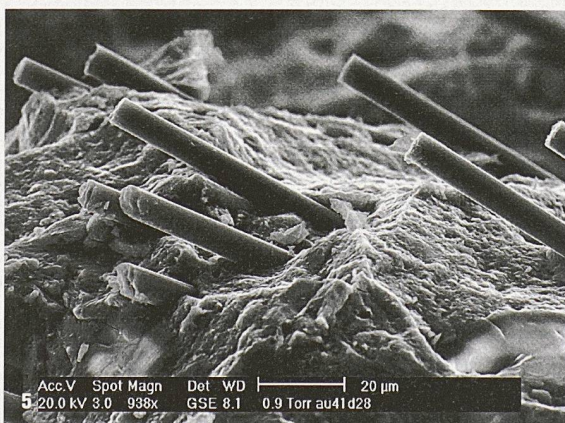
Mit der Faserbeschichtungsapparatur der Empa können polymere, keramische oder metallische Oberflächenfilme durch plasmaunterstützte Beschichtung (Magnetron-Sputtering) auf PET-Fasern aufgebracht werden. Der zylindrische Aufbau der Plasmakammer ermöglicht die rundum homogene Beschichtung der Fasern

4

Vergrößerter Oberflächenausschnitt einer durch Rundherum-Mikrostrukturierung über physikalisch-mechanische Heissprägung erzeugten Faseroberfläche

Bewehrungs- und Prozessfasern. Als Bewehrungsfasern werden vor allem Fasern aus Polyvinylalkohol eingesetzt. Prozessfasern sind Zellstofffasern, wie sie in der Papierindustrie verwendet werden, teilweise wird dafür rezykliertes Altpapier eingesetzt. Bild 5 zeigt an der Bruchfläche eines Faserzementprodukts mit höherer Festigkeit hingegen Kohlenstofffasern, die in eine Zementmatrix eingebettet sind.

Beim Faserbeton werden dem Beton zur Verbesserung der Zugfestigkeit und damit des Bruch- und Rissverhaltens Fasern zugegeben. Es können kurze oder lange in Zugbeanspruchungsrichtung eingelegte Fasern verwendet werden. Lange Fasern kommen meist in Form von Glasfaser-Textilmatten zum Einsatz, sodass der Baustoff als textiltbewehrter Beton oder Textilbeton bezeichnet wird. Alkalibeständige Glasfasern (Gläser können mit den Alkalien des Betons reagieren) und Stahlfasern verschiedenster Art (nichtrostender Stahl, Baustahl, aufgebogen, nicht aufgebogen) sind gleichermaßen für die Faserbewehrung von Beton verwendbar. Fasern wie beispielsweise Kevlarfasern sind interessant, da sie ähnliche oder bessere Eigenschaften als die genannten anorganischen Fasern besitzen. Insbesondere besitzen sie den höchsten E-Modul der hier angeführten Fasern. Neben der Verbesserung der Zugfestigkeit leisten Synthefasern einen wichtigen Beitrag zur Risskontrolle bei der Schwindreduktion von Beton, Mörteln, Unterlagsböden und Estrichen.

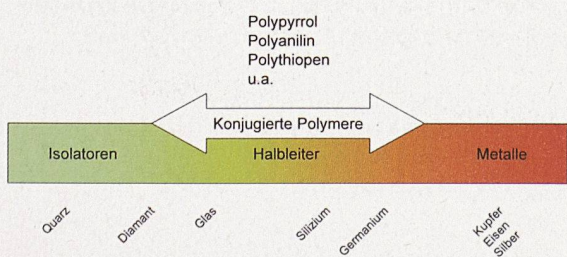


## Fasern leiten den Strom

Leitfähige Fasern finden in der Textilbranche aus verschiedensten Gründen Verwendung. Beispielsweise können elektrisch leitfähige Fasern in «intelligenten Teppichen» Drucksensoren verbinden, wodurch sich Räume überwachen lassen. Oder es wird mit leitfähigen Fasern in Kleidern experimentiert, die so genanntes «wearable computing» ermöglichen sollen. Fasern, die beim Dehnen ihren elektrischen Widerstand ändern, ermöglichen interessante Mensch-Maschine-Schnittstellen, da so Körperbewegungen erfasst oder Funktionen etwa durch leichtes Ziehen an der Kleidung ausgelöst werden können. Ferner ist der Schutz vor elektrostatischen Entladungen in vielen Bereichen der Arbeitssicherheit unverzichtbar, zu deren Erhöhung Fasern mit einem Ableitwiderstand  $<10^8$  Ohm beitragen helfen.

Zur Herstellung leitfähiger Fasern sind naturgemäß zunächst die Metalle geeignet. Bereits im Altertum wurden dünne Metalldrähte zum Verzieren von Textilien eingesetzt.<sup>5</sup> Heute werden unter anderem Fäden aus Metallwerkstoffen mit Erinnerungsvermögen (Memory-Legierungen, siehe auch tec21, 19/2003) und Garne, die Elektromog abschirmen, durch mechanische und thermische Herstellungsverfahren produziert. Weniger bekannt ist die Verwendung von leitfähigen Polymeren. Fast alle reinen Polymere weisen bei nicht zu hohen Temperaturen nur eine geringe elektrische Leitfähigkeit auf und sind daher Isolatoren. Trotz ihrer prinzipiellen Isolareigenschaften wurden jedoch grosse Anstrengungen unternommen, um elektrisch leitfähige Polymere zu entwickeln mit dem Ziel, metallische Eigenschaften, insbesondere die Leitfähigkeit, mit den verarbeitungstechnischen Merkmalen und den mechanischen Eigenschaften von Polymeren zu koppeln. Bild 6 zeigt schematisch die Positionierung leitfähiger Polymere auf der Leitfähigkeitsskala.

Eine prinzipiell einfache Möglichkeit zur Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit von Polymerfasern ist das Einarbeiten von leitfähigen Materialien in Form fein verteilter Partikel in die Polymermatrix. Als leitfähige Materialien werden Metalle (wie Gold, Silber, Aluminium, Eisen, Kupfer, Nickel), Kohlenstoff (in Form von Russ, Graphit oder aktuell Kohlenstoffnanoröhrchen) oder leitfähige Polymere (Polyanilin, Polypyrrol, Polyethylenedioxythiophen) verwendet.



6

5

**Kohlenstofffasern in Zement-Matrix, rasterelektronische (REM) Aufnahme einer Bruchfläche, Vergrößerung ca. 600-mal. Die höher festen Fasern sind aus der zuerst gerissenen Zementmatrix herausgezogen worden (Bilder: Empa Abt. Beton/Bauchemie)**

6

**Elektrische Leitfähigkeiten anorganischer und organischer Stoffe**

## Praktische Forschung

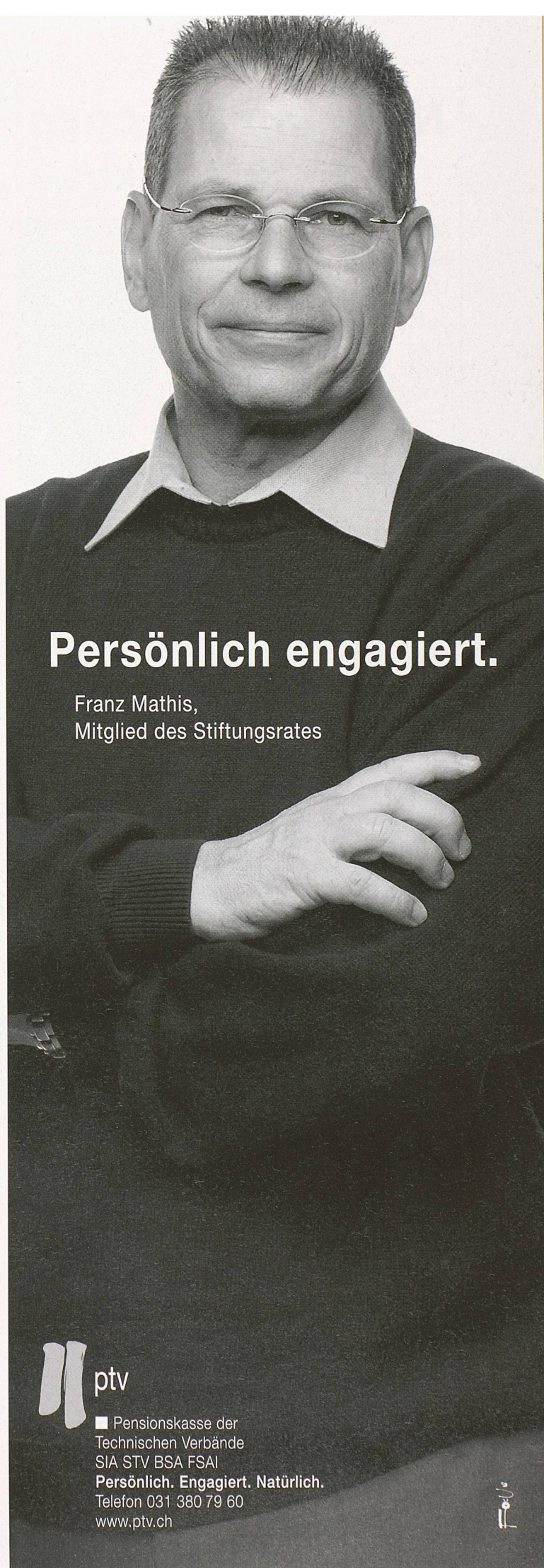
Bei Komposit-Materialien besteht eine starke Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von der Partikelkonzentration. Die Leitpartikel können in Form von Kugeln, Plättchen, Nadeln, Fäden oder Gewebe in das Polymer eingearbeitet werden. Experimente haben gezeigt, dass die höchste bei gefüllten leitfähigen Polymeren gemessene Leitfähigkeit immer um ein bis zwei Grössenordnungen unter der Leitfähigkeit des reinen Füllmaterials liegt. Um die Leitfähigkeit zu gewährleisten, muss eine Mindestkonzentration, die Perkolationsschwelle, überschritten werden. Die Perkolationsschwelle ist abhängig von der Form der Leitpartikel: Für eine Verteilung von kugelförmigen Partikeln liegt sie bei ca. 15 Vol.-% und bei faden- oder nadelförmigen Leitpartikeln unter 1 Vol.-%.<sup>6</sup> Die Beladung thermoplastischer Polymermaterialien mit leitfähigen Partikeln erfolgt entweder bei der Polymerisation oder danach durch Compoundieren (Mischen). Der Compound dient dann als Ausgangsstoff beim Schmelzspinnen.

Polymere, deren elektrische Leitfähigkeit nicht aus dem Zusatz leitfähiger Additive, sondern aus der Molekülstruktur resultiert, werden als intrinsisch leitende Polymere bezeichnet. Bekannte Vertreter sind Polypyrrol, Polyanilin, Polythiophen und sein Derivat Polyethylen-dioxythiophen, welches in Wasser löslich ist und zur Beschichtung von Fasermaterialien und textilen Oberflächen geeignet ist. Leitfähige Polymere sind schlecht löslich und nicht schmelzbar, können aber in niedrig schmelzende Polymere, beispielsweise Polypropylen, eingearbeitet werden und in diesen für die Leitfähigkeit sorgen. Die mangelnde Stabilität der intrinsisch leitfähigen Polymere stellt unter realen Umgebungsbedingungen noch ein besonderes Problem für die Anwendung dar, doch lässt sich die Stabilität durch Einarbeitung in die Polymermatrix erhöhen. So liefert die Einarbeitung von Polypyrrol in Textilien auf Zellulosebasis ermutigende Resultate; Polyanilin-modifiziertes Propylen konnte bereits erfolgreich zu Fasern schmelzgesponnen werden, und zahlreiche weitere für das Schmelzspinnen geeignete leitende Polymermischungen lassen ein grosses Potenzial für die Zukunft erwarten.

Jörn Felix Lübben, Dr. sc. techn. Empa St. Gallen  
Funktionale Fasern und Textilien, Lerchenfeldstrasse 5, 9024 St. Gallen. Joern.Luebben@empa.ch

## Literatur

- 1 Ruedi, M., Meier, U., Rossi, R., Lübben, J., Hegemann, D.: Swiss research partner for the worldwide textile industry. Technical Textiles International 2004, p. 21–25.
- 2 Empa, Public Relations: Jahresbericht 2004, erhältlich unter contact@empa.ch
- 3 Halbeisen, M., Schiff, H.: Surface micro- and nanostructuring of textile fibers. Man-Made Fiber Year Book 2005, Chemical Fibers International 2005, p. 41–42.
- 4 Rügger, R., Hufenus, R.: Bauen mit Geokunststoffen. Ein Handbuch für den Geokunststoff-Anwender. Schweizerischer Verband für Geokunststoffe, ISBN 3-9522774-01.
- 5 Koch, P.-A.: Faserstoff-Tabellen, Metallfasern. Institut für Textiltechnik Aachen, 1. Ausgabe 2004.
- 6 Gehrke, K., Nordmeier, E. H., Lechner, M. D.: Makromolekulare Chemie. Verlag Birkhäuser, 3. Auflage, 2003, ISBN 3-7643-6952-3.



## Persönlich engagiert.

Franz Mathis,  
Mitglied des Stiftungsrates



■ Pensionskasse der  
Technischen Verbände  
SIA STV BSA FSAI  
**Persönlich. Engagiert. Natürlich.**  
Telefon 031 380 79 60  
www.ptv.ch

## Von Schutzkleidung und Trendkleidung

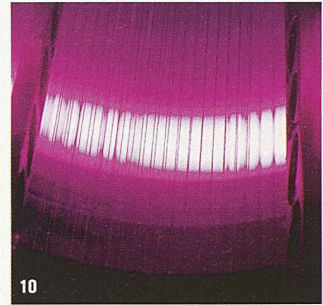
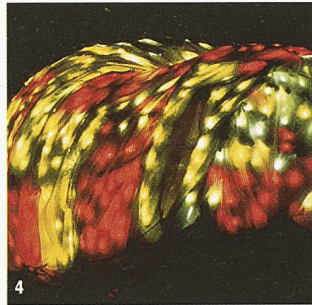
Innerhalb des Themenbereichs «Textil und Architektur» ist das Thema Bekleidung<sup>1</sup> aktueller denn je, wobei sich das Gewicht zunehmend von der Schutz- zur Trendbekleidung verschoben hat. Natürlich fungiert jede Bekleidung als eine Art von Schutzkleidung – sei es als physischer Schutz vor Kälte und anderen äusseren Einflüssen, sei es als psychologischer Schutz, um die Nacktheit des (Bau-)Körpers zu verhüllen oder Mängel zu kaschieren. Das Merkmal der Schutzkleidung ist ihre Zweckausrichtung: Funktionale Erfordernisse bestimmen ihr Erscheinungsbild. Sie hat kaum repräsentative Aufgaben zu erfüllen, auf eine ästhetisierende Gestaltung kann verzichtet werden. Der zweite Aspekt von Kleidung – der Schmuck – tritt in den Hintergrund. In diesem Ausser-Acht-Lassen der dekorativen Komponente und in der Reduktion auf das Wesentliche liegen die gestalterische Qualität, der Reiz des Lapidaren begründet.

Im Zuge des tief greifenden Wandels in der Architekturauffassung an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert wurde auch das «Prinzip der Bekleidung» einer Neubewertung unterzogen. Den Begriff prägte der deutsche Architekt und Theoretiker Gottfried Semper (1803–1879). In seinem Hauptwerk «Der Stil» bezeichnete Semper die Textilkunst als «Urkunst», aus der sämtliche anderen Künste ihre Typen und Symbole entlehnt hätten. Sempers Theorien fielen vor allem im Wien der Jahrhundertwende auf fruchtbaren Boden. Umgesetzt wurden sie etwa von Otto Wagner (1841–1918): So präsentiert sich das mit einem dekorativ geblumten Überwurf drapierte Majolikahaus gleichsam in permanenter Festkleidung. Keinerlei applizierter Ornamentik, keinerlei schmückender Zutaten bedurften dagegen die nackten stählernen Skelette – etwa des Eiffelturms oder des Crystal Palace. Die gestalterische Qualität von Material und Konstruktion tritt in diesen Ingenieurbauten unverfälscht zutage. Die Auflösung der Wandflächen prägte das ästhetische Empfinden der nachfolgenden Architektengenerationen. Erst mit diesem Schritt hin zum «Entblößen bis aufs Skelett» konnte auch die Qualität der Bekleidung neu bewertet werden: Sie war nicht mehr nur schmückende oder symbolisierende Bekleidung der massiven Wand, sondern bezog sich auf die «leeren Stellen» der Skelettbauten. Mit der zunehmenden Entkoppelung von tragender Struktur und nicht tragender Gebäudehülle übernimmt die Architekturbekleidung oft auch die Funktion der raumerzeugenden Hülle. So wie also die Zweckkleidung Vorbild für Trendkleidung sein kann (man denke an den Siegeszug der «Blue Jeans» oder an den «Burberry», den Regenmantel der englischen Soldaten im 1. Weltkrieg), fungiert die spezifische Konstruktionsprache der Zweckbauten als Wegbereiter für zeitgemässe Gestaltungsansätze im Repräsentationsbau.

Die Überwindung der gestalterischen Opulenz und formalen Beliebigkeit der postmodernen Strömungen gepaart mit ökonomischer Vernunft führt zum Rückgriff auf puristische, «nichtedle» Materialien, die quasi «von der Stange» kommen. Diese zur innovativen Trendkleidung zu verarbeiten – Herzog & de Meuron haben es mit den bunten Polycarbonatplatten des Laban Center in London exemplarisch vorgeführt – bleibt eine spannende Herausforderung.

Karin Harather, Assistenzprofessorin am Institut für Kunst und Gestaltung der TU Wien, harather@email.archlab.tuwien.ac.at

<sup>1</sup> Harather, Karin: «Haus-Kleider». Zum Phänomen der Bekleidung in der Architektur. Wien 1995 (vergriffen)



### 4 Leuchtender Kokon

| Christian Holl | Das architektonische Objekt «Paul» verbindet neueste Technologie textiler Membranen mit der Suche nach direkten Aneignungspotenzialen.

### 10 Funktionale Fasern und Textilien

| Jörn Lübben | Mit neuen Herstellungstechnologien lassen sich Fasern erzeugen, die den textilen Werkstoffen neue Anwendungsgebiete, wie Sensorik oder Stromableitung, erschliessen.

### 16 Wettbewerbe

| Neue Ausschreibungen und Preise | Stadion, Thun | Forstacker, Zofingen | Schule Inwil, Baar | Baupreis Zürcher Oberland | Zukunft in den Alpen | Solarpreis 2005 |

### 22 Magazin

| Memorial F93 | Neat: Durchbruch weiter südlich; Rekurs gegen Auftragsvergabe; Mehrkosten, aber termingerecht fertig | Spatenstich für neue Bahnlinie durch Genf | Ständerat will Kontrolle über ETH-Bauten behalten | Holzbauforum in Garmisch-Partenkirchen | Bauen in den Golfstaaten | Umweltverschmutzung in Asien/Pazifik | In Kürze | Garten-Gestaltung mit der Natur | Wirtschaft profitiert vom Umweltschutz | Le Corbusiers Nachlass auf DVD | Wege durch die Wasserwelt | Naturpark-Studie im EU-Raum |

### 28 Aus dem SIA

| SIA an der Habitat et Jardin: «Qualité n'est pas un luxe» | Made of Light: Die Kunst von Licht und Architektur | ZNO: Bestätigungen, Freigaben und neue Vorhaben | D 0213: Finanzkennzahlen für Immobilien | S-DEV 05 Genf: Nachhaltiges Bauen – Hochbau | SIA 257: Maler-, Holzbeiz- und Tapezierarbeiten |

### 32 Produkte

| Funktionsgewebe von Sefar | Holz/Metall-Fenster von Schweizer | Kalkputz gegen Schimmel von Haga | Hager Tehalit an der Lurenova | EMF-Abschirmungen von CFW | Tätigkeitsfeld des Deutschen Instituts für Treppensicherheit | Spezialglas von Engeler |

### 38 Veranstaltungen

#### Beilage zu diesem Heft

tec · dossier zum Thema «Nachhaltige Entwicklung – Bauen im urbanen Raum»