




Gesamtverband   
textil+mode   


Mit jeder Faser



lebenswichtig

# HIGHTEX FÜR DIE MEDIZIN

Implantate, Therapiehilfen und Wundversorgung mit  
faserbasiertem Know-how

FORSCHUNGS  
KURATORIUM **textil** 



### **Coverabbildungen**

Seit Jahrzehnten ein Wachstumsmarkt: Medizintextilien und faserbasierte Hightex-Materialien für die Humanmedizin und die Gesundheitspraxis (Titelseite);

Knochen- und Knorpelersatz aus hochreinen Chitosanfäden: Textilforschern der TU Dresden gelang mit patentiertem Herstellungsverfahren ein Durchbruch (Umschlaginnenseiten);

Textil- und Medizinforschung für morgen: textiler Scaffold, aus dem ein Fingerknochen nachgebildet wird (Umschlagrückseite)

# Medizintechnik wird textil

» Ein Textilband mit Schwachstrom lindert Schmerzen durch die Stimulierung neuronaler Prozesse. Ein flexibler textiler Stent garantiert die ausreichende Blutversorgung des Herzens. Ein modulares textiles Implantat kann einen Oberschenkelknochen stabilisieren. Das ist keine Zukunftsmusik, das ist die Gegenwart.

Medizintechnik ist schon heute einer der großen Einsatzbereiche textiler Produkte. Und es geht nicht nur um sterile Vliesstoffe zur Wundversorgung oder antibakteriell beschichtete Krankenhauskleidung. Textiles Hightech hält Einzug in OP-Säle, Arztpraxen und Versorgungsräume. Zum Beispiel spricht die hohe Bioverträglichkeit textiler Produkte für ihren Einsatz als Implantate – sie vermeiden Abstoßungsprozesse.

Deutsche Textilunternehmen sind Weltmarktführer mit Technischen Textilien. Schon die „Perspektiven 2025“ des Forschungskuratoriums Textil und ebenso

die jüngste Commerzbank-Studie dokumentierten das große Potenzial Technischer Textilien auch für die Medizintechnik. Hier bewährt sich die langjährige Erfahrung von Textilforschungsinstituten und ihre Kooperation mit Textilunternehmen auch im klinischen Einsatz auf eindruckliche Weise.

Der Markt für textile Medizintechnikprodukte verzeichnet Wachstum. Dieses Potenzial ist noch lange nicht ausgeschöpft. Im Gegenteil: Mehr als 100 innovationsstarke deutsche Unternehmen entwickeln hochwertige Qualitätsprodukte „made in Germany“, die den Markt revolutionieren werden.

Lassen Sie sich anregen und begeistern von den herausragenden textilen Beispielen in diesem Heft. Sie dokumentieren: Die Zukunft ist textil.



*Ingeborg Neumann,  
Präsidentin des Gesamtverbandes der  
deutschen Textil- und Modeindustrie*



*Franz-Jürgen Kümpers,  
Vorsitzender des Forschungskuratoriums Textil*





### **Stents geflochten und vitalisiert**

Obwohl seit Jahrzehnten zum OP-Alltag gehörend, sind die Möglichkeiten textiler Stents für Blutgefäße längst noch nicht ausgereizt. Neuerdings ist von vitalen Stents, die mit patienteneigenen Zellen besiedelt werden, die Rede. An der RWTH Aachen treibt eine aus Medizern und Textiltechnikern bestehende Forschergruppe die Produktentwicklung auch mit Blick auf den Einsatz in der Speiseröhre interdisziplinär voran. Bei der Herstellung von Stentstrukturen aus feinsten Drähten u. a. auch aus Nickel-Titan-Formgedächtnislegierungen kommt das Flechten als klassische Textiltechnologie zum Einsatz.

# Inhalt

- 1 MEDIZINTECHNIK WIRD TEXTIL**  
Vorwort von t+m-Präsidentin Ingeborg Neumann und FKT-Vorsitzendem Franz-Jürgen Kümpers
- 2 Stents geflochten und vitalisiert**
- 4 MEDTEX**  
Der lange Marsch durch die Geschichte
- 5 Native Strukturen in Entwicklung**
- 6 TRANSFER GELUNGEN**  
Weltpremiere für „tipstim®“
- 8 DREI HAUPTKATEGORIEN**  
Vom Pflaster bis zum Vitalparameter
- 9 BARRIEREWIRKUNG**  
Testkeime schneller nachweisbar
- 10 TEXTILTREND MEDIZIN**  
Vier Textilinstitute mit eigenem Forschungsschwerpunkt
- 17 Interview:** Alterspyramide als Herausforderung
- 18 Langzeitfolgen einer Diplomarbeit:**  
Medizintextilpionier Prof. Dr. Heinrich Planck
- 20 Die Macher (1):** Starke Nerven  
Prof. Dr. Michael Doser, ITV
- 21 Institut für Textil- und Verfahrenstechnik der DITF Denkendorf:**  
Zum Patientenwohl seit 41 Jahren
- 22 Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen:**  
Drei große medizintextile Herausforderungen
- 23 Die Macher (2):** Ein Brückenbauer  
Prof. Dr. Stefan Jockenhövel, ITA
- 24 I WIE IMPLANTATE**  
Erste textile Herzklappe in Sicht
- 28 Textiler Alltag im OP-Saal**
- 30 Die Macher (3):** Der Ideengeber  
Prof. Dr. Dirk Höfer, Hohenstein Institut für Textilinnovation
- 31 Hohenstein Institute, Bönningheim:**  
Forschen für den demografischen Wandel
- 32 GEBÄRMUTTER AUS TEXTIL**  
Assistenz für Frühchen ausgezeichnet
- 33 SPEZIALLÖSUNGEN**  
Medizin fordert Maschinenhersteller
- 34 K WIE KNORPEL & KNOCHEN**  
Biologisch reine Chitosanfilamente
- 37 HEILSAME ZWERGE**  
Mit Nanomaterialien zu neuen Therapieansätzen
- 38 Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden:**  
Neue Techniken für innovative Biomaterialien
- 39 Die Macher (4):** Ein Knochenjob  
Dr. Dilbar Aibibu, ITM
- 40 SCHWERE GEBURT**  
Zulassung von Medizinprodukten
- 42 H WIE HAUT**  
Verbesserung der Wundversorgung
- 46 EXPERIMENTELL**  
Faserbasierte Komponenten aus Sicht der Medizinforscher
- 48 KAMPF DEM KEIM**  
Textile Beschichtungen mit Resistenzfaktoren
- 50 M WIE MONITORING**  
Körpersignale mit Fasern erfassen
- 52 T WIE THERAPIEHILFEN**  
Nervenstimulation und Schmerzlinderung
- 54 JUNGES BLUT**  
Mit Nachwuchswissenschaftlern im Gespräch
- 56 Interview:** Die Muskeln spielen lassen





Medizintextilien aus den Anfängen: Hansaplast-Werbung von 1932 und 1959

# MedTex

## Der lange Marsch durch die Geschichte

Die Anfänge des Wegs zu heutigen MedTex-Highlights liegen im Dunkel der Geschichte. Gewiss wurden schon in Urzeiten Wunden mit faserigen Materialien versorgt. Schriftliche Überlieferungen zu Therapien etwa mit in Öl oder Honig getränkten Leinentüchern finden sich jedoch erst auf 4.000 Jahre alten Papyri. Um 600 v. Ch. gelangte das umfangreiche Medizinwissen der Ägypter nach Griechenland. Als Folge nutzte man dort schon früh chirurgische Fäden aus Leinen, Wolle oder Seide. Bei Hippokrates finden sich Anleitungen zur Verwendung von Kompressen aus Scharpie – gezupften, leider aber selbst nach Auskochen nie keimfreien Leinenresten.

Ein Glücksfall, dass mittelalterliche arabische Forscher und Ärzte dieses Wissen bewahrten und fortentwickelten, etwa Scharpie durch Baumwolle ersetzten. Erst ab dem

13. Jahrhundert setzte über Byzanz und Konstantinopel allmählich wieder ein Know-how-Transfer nach Europa ein. Nach einer langen Phase kleiner Schritte sah das späte 19. Jahrhundert eine Reihe medizintextiler Durchbrüche: Ein Tübinger Chirurg entfettete 1870 Baumwolle; so wurde sie saugfähig. Im Jahr darauf lief die Wundwatteproduktion an. Mit der Lister'schen Carbolgaze gab es 1874 einen ersten keimabtötenden Wundverband. Chirurgen trugen nun bei der Arbeit statt schmutziger OP-Röcke Schutzbekleidung aus grober Baumwolle. 1882 erhielt Beiersdorf das Patent für selbstklebende Heilpflaster; seit 1922 ist „Hansaplast“ auf dem Markt.

Weitere Meilensteine bildeten die Entdeckung von Polyester als Basis für textile Gefäßprothesen in den 1950ern, die Ablösung von Baumwolle durch Vliesstoffe mit Keim- und Flüssigkeitsbarrieren in den 70er-Jahren und die Einführung von Verbänden aus Algenfasern mit hohem Sekretaufnahmepotenzial 1990.



### **Native Strukturen in Entwicklung**

*Textile Implantate wie solche Herniennetze zur operativen Versorgung von Leistenbrüchen müssen sich an den nativen Strukturen des Körpers orientieren. Die gewünschten morphologischen oder mechanischen Eigenschaften können durch verschiedene „Stellschrauben“ beeinflusst werden: verwendete Materialien (hier Fasern aus PVDF-Kunststoff), Herstellungsverfahren und -parameter. Neben der Festigkeit sind die elastischen Eigenschaften textiler Implantate für viele Anwendungen von zentraler Bedeutung. Bei Herniennetzen, die zur Verstärkung der Bauchwand eingesetzt werden, hat die Elastizität des Materials direkten Einfluss auf das Fremdkörpergefühl und damit auf den Patientenkomfort. Ähnlich verhält es sich bei Gefäßprothesen.*



# Transfer gelungen

Weltpremiere für „tipstim®“

» Wer medizintextile Forschungen und nachfolgende Produktentwicklung betreibt, muss offensichtlich einen langen Atem haben. Ein Beispiel für einen solchen Entwicklungsmarathon über 13 Jahre hinweg ist „tipstim®“. Die handschuhartige Therapiehilfe für Schlaganfallpatienten hatte 2014 Weltpremiere.

Die Innovation aus Dorsten könnte aufgrund der Schädigungsmuster bei jedem dritten der jährlich 270.000 neuen Schlaganfallpatienten allein in Deutschland Anwendung finden. Der Patient selbst kann den Sensorik-Handschuh überziehen, mit dem Impulsgeber verbinden und dann das Gerät starten. Durch eine sensible Stimulation der Fingerspitzen werden direkt in den zugeordneten Gehirnarealen, die für die Hand zuständig sind, plastische Prozesse ausgelöst.

## Langjähriger Forschungsvorlauf aus Bochum und Greiz

Mit dieser Therapieform, die langwierige Trainingsprozesse erspart, werden neue, effiziente, kostengünstige und für den Patienten angenehme Wege für die neurorehabilitative Therapie zur Verbesserung sensomotorischer Defizite eröffnet. Der mit tipstim® mögliche Therapieansatz ist neu und betrifft sowohl die Applikation über einen Handschuh als auch Therapieform und Wirkungsweise. Sie beruhen auf langjährigen Forschungen des Neural Plasticity Lab am Institut für Neuroinformatik der Ruhr-Universität Bochum.

Der Prototyp des Smart Textiles-Handschuhs war 2008 im Ergebnis des vom Bundeswirtschaftsministeriums geförderten Projekts „Textile aktuatorische Elektroden auf der Basis von leitfähigen Garnen zur gezielten Stimulation einzelner Muskeln bzw. Muskelgruppen“ im Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland in Greiz entwickelt worden. Auftraggeber dafür waren das Bochumer Institut und die Haynl-Elektronik GmbH. 2010 – nach insgesamt neun Jahren Vorlauf- und anwendungsnaher Forschung, die 2001 mit der Schaffung von sensorisch textiler Fasern begonnen hatte – konnten die Entwickler mit dem Innovationspreis des Gesamtverbandes textil+mode in der Kategorie „Technische Textilien“ erste öffentliche Erfolge feiern.

## Klinische Studien äußerst aufwändig

In dieser Zeit übernahm die BOSANA Medizintechnik GmbH unter Geschäftsführer Oliver Bona den Staffelstab. Rückblickend nennt er die vorklinischen Tests und die klinische Studie mit drei bis vier Jahren „für einen Mittelständler extrem zeit- und kostenintensiv“. Eine der weiteren Herausforderungen sei die Rekrutierung von zwei Patientengruppen mit identischem Beeinträchtigungsgrad gewesen. Parallel dazu habe auch die Weiterentwicklung des Stimulationshandschuhs (tipstim® glove) deutlich mehr Zeit als geplant in Anspruch genommen.

Die einfache wie schmerzfreie Stimulation wird online unter [www.tipstim.de](http://www.tipstim.de) vorgestellt. Das erstmals auf der Fachmesse „medica 2014“ gezeigte Gerät habe zu einem „guten“ internationalen Echo mit „konkreten Distributionsanfragen von gut informierten Händlern“ geführt, bilanziert Bona den Markteinstieg.



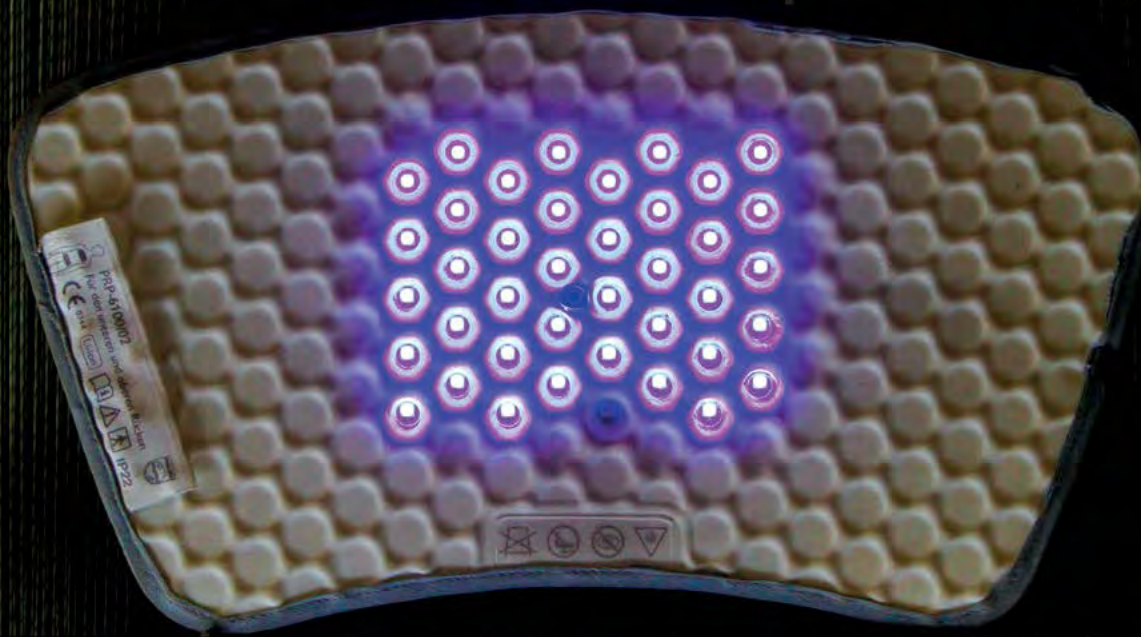


„Über zweieinhalb Jahre hat es bis zur finalen, marktfähigen Version gedauert.“

*Oliver Bona, Geschäftsführer  
BOSANA Medizintechnik GmbH*

*Lange Vorlauforschung, anspruchsvolle klinische Tests, rasche industrielle Umsetzung: Der tipstim®-Therapiehandschuh für Schlaganfallpatienten (Prototyp rechts unten, Serienprodukt oben) ist eine neuartige Rehabilitationshilfe auf Hightech-Niveau*





*E-Textilien erobern den Therapiemarkt: Flexible Rückenauflage mit blauem LED-Licht zur Schmerzlinderung*

# Drei Hauptkategorien

Vom Pflaster bis zum Vitalparameter

» Eine generelle und übliche Kategorisierung von textilen Medizinprodukten gibt es nicht, doch eine grobe Dreieinteilung ist möglich und könnte wie folgt aussehen: In der altersgerechten Variante für Kinder zeigen Pflaster Motive wie Fußbälle, quietschbunte Tiere oder Figuren aus dem Disney-Universum von Arielle, der Meerjungfrau, bis zu Micky Maus. Doch der so genannte Wundschnellverband selbst gehört mit seinen über 130 Jahren schon zu den klassischen Medizintextilien, zu denen auch bewährte Klassiker wie Patienten- und Dienstbekleidung des medizinischen Personals, OP-Textilien, Gipsverbände und Kompressionsstrümpfe zählen.

Erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts kam mit dem Hightech-Bereich die zweite Kategorie auf, deren Entwicklungsergebnisse mittlerweile in Form von Medizinprodukten in OP-Sälen weltweit im Einsatz sind. Hierunter fallen vor allem textile Implantate, Stents, Netze und Gefäßprothesen sowie deren Funktionalisierung durch gezielte Wirkstofffreigabe (Drug Delivery) im Inneren des Patienten.

Die dritte Kategorie ist größtenteils noch Zukunftsmusik, in den letzten Jahren aber immer stärker in den Fokus medizintextiler Forschung gerückt. Sie lässt sich unter den Schlagworten Telemedizin, Monitoring, Smart Textiles und Ambient Living Systems fassen. In ihr spielen die patientennahe Überwachung der Körperfunktionen und Vitalparameter durch Sensorik in Bekleidung, Heim- und Haustextilien eine Rolle, um für größtmöglichen Patientenkomfort bei höchstmöglicher -sicherheit zu sorgen.

Eine der jüngsten Entwicklungen betrifft einen Sensoranzug, mit dem im Beruf, beim Sport oder auch nach Operationen körperliche Aktivitäten erfasst und kanalisiert werden. Im Bein-, Arm- und Rückenbereich sind jeweils Lagesensoren eingelassen. Sie überwachen die Körperhaltung des Betroffenen und warnen akustisch oder per Vibration vor falschen Bewegungen.



# Barrierewirkung

Testkeime schneller nachweisbar

» Drei Viertel aller erfolgreich Operierten starben im Mittelalter an nachfolgenden Infektionen. Heute sind Patienten dank hoher Hygiene-Standards vor solchen Gefahren weitgehend geschützt. Dazu trägt bei, dass Hersteller und Wiederaufbereiter von OP-Mänteln, -Abdecktüchern oder Rein-Luft-Kleidung eine durch Normen definierte Barrierewirkung ihrer Produkte gegen Keime nachweisen müssen. In spezialisierten Prüflabors wird dazu gemessen, in welchem Umfang Bazillus-Sporen auf Trägermaterial, das menschlichen Hautschuppen ähnlich ist, den textilen Schutz zu durchdringen vermögen. So sinnvoll diese Tests, so aufwändig sind sie zugleich: Die Menge penetrierter Sporen kann erst nach 24 Stunden Inkubationszeit erfasst werden, finale Aussagen liegen nach zwei Tagen vor. Alternative Vorgehensweisen sind zwar zulässig, aber nicht verfügbar.

Bislang. Denn nun stellen Wissenschaftler des wfk-Cleaning Technology Institute aus Krefeld ein neues Schnellverfahren vor, das Ergebnisse gemäß den entsprechenden ISO-Vorgaben liefert – jedoch innerhalb von zwei Stunden. Dank Fördermitteln aus dem BMWi-Programm Industrielle Gemeinschaftsforschung war es den Krefeldern und ihren Praxispartnern gelungen, die schwer handhabbaren Testkeime durch kristalline Mikropartikel ähnlicher Größe mit enzymatischen Eigenschaften, so genannte „glass-beads“, zu ersetzen. Deren Besonderheit: Auf chemischem Wege kann man sie zum Leuchten bringen und mit Filmmaterial oder Spezialkameras so die Menge durch das Textil gedrungener Kleinstpartikel präzise erfassen. Sämtliche Praxistests liefen erfolgreich; das auch innerbetrieblich leicht anwendbare, kostengünstige Verfahren steht nun der gesamten Branche zur Verfügung.



*Ein Schnelltest bringt es an den Tag: Sind OP-Textilien nach ihrer Reinigung auch wirklich keimfrei?*

# Textiltrend Medizin

Vier Textilinstitute mit eigenem Forschungsschwerpunkt

» Nicht nur Patienten sind auf dem Weg in Arztpraxen und Krankenhäuser: Seit einiger Zeit drängen auch immer mehr faserbasierte Hightech-Produkte in Form von Stents, Depotfasern zur gezielten Wirkstoffabgabe oder intelligenten Therapientextilien in diese Richtung. Medizintextilien für die Gesundheitswirtschaft sind im Aufwind und ein weltweiter Wachstumsmarkt. In diesem – zusammen mit Faserverbunden für den Leichtbau jüngsten Bereich der Technischen Textilien – sind die deutsche Forschung und die mittelständischen Hersteller führend.

Wer mit Medizintextilien – das sind Biomaterialien, Implantate, Produkte der

Wundversorgung, Filter für Medizintechnik-Geräte, faserbasierte Therapiehilfen bis hin zu Systemen für das über intelligente Textilien (Smart Textiles) möglich gewordene Gesundheitsmonitoring – weltweit punkten will, muss über eine breite Forschungs- und Produktionsbasis verfügen. Interdisziplinarität im Miteinander der Textilforscher, Mediziner, Pflegespezialisten, Werkstoff- und Maschinenbauexperten ist eine der wesentlichsten Voraussetzungen für Innovationen von der Faser bis zur Beschichtung.

Vier von 16 dem Forschungskuratorium Textil (FKT) angeschlossenen Instituten in Aachen, Bönningheim, Denkendorf und Dresden haben im Verbund mit Medizinern, Biologen und Biotechnologen dafür in jüngster Zeit eigene Forschungsbereiche aufge-

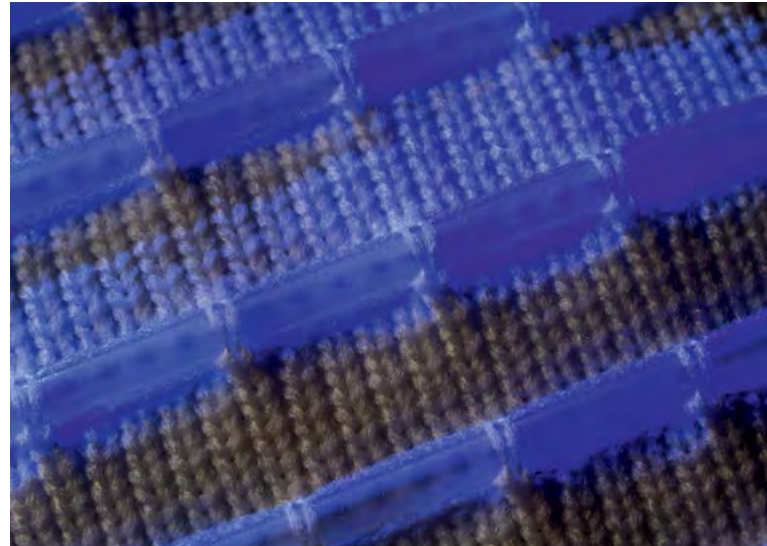


*Im Fokus der Mediziner: Textilien mit Hightech-Charakter halten Einzug in den OP*





*Spinnfäden für Humanimplantate: textile Herzklappe aus dem ITV Denkendorf*



*Tragbares textilbasiertes Kühlsystem: Innovation senkt Gehirntemperatur von Schlaganfallpatienten ab und hemmt damit das Absterben von Gehirnzellen*

baut. In Denkendorf, dem größten europäischen Textilforschungsstandort, wurde bereits in den 70er-Jahren der Grundstein für diese Forschungsrichtung gelegt. Mindestens sieben weitere Einrichtungen in Chemnitz, Greiz, Krefeld, Mönchengladbach, Rudolstadt und nochmals Aachen und Denkendorf stellen ihre Spezialkompetenzen u. a. in Sachen Textilchemie oder -veredlung, Garnherstellung oder Vliesstoffe im Vorfeld der Produktentwicklung auch für Medizin und Gesundheitswirtschaft zur Verfügung.

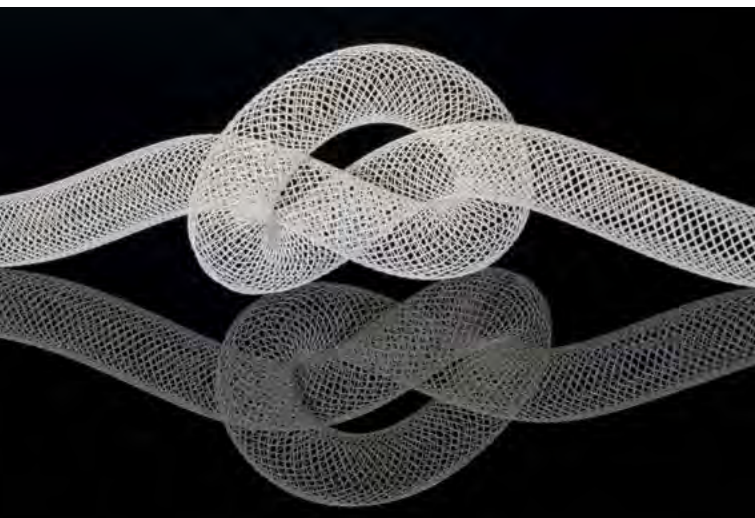
#### **LATEST NEWS 1: FORSCHUNGSSALLIANZ FÜR MIKROBIELLE BIOPOLYMERE**

*Stuttgart: In Baden-Württemberg wurde eine neue Forschungsk Kooperation zur biotechnologischen Produktion und Modifikation von Spezial-Alginaten gegründet. Von Seiten der Textilforschung beteiligt: die Hohenstein Institute aus Bönningheim. Die Biopolymere sollen als hochwertige Medizinprodukt-Matrices und in der innovativen Textilindustrie zum Einsatz kommen.*

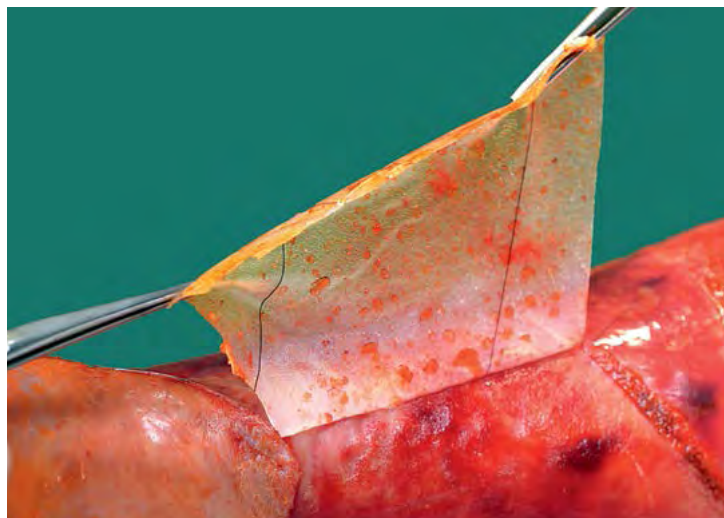
#### **In Material und Anwendungsbreite besonders vielfältig**

Moderne Medizintextilien unterstützen durch Integration von Mikrosensoren und elektrisch leitfähigen Polymeren in Bekleidung zum Beispiel die Überwachung der Vitalparameter von Patienten und Pflegebedürftigen. Auch im Operationsalltag finden immer häufiger textile Implantate Verwendung: Stents, Herniennetze, Gefäßprothesen. Künstlicher Hornhaut- und Hautersatz gehört ebenso zu den textilbasierten Innovationen wie neuartige Zellträger und Formgeber für die Regeneration von Geweben und Organen (Herzklappen, Ohrmuscheln).

Ebenfalls im Fokus der medizintextilen Forschung: die innovative Wundbehandlung durch Verbände, die aus Hohlfasern bestehen und so als Depot zur gezielten Medikamenten- und Wirkstoffabgabe direkt in die Wunde hinein dienen. Ganz wesentlich sind für den vermehrten Einsatz von Textilinnovationen in



*Hergestellt in Denkendorf: Stent, noch unkonfektioniert*



*Innovatives Wundmaterial: chronische Wunden im Mittelpunkt*

der Humanmedizin die mechanischen Eigenschaften der flexiblen Materialien. Sie lassen sich besonders gut an die Fasern im menschlichen Körper wie Muskeln, Nerven oder Kollagen anpassen. Innovative Werkstoffe zielen als Hautersatz für die Behandlung schwerer Verbrennungen (ITV Denkendorf), partikelarme Bauchtücher (TITV Greiz) oder polymerbasierte Stents mit Gedächtniseffekt (ITA Aachen) auf die Bereiche Medizintechnik, Biotechnologie, Pharmakologie und Pflegedienstleistungen ab.

Weil bei zahlreichen Forschungsergebnissen auf dem Weg zum Produkt geraume Zeit für klinische Tests und medizinische Zulassungen eingeplant und Haftungsrisiken ausgeschlossen werden müssen, dauert der Wissenschaftstransfer zu den überwiegend mittelständischen Herstellern mit oft zehn und mehr Jahren in der Regel noch viel zu lange. Dennoch: Dank vorwettbewerblicher Förderung vor allem durch die beiden Bundesministerien für Wirtschaft und Energie sowie Bildung und Forschung kommt jährlich rund ein Dutzend textilbasierte Gesundheitsinnovationen dazu.

„Zu der hohen Innovationskraft tragen auch die 16 deutschen Textilforschungsinstitute maßgeblich bei, die als Innovationsnetzwerk seit mehr als 60 Jahren eng mit der noch sehr mittelständisch strukturierten Branche verzahnt sind.“

*Commerzbank-Branchenbericht Technische Textilien, 2015*



## LATEST NEWS 2: FASERBASIERTE INNOVATIONEN AUS DER MEDIZINTECHNIK

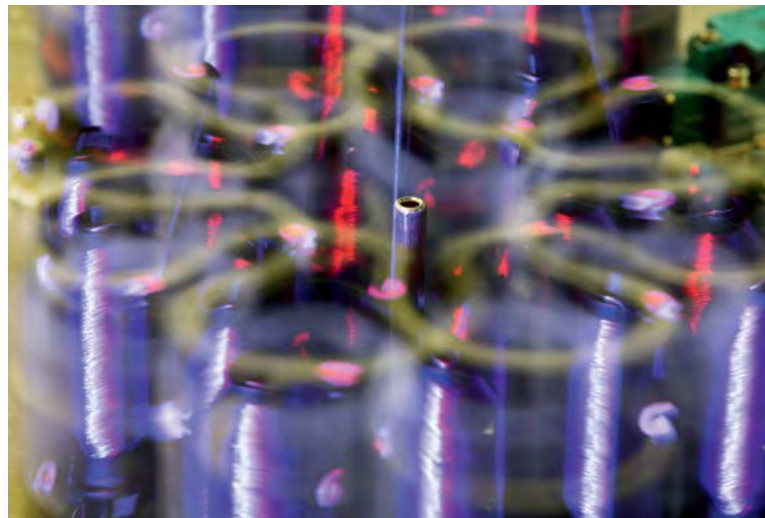
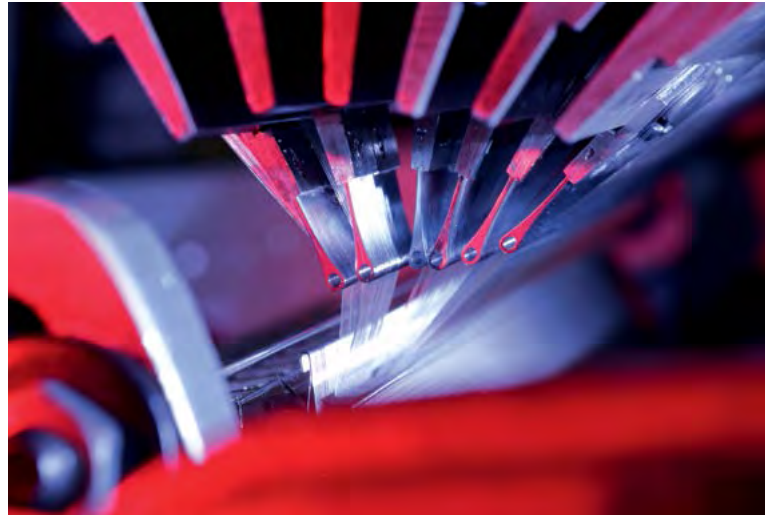
Frankfurt am Main: Bei der Regeneration von Organen, Geweben und Knochen sind die Textilforschung und die Hersteller von Spezialfasern bzw. von textilbasierten Vorprodukten aktiv beteiligt. Gesundheitsschutz als wirtschaftlicher Megatrend, zu sehen auf der Tectextil 2015, öffnet dem High-tech-Werkstoff Textil und dessen Verwendung in Medizin und Gesundheit Tür und Tor.

### Marktvolumen 13 Prozent

Deutschland ist bei Technischen Textilien technologisch weltweit führend; aktuell werden 67 Prozent der Produktion exportiert. Das Segment macht mittlerweile über die Hälfte des Branchenumsatzes der Textil- und Bekleidungsindustrie aus. Seit Mitte der 90er-Jahre ist die Produktion Technischer Textilien, die sich mit Blick auf Pkw- und Flugzeugleichtbau oder auch die Bauwirtschaft als Innovations- und Wachstumstreiber verstehen, in den rund 600 Unternehmen um 40 Prozent angestiegen. In einem Branchenbericht 2011 wird dieser Aspekt von DB-Research auch für die Medizintechnik bestätigt:

„In der Medizintechnik reicht das Einsatzgebiet Technischer Textilien von antimikrobiellen OP-Textilien über Wundverbände, die nicht mehr gewechselt werden müssen und den Heilungsprozess bei bestimmten Verletzungen beschleunigen können, resorbierbare Garne zum Vernähen innerer Wunden bis hin zu künstlichen Implantaten auf textiler Basis (z. B. Gefäßstützen für Blutgefäße oder Netze zur Behandlung von Leistenbrüchen). Bekleidung auf Basis antimikrobieller Textilien kann auch zur Linderung von Neurodermitis verwendet werden.“

Unter den Technischen Textilien sind Medizintextilien die Shootingstars – allerdings im Vergleich zu Hygienetextilien (Windeln, Wischtücher, Tampons oder Papiertaschentücher) als Volumenmarkt beileibe kein Tonnengeschäft. Mit breit gefächerten



*Bewährte Textiltechnologien geben die Grundlage für neue Medizinprodukte: Wirken, Flechten, aber auch Sticken, Stricken und Weben*

Einsatzfeldern sowohl für den ambulanten als auch stationären Bereich bzw. der Homecare-Versorgung decken diese Einsatzmaterialien mit 13 Prozent rund ein Achtel des Marktvolumens Technischer Textilien ab.

## Humanverträglich: allerhöchste Anforderungen

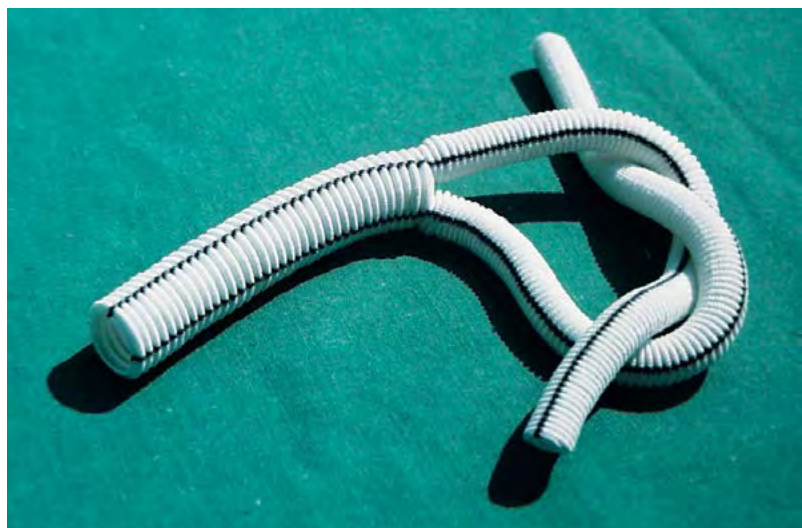
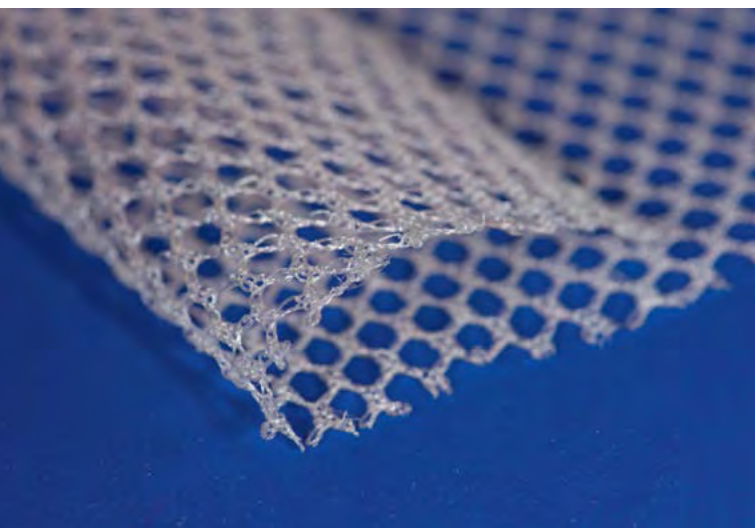
Die allgemeinen und spezifischen Anforderungen an Medizintextilien sind hoch: Biokompatibilität bzw. Körperverträglichkeit und Nicht-Toxizität sind dabei die allgemeinsten Voraussetzungen. Folglich müssen alle zum Einsatz kommenden Textilien allergiefrei sein, dürfen keine Fremdkörperreaktionen verursachen bzw. weder das Zellwachstum noch die Bluteigenschaften unerwünscht beeinflussen. Je nach Zweck sind Biomaterialien resorbierbar, bauen sich also im Körper von selbst wieder ab, oder beständig, also nicht-resorbierbar. Gewünscht wird die Resorbierbarkeit von Polymeren u. a. bei Nahtmaterial, Drug-und-Delivery-Materialien bzw. bei tissue-engineerten Implantaten.

Für nicht-resorbierbare Anwendungen bei Implantaten kommen generell vier Materialklassen zum Einsatz: Metalle (z. B. in Form von feinsten Drähten aus Edelstahl oder Titanlegierungen u. a. für Stents), Keramiken, Polymere (für Nahtmaterial, Herniennetze oder Gefäßersatz) und Faserverbundwerkstoffe u. a. für Hüftprothesen.

## Vielfältigkeit und Wachstum

Die Zukunftsaussichten für antimikrobielle Textilien, funktionalisierte bzw. neue Textilmaterialien für die Wundversorgung, den Textileinsatz bei der Züchtung von Haut- und Knorpelzellen aus patienteneigenem Material und die E-Health-Trends inklusive Telemedizin und -monitoring sind mehr als gut. Treiber dafür sind zum einen neue Forschungen und Fertigungstechnologien zum Beispiel zur Textilfunktionalisierung (antimikrobielle Oberflächen oder auch elektrisch leitende Fäden) sowie auf der anderen Seite innovative medizintechnische Anwendungen, die wie bei der Gesundheitsüberwachung von Patienten, Autofahrern oder Feuerwehrleuten diese neuen Möglichkeiten in und auf der Faser nutzen. Deshalb werden für das Themenfeld jährliche Zuwächse zwischen fünf und zehn Prozent prognostiziert. Wachstumsimpulse sind auch von individualisierten Medizintextilien für behinderte Menschen bzw. für Menschen, die keine Konfektion von der Stange tragen können, zu erwarten.

Der bereits erwähnte Commerzbank-Bericht, der den weltweiten Medizintextil-Anteil bei Technischen Textilien bei sieben Prozent sieht, nennt mit dem Ausbau der Gesundheitsversorgung in Schwellenländern, der demografischen Entwicklung sowie den



*Eben noch Faser, jetzt Implantat: Herniennetze und künstliche Blutgefäße sind längst schon klinische Standards*



8 **AKTIV** 9. MAI 2013

**Schwerpunkt: Medizin-Textilien**

# Krabbengarn stützt Kniegelenk

**Mit intelligenten Pflastern aus „Chitosan“ repariert sich der Körper bald selbst**

**Passende Implantate**  
**Interview: Woran Forscher und Betriebe arbeiten**

**Fasern weisen den Weg**  
**Nervenleitschiene könnte in Zukunft Querschnittsgelähmten helfen**

**Manschette lindert Schmerzen**  
**Beim Karpataltunnel-Syndrom entspannt blaues Licht die Handmuskeln**

**AKTIV**

zunehmenden Möglichkeiten der Nano-, Bio- und Oberflächentechnologie globale Wachstumstreiber. Das Resümee der Experten: Bei den Technischen Textilien hätten in den nächsten zehn Jahren die Anwendungsbereiche Buildtech, Geotech, Mobiltech und Medtech die größten Wachstumschancen.

## Verlässliche BMWi-Förderung für MedTex-Projekte

Textile Hochleistungswerkstoffe, interdisziplinäres Teamworking und ein langer Atem für klinische Tests, Zertifizierungen und Zulassung sind gefragt, wenn es über Krankenhauswäsche, OP-Abdeckungen und Ärztebekleidung hinaus um die wohl anspruchsvollsten Herausforderungen bei den Medizintextilien geht: textile Implantate für die Regenerationsmedizin. Dazu zählen chirurgische Netze, um beispielsweise Gefäße, Bioprothesen und Organe zu stützen, aber auch Blutgefäß- und Luftröhrenprothesen (Stents) bzw. Ersatzhaut und Fett-Ersatzgewebe sowie Bänder- und Sehnenprothesen. Die jährlich vom Forschungskuratorium Textil (FKT) herausgegebenen Forschungsberichte listen entsprechende Forschungsthemen – zum Teil über das Programm Industrielle Gemeinschaftsforschung finanziert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie – auf. Die Vielfältigkeit der Themen verblüfft, wie der Bericht von 2013 zeigt:

- Entwicklung und Bildgebung patientenoptimierter Implantate
- Integrierbarer faserbasierter Hydrogel-Sensor zur Überwachung des pH-Werts in Wunden
- Entwicklung eines innovativen, hochelastischen Netzimplantats für die Hernienchirurgie
- Textile Chitosan-Hybrid-Trägerstrukturen für die Hartgeweberegeneration
- Kleinlumige Blutgefäße auf Basis neuartiger resorbierbarer Biomaterialien für das Tissue Engineering
- Nano-funktionalisierte Implantate für den Regenerationsprozess von Nervenleitschienen
- Schnelltest zur Bestimmung der Keimpenetration von OP-Textilien

Fasern als Grundbaustein des Lebens sind mit Blick auf Medizin und Gesundheitswirtschaft ein zunehmend gewichtiger Schwerpunkt der Textilforschung und haben für Patienten, kranke und alte Menschen ungeahnte Potenziale. Schwerpunkte der Institute u. a. sind:

**ITA Aachen:** Das Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen (ITA) beschäftigt sich zunehmend mit textilen Implantaten. Dabei werden hochporöse textile Strukturen als eine Art Gerüst zur Züchtung körpereigener Gefäßprothesen aus patienteneigenen Zellen geschaffen. Zum Strategiethema „Tissue Engineering & Textile Implants“ hat Prof. Dr. Stefan Jockenhövel seit Frühjahr 2011 eine Universitätsprofessur inne. Als so genannter Brückenprofessor wird er zu gleichen Teilen vom ITA und vom Institut für Angewandte Medizintechnik (AME) des Helmholtz-Instituts für Biomedizinische Technik (ebenfalls Aachen) beauftragt. Ziel ist es, neue Impulse im Bereich Gewebezüchtung und textile Implantate auszulösen.



Das FKT setzte bereits 2012 mit Medizintextilien einen öffentlichen Schwerpunkt: Fachpressekonferenz in Berlin, danach Parlamentarischer Abend mit Bundestagsabgeordneten

**ITV Denkendorf:** Der von Prof. Dr. Michael Doser geleitete Forschungsbereich Medizintechnik im Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV) legt den Fokus auf polymere Biomaterialien, Implantate und Regenerationsmedizin. Zugehörig zum Geschäftsfeld „Innovative und intelligente Produkte“ werden Produktentwicklungen in enger Zusammenarbeit mit deutschen und internationalen Unternehmen vorangetrieben. Die dem ITV angeschlossene ITV Denkendorf Produktservice GmbH nimmt Forschungsimpulse auf und bearbeitet anwendungsorientierte Entwicklungs- und Produktionsthemen mit den Schwerpunkten Herstellung von Medizinprodukten für die Industrie.

**ITM Dresden:** Die interdisziplinäre Arbeitsgruppe Bio- und Medizintextilien am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden wird von Dr. Dilbar Aibibu geleitet. Hier werden im Bereich Tissue Engineering auf der Basis unterschiedlicher Textiltechnologien resorbierbare und nicht-resorbierbare Trägermaterialien (Scaffolds) entwickelt. Für neue textile Medi-

zinprodukte werden die Grundlagen zur Entwicklung von Flächengebilden für OP-Textilien mit optimierter Barrierewirkung gegenüber Partikeln, Mikroorganismen und Flüssigkeiten geschaffen. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Evaluierung der Gebrauchseigenschaften textiler Medizinprodukte unter Praxisbedingungen.

**Hohenstein Institute, Bönnigheim:** Der aktuelle Trend in der Implantologie geht in Richtung einer „Biologisierung“ der Implantate. Das Forscherteam um Prof. Dr. Dirk Höfer, Direktor des Fachbereichs Hygiene, Umwelt & Medizin, beschäftigt deshalb u. a. die Frage, wie textile Implantate mit patienteneigenen Zellen ergänzt und so effizient in der plastischen Chirurgie eingesetzt werden können. Die Wissenschaftler verwandelten inzwischen biopolymere 3D-Implantate, die mit körpereigenen Stammzellen vitalisiert wurden, in Fettgewebe. Es soll dauerhaft als Weichteilerersatz im Körper von Patienten verbleiben, ohne dass Abstoßungs- oder Entzündungsreaktionen auftreten.



**IDEENERNTE AUS DER ZUKUNFT**  
*Ebenfalls große Wachstumschancen in Sachen Medizintextilien hatte das 2012 nach anderthalbjähriger Workshoparbeit abgeschlossene FKT-Zeitreisenprojekt „Perspektiven 2025“ prognostiziert. In diesem Prozess wurden mit Unterstützung des Zukunftslotsen Thomas Strobel allein für dieses Themenfeld 14 textilnahe Ideen mit zum Teil zeitnahe und kräftigem Marktpotenzial gefunden, diskutiert und bewertet. Darunter: Garne mit bioaktiven Überzügen, sensorische Funktionstextilien zur Steuerung bzw. Stabilisierung des Wohlbefindens u. a. von älteren Menschen, Bekleidung mit Fallschutz oder Medikamentenversorgung für ältere und kranke Menschen, Manschetten und Bandagen mit einstellbarem Bewegungswiderstand, Gewebestrukturen für Tissue Engineering als Grundlage für die Züchtung künstlicher Organe und menschlicher „Ersatzteile“.*





Geschäftsführer des Forschungskuratoriums Textil:  
Dr. Klaus Jansen

## Interview:

### Alterspyramide als Herausforderung

» Was hat die Generation Ü70 mit Textilforschung zu tun? Als stark anwachsende Zielgruppe zunehmend mehr, weil die Überalterung der Gesellschaft in Mitteleuropa zum vielgestaltigen Markt für Lebensunterstützung auch durch textilbasierte Innovationen wird. Fragen an FKT-Geschäftsführer Dr. Klaus Jansen, Auftraggeber des Zeitreisenprojekts der Textilforschung „Perspektiven 2025“:

#### **In diesem Strategiepapier spielen die Gesunderhaltung und textilnahe Ideen speziell für Menschen im letzten Lebensdrittel eine wichtige Rolle?**

Tatsächlich unterstützen die Hightextil-Welten von morgen und übermorgen gerade ältere Menschen im Bestreben, den Lebensabend möglichst in den eigenen vier Wänden zu verbringen. Im Bereich Homecare werden Smart Textiles-Anwendungen, die jetzt erst so langsam zur Marktreife gelangen, zum Standard der telemedizinischen Gesundheitsüberwachung. Sensor-Shirts, -Bänder oder -Strümpfe und telemedizinische Applikationen sorgen dafür, dass momentane Gesundheitsdaten bis hin zum Notfallsignal an Ärzte, Kliniken oder Einsatzkräfte geschickt werden.

#### **Höhere Lebenserwartung, mehr Krankheiten samt Therapie und Pflege. Wie kann die Textilforschung zu Lösungen beitragen?**

Wir haben in den „Perspektiven“ dazu einige Aufgaben umrissen. Schlagworte dafür sind u. a.: gesund altern, Mobilität erhalten, Keime abtöten, Medikationen optimieren, Therapie verbessern, Assistenz geben, Gewebe und Organe regenerieren.

#### **Wie kann man sich künftige Textilprodukte für Menschen in hohem Alter vorstellen?**

Textilien für Monitoring und Therapie werden über intelligente textile Elektronik mit Minichips, Sensoren oder Leuchtelementen als Bestandteil von Bekleidung, Fußbodenbelag oder Wandelementen verfügen. Geht es darum, Keime abzutöten, kommen textilbasierte antimikrobielle Oberflächen ebenso ins Spiel wie bei therapeutischen Textilien Hohlfasern mit Drug Delivery (Medikamentenabgabe)-Funktion, die über die Haut oder direkt in die Wunde hinein kontrolliert pharmazeutische Wirkstoffe abgeben.

#### **Die für diese Altersgruppe erstaunlichsten textilen Horizonte ...**

... bestehen in der Vorstellung, dass es neben künstlichen Gelenken auch künstliche textile Muskeln, Bänder und Sehnen ebenso geben wird wie textile Haut, faserbasierte Knochen oder entsprechendes Knorpelmaterial. Die mitwachsende textile Herzklappe, an der heute schon in Aachen gearbeitet wird, wäre dann die Krone dieser Bemühungen. Auch Exo-Skelette, die es alten Menschen beispielsweise ermöglichen sollen, wieder kraftvoll zu heben, stehen auf der Agenda der Textilforschung.

#### **Was heißt das für den gegenwärtigen Forschungsbedarf in den Instituten?**

Bei einem Zeithorizont von oft gut zehn und sogar mehr Jahren zwischen Idee und marktreifem Medizinprodukt werden mit gegenwärtig beantragten Projekten im Rahmen der vom BMWi geförderten Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) bereits einige dieser Anwendungshorizonte anvisiert. Medizintextile Ideen von heute sind die Produkte von morgen und übermorgen.

# Langzeitfolgen einer Diplomarbeit

*Prof. Dr. Heinrich Planck: Student, Institutschef und Unternehmer 65+*

» Als Student will man die (Fach)welt verändern. Auf 500.000 gelingt das vielleicht einem. Die Steine, die der in Stuttgart ausgebildete Textiltechnikstudent Heinrich Planck mit seiner Diplomarbeit in den frühen Siebzigern anstieß, rollen noch heute. Seitdem sind Textilforscher zunehmend Partner der Medizin.

Medizintextilien, deren industrielle Geschichte mit dem Wundpflaster anfängt, erhalten durch die Forschung seit 60 Jahren wesentliche Impulse. In den 50er-Jahren des vorigen Jahrhunderts begann die Wissenschaft die Tatsache zu nutzen, dass der Bauplan des Menschen schwerlich ohne Fasern auskommt: Muskeln, Bänder, Blutgefäße, Haut, Organe ... Gewebe halt.

## Bionische Prinzipien auf Textil

Auf erste Experimente, beispielsweise Gefäßprothesen aus Polyester nachzubilden, sattelte Planck, der eigentlich Medizin studieren wollte, mit seiner von Denkendorfer Textilforschern angeregten Abschlussarbeit auf. Was der damals 24-Jährige aus Wachs und Drähten „bastelte“, findet der heute 68-jährige Unternehmer nach längerem Suchen in einer Schublade seines Büros: das Modell eines sich verzweigenden Blutgefäßes. „Sehen Sie hier: Kurz vor der Verzweigung hat die Natur das Gefäß verengt. Der kleine Stau führt in der Gabelung zu höherer Strömungsgeschwindigkeit und sorgt gleichzeitig dafür, dass es an dieser kritischen Stelle zu weniger Ablagerungen kommt.“ Sein revolutionärer Gedanke damals: Wenn sich solche bionischen Prinzipien und

physiologischen Erkenntnisse mit herkömmlichen Textiltechnologien nachbilden ließen ...

## Startschuss fiel 1974

Eine umgerüstete erste Flachstrickmaschine tat dem jungen Forscher den Gefallen. Seitdem gilt das Institut für Textil- und Verfahrenstechnik, an dem Planck als biomedizinischer Verfahrenstechniker ab 1974 den Bereich Biomedizintechnik aufbaute und zwischen 1998 bis 2013 Institutschef war, als Wiege der Textilmedizin. Neuheiten „created in Denkendorf“ aus dem von Planck und später von Michael Doser geführten Bereich Biomedizintechnik damals waren u. a.: ein patentiertes Verfahren zur Herstellung von Mikrofaservliesstoffen für besonders kleinlumigen textilen Gefäßersatz und resorbierbare Implantate, die schon in den 80er-Jahren „biologisiert“, das heißt mit Zellen besiedelt wurden. Zehn Jahre später bündelten Textilforscher, Universitätsmediziner und Mittelständler am Deutschen Zentrum für Biomaterial und Organersatz in Denkendorf ihre Kompetenzen.

## Intelligente Wundversorgung

„Was wir erforscht haben, sollten wir auch technisch umsetzen und die Gewinne daraus wieder in die Forschung zurückfließen lassen“, empfahl der Chef um die Jahrtausendwende. Kurze Zeit später wurde mit zunächst wenig Personal der eigenständige Produktionsbereich ITVP GmbH ausgegründet, der aktuell rund 60 Mitarbeiter hat. Textiler Hautersatz – seit 1996 immer wieder Förderthema am Institut – sollte nahezu anderthalb Jahrzehnte bis zum Durchbruch in der Praxis benötigen. Hergestellt und vertrieben von Plancks heutigem Unternehmen PolyMedics Innovations GmbH, hat das innovative

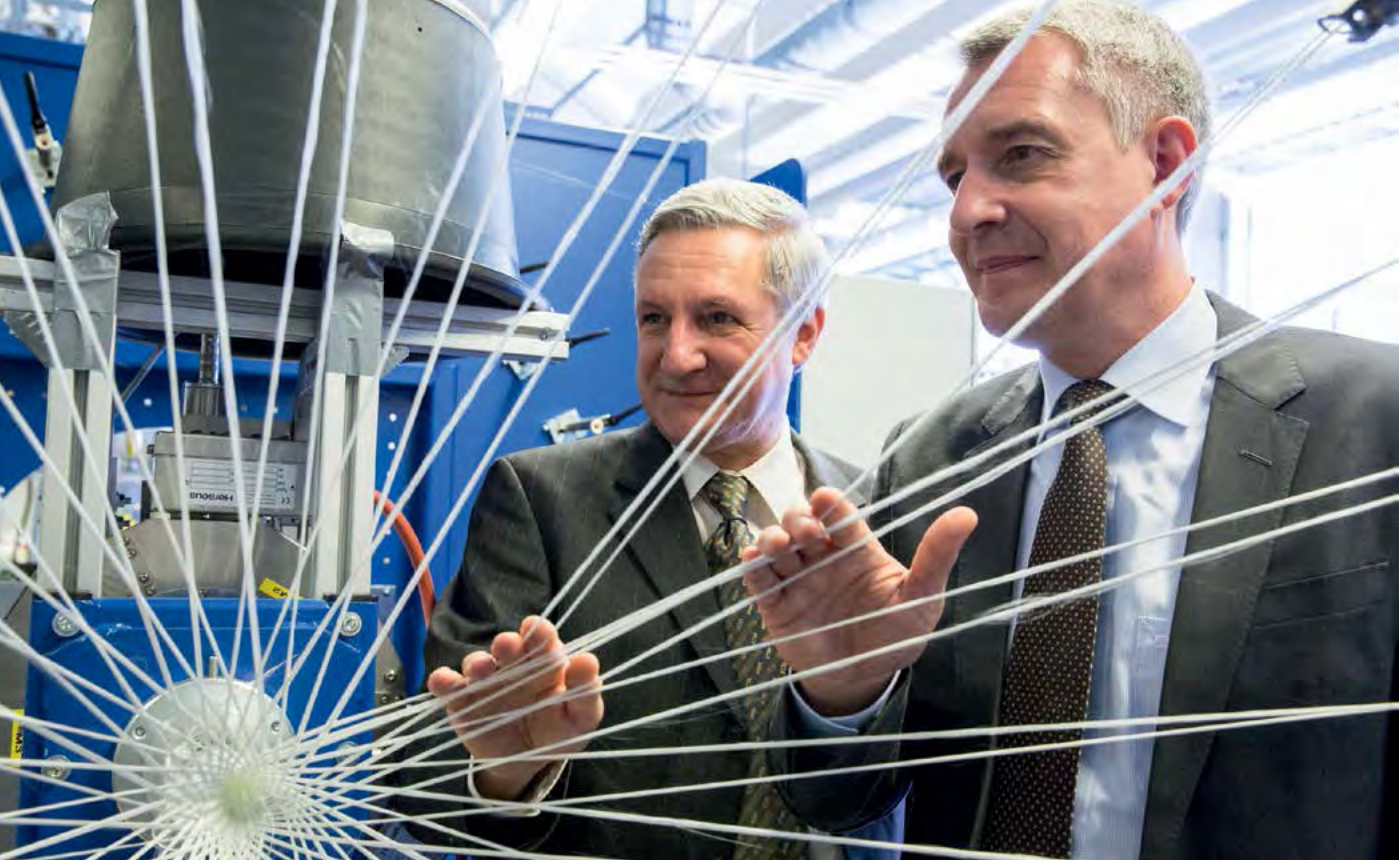






Wundversorgungssystem auf Basis der Regenerationsmedizin schon über 15.000 Brandopfern weltweit binnen weniger Wochen geholfen. Mit dem temporären Hautersatz SUPRATHEL® CW – jeweils briefmarkengroße papierähnliche Polymermembranen, die sich in der Wunde abbauen und heilendes Laktat freisetzen – will Planck jetzt auch die Behandlung chronischer Wunden revolutionieren. „Wir sind damit in 24 Ländern auf fünf Kontinenten im Markt“, zeigt sich Planck zufrieden.

*Weiterhin am roten Faden im Dienste von Medizin und Gesundheit: Prof. Dr. Heinrich Planck, Pionier der medizintextilen Forschungen in Europa und nach seiner Pensionierung Unternehmer in Sachen Hautersatz*



## Die Macher (1) Starke Nerven

*Prof. Dr. Michael Doser, stellv. Institutsleiter ITV und Leiter Entwicklung Biomedizin*

» Was haben Textilien mit Medizin zu tun? Kaum einer könnte diese Frage besser beantworten als Prof. Dr. Michael Doser (links im Bild mit Institutschef Prof. Dr.-Ing. Götz T. Gresser). Doser leitet im ITV die Abteilung „Entwicklung Biomedizin“ und ist somit erster Ansprechpartner in Sachen bioabbaubares Nahtmaterial, resorbierbare Gefäßprothesen und faserbasierte Regeneration von Knorpel- und Nervenschäden.

Bereits in den 90er-Jahren kam er als promovierter Biologe und Jungwissenschaftler an das Institut, wo er unter dem damaligen Leiter der Abteilung für Biomedizintechnik und Pionier der medizintextilen Forschung in Deutschland, Prof. Dr. Heinrich Planck, gleich an der Entwicklung einer biohybriden künstlichen Bauchspeicheldrüse mitwirkte. Mit diesem Startprojekt sollte einer der Grundsteine für das spätere Deutsche Zentrum für Biomaterialien und Organersatz e. V. (BMOZ) gelegt werden. Es wurde von Planck und dem damaligen Leiter der Transplantationsmedizin am Universitätsklinikum Tübingen, Prof. Dr. Horst Dieter Becker, initiiert. Doser war von

Anfang an mit an Bord und testete und entwickelte Biomaterialien, Implantate und Organersatzstrukturen. Das BMOZ, das der heute 59-Jährige als einen „Vorreiter heutiger Kompetenzzentren“ beschreibt, weckte bei ihm das Interesse an der regenerativen Medizin, vor allem im Bereich Wundheilung und Nervenregeneration.

„Abgetrennte Nerven wachsen zwar nach, irren aber oft ziellos umher und sterben dann doch ab“, so Doser, dem es mit seinen Forschern und in Zusammenarbeit mit Partnern gelang, eine – mittlerweile patentierte – biokompatible Nervenleitschiene auf Polymerbasis zu entwickeln. Sie ist so weich wie ein natürlicher Nerv und kann nachweislich zu einer vor allem schnelleren vollständigen Nervenregeneration führen. Langfristig habe die Innovation vielleicht sogar das Potenzial, Querschnittsgelähmten zu helfen.

Prof. Doser, dessen Team aus zehn Mitarbeitern besteht, lehrt im interuniversitären Studiengang „Medizintechnik“ der beiden Universitäten Stuttgart und Tübingen zudem über polymere Biomaterialien und hat nach der Emeritierung Plancks auch die Koordination des Fachs „Biomedizinische Verfahrenstechnik“ im Stuttgarter Masterstudiengang Verfahrenstechnik übernommen.





## Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV) am DITF Denkendorf

Zum Patientenwohl seit 41 Jahren

» Mit 145 Mitarbeitern ist das ITV der größte Player unter dem Dach der Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung (DITF) in Denkendorf. Europas größter Textilforschungsstandort mit knapp 250 Experten ist für seine Pionierarbeit bekannt. Hier starteten vor 41 Jahren die ersten medizintextilen Forschungen. Seither baut das Institut mit rund 300 Mitarbeitern seine Kompetenzen von der Polymerentwicklung bis zum Design und zur Fertigung von Medizinprodukten aus.

### Seit wann laufen medizintextile Forschungen im Institut?

1974

### Einige, bereits in der medizinischen Praxis angekommene Ergebnisse der Forschung und Entwicklung (FuE) sind?

Synthetische, resorbierbare Nähfäden, Netze, Gefäßprothesen, Stents für Luft- und Speiseröhre, Bänder und Membranen für den Hautersatz

### Welche Medizinprodukte/-verfahren gehen demnächst in den Transfer?

Gefäßverschluss, Bandscheibenverschluss, Vitalparameterüberwachung

### Welche Forschungsvorhaben gibt es mittelfristig?

Drug-Delivery-Systeme, gerichtete Geweberegeneration

„Textile Strukturen sind aufgrund ihrer Gestaltungsmöglichkeiten und ihrer mechanischen Eigenschaften die idealen Biomaterialien für Implantation und Regenerationsmedizin. Medizinprodukte, die dem Menschen helfen, sind für uns ein krisenunabhängiger, innovativer Forschungsbereich.“

*Institutsdirektor Prof. Dr.-Ing. Götz T. Gresser*





## Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen

### Drei große medizintextile Herausforderungen

Das ITA mit rund 150 Mitarbeitern kann auf eine über 20-jährige Medizintextil-Geschichte zurückblicken. Forschungen des Instituts unterstützen alle drei großen Fortschrittsdimensionen der Medizintechnik: die Miniaturisierung von Produkten und Therapien mit textilen Lösungen, die Biologisierung von Implantaten in Verbindung mit zellbasierten Verfahren sowie die Therapieunterstützung durch intelligente Textilien.

#### Seit wann laufen medizintextile Forschungen im Institut?

1993

#### Einige, bereits in der medizinischen Praxis angekommene FuE-Ergebnisse sind?

Der Schwerpunkt im Bereich Tissue Engineering und textile Implantate hat aufgrund der sehr komplexen Zulassungsbedingungen extrem lange Entwicklungszeiten. Deshalb sind die Ergebnisse noch nicht in der Praxis beim Patienten angekommen. Zu anderen Themen, wie einer gewirkten Struktur für die Aufhängung einer künstlichen Hornhaut, finden klinische Studien statt.



#### Welche Medizinprodukte/-verfahren gehen demnächst in den Transfer?

Ziel ist es, mit solchen Plattformtechnologien wie den Biostent oder der tissue-engineerten Gefäßprothese in den nächsten Jahren zu einem ersten Humanversuch zu kommen.

#### Welche Forschungsvorhaben gibt es mittelfristig?

Zusammen mit weiteren Partnern an der RWTH Aachen arbeitet das ITA an Lösungen für eine komplett implantierbare Lunge, bei der textile Lösungen für einen guten Gasaustausch eine wichtige Rolle spielen. Darüber hinaus bleibt die textilbewehrte Herzklappe ein wichtiges Thema.

„Die Gesundheitsversorgung ist und bleibt eine der ‚global challenges‘. Textile Lösungen bilden einen vielfältigen Werkzeugkasten auf unterschiedlichen Größenskalen, um hier effiziente und effektive Lösungen zu generieren.“

*Institutsleiter Prof. Dr.-Ing. Thomas Gries*





## Die Macher (2) Ein Brückenbauer

*Prof. Dr. Stefan Jockenhövel*

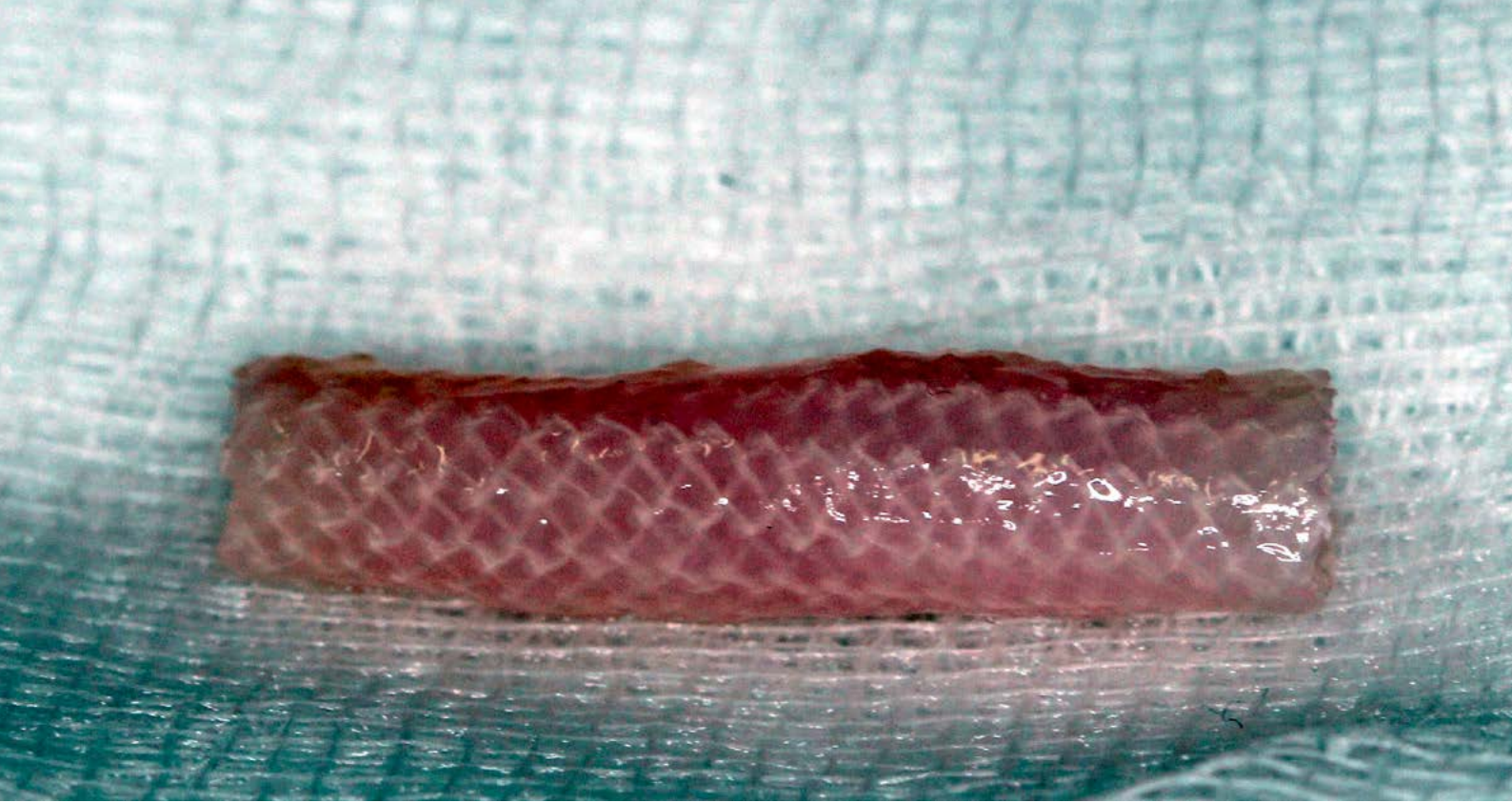
» Prof. Dr. Stefan Jockenhövel (Bildmitte, mit seinem Team) ist Herzchirurg und Textilforscher zugleich. Mit seiner Brückenprofessur Tissue Engineering & Textile Implants an den Instituten für Angewandte Medizintechnik bzw. Textiltechnik der RWTH Aachen stellt sich der international gefragte Spezialist zahlreichen neuen Herausforderungen. So forscht er mit seiner eher jungen Mannschaft aktuell an der Entwicklung lebendiger Gefäß- und Herzklappenprothesen sowie vitaler Stentprothesen.

Das Generalthema „Vitalisierung“, das Jockenhövel mit seiner Habilitationsschrift „Kardiovaskuläres Tissue Engineering auf der Basis einer Fibrin-Gel-Matrix“ 2010 weiter vertieft hat, birgt eine der großen medizinischen Hoffnungen der Zukunft in sich: dass nämlich körpereigene Zellen – auf einer textilen Matrix aufgebaut – Implantate generieren, die zukünftig nicht mehr vom Körper abgestoßen werden. Dies ist die bisher große Gefahr bei bestehenden künstlichen, nicht-textilen Implantaten – und eine nicht zu verachtenden Gefahr auch bei Spender-Implantaten.

Das in Aachen verfolgte Konzept des PulmoStents – die Kombination eines geflochtenen Metallstents mit lebendem Gewebe im Sinne einer Plattformtechnologie – ist nicht nur in den Luftwegen anwendbar, sondern auch bei Blutgefäßen. Dabei wird der Stent von innen mit Endothelzellen besiedelt, die auch im Körper die Blutgefäße auskleiden.

„Mit unserem Wissen um Medizin und Textilien sind wir dem Geheimnis vom langen, beschwerdefreien Leben dicht auf den Fersen.“





Mehr als bloße „Röhre“ für den Atemwegersatz: ein mit adulten Stammzellen besiedelter PulmoStent

# I wie Implantate

## Erste textile Herzklappe in Sicht

» Nach einem halben Jahrhundert Transplantationspraxis beginnt der Traum, neue Organe aus körpereigenen Zellen zu züchten, Realität zu werden. Was über die Fachöffentlichkeit hinaus kaum bekannt ist: Die Textilforschung assistiert auf mehreren Feldern der Medizin bei der Entwicklung biologisierter Implantate. Einige tissue-engineerte Organe sowie mit patienteneigenen Zellen besiedelte Implantate haben es bereits bis zum Tierversuch und sogar in die Klinik geschafft. Am Ende des Jahrzehnts könnte die weltweit erste Transplantation einer mitwachsenden textilen Herzklappe auf der Tagesordnung stehen.

„Wir alle sind eigentlich textile Produkte“, sagt Prof. Dr. Stefan Jockenhövel und hebt die Bedeutung der biologischen Faserstrukturen für die biomechanische Stabilität des menschlichen Körpers hervor. Was liegt also näher, als die Textiltechnik mit der Medizintechnik zu verbinden? Der Experte von der RWTH Aachen

ist Herzchirurg und Textilforscher zugleich; die faserverstärkte Herzklappe, an der bereits ein Dutzend Jahre geforscht wird, gehört zu den weltweit beachteten Projekten seines Teams. Auch wenn die Aufgabenstellung alles andere als leicht sei, könne aus heutiger Sicht „in vier bis fünf Jahren“ eine solche Herzklappe als zugelassenes Produkt implantiert werden, zeigt sich der Aachener Forscher überzeugt.

Jockenhövels einmalige Brückenprofessur weist auf ein an Bedeutung zunehmendes Strategiefeld der deutschen Textilforschung hin, bei dem Fasern – ureigene Bestandteile von Flora und Fauna – die Hauptrolle zukommt: neue faserbasierte Werkstoffe. Bei Hightech-Materialien für die Medizin und Gesundheitswirtschaft „spielen wir in der internationalen Liga ganz weit vorn mit“, bestätigt Prof. Dr. Dirk Höfer, der in den Hohenstein Instituten, Bönningheim, Direktor des Fachbereichs Hygiene, Umwelt & Medizin ist.

Wo überall die Fäden für die Gesundheit im und am Menschen von Nutzen sein könnten, zeigt



das Demonstrationsmodell „Charly“, ein Skelett im Schaukasten. Es trägt 29 Hinweise auf textile Medizinprodukte und -ideen, die allesamt aus dem Institut für Textil- und Verfahrenstechnik in Den-  
kendorf stammen: Gefäßprothese und Stents sind ebenso darunter wie die Nervenleitschiene, ein Knorpelersatz für Ohrmuscheln auf textiler Basis und eine textile Haut für die Nachbehandlung von Brandwunden. Die Vielfalt der Impulse, die aus der Textilforschung in Richtung Medizin gegeben werden, ist verblüffend. In Denkendorf sind Versuche zur Biologisierung von textilen Materialien seit Mitte der 80er-Jahre – damals noch unter dem Begriff „Zellkulturtechnik“ – Bestandteil der medizintextilen Forschungen.

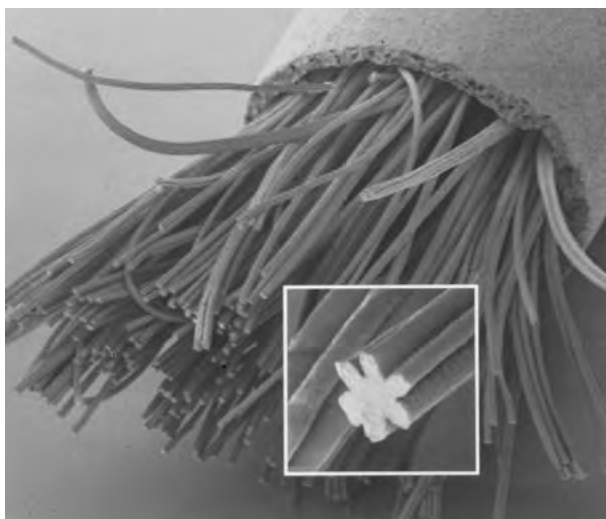
### Ersatzmaterialien im Forschungsfokus

Das FKT-Strategiepapier „Perspektiven 2025“ orientiert die Textilforschung zum Stichwort Implantate auf die „Entwicklung von Knochen-, Bänder- und Sehnersatz sowie von Nervenfasern auf Basis textiler Strukturen“. Des Weiteren ist von „Stammzellenzüchtung auf textilen Trägermaterialien“ u. a. für leicht transplantierbaren Hautersatz sowie für endoskoptaugliche Implantate die Rede. Schwerpunktmäßig gelte es, Gewebestrukturen für das Tissue Engineering als Grundlage für die Züchtung

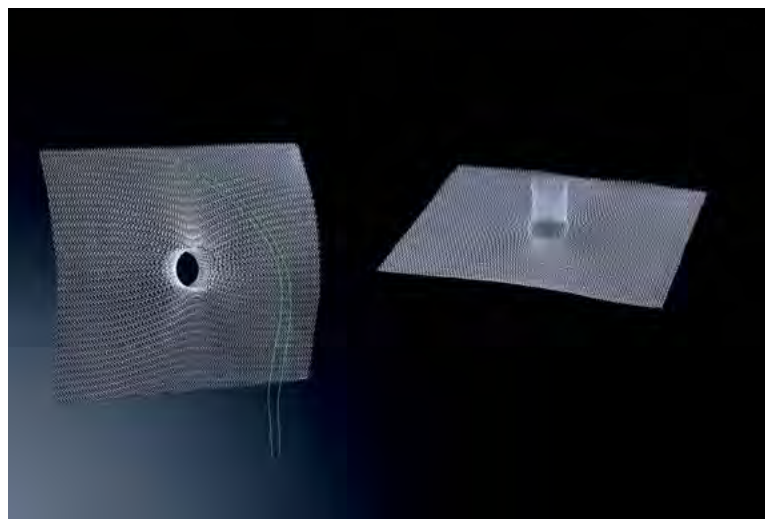
von künstlichen Organen und menschlichen „Ersatzteilen“ zu entwickeln.

Wer heute in die medizintextilen Labore von Dresden und Bönningheim schaut, findet die klinische Zukunft schon auf Kiel gelegt. Mit benachbarten Kliniken und hochspezialisierten Mittelständlern laufen aktuell zahlreiche Projekte zur Vitalisierung bzw. Biologisierung von Scaffolds – in diesem Fall aus textilen Trägermaterialien. Dr. Dilibar Aibibu, die am TU Dresden-Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) die Forschungsgruppe Bio- und Medizintextilien leitet, beschäftigt sich gerade mit einer neuen Methodik zur Knorpeldefektbehandlung (siehe Seite 34ff.). Das Interesse auch von ausländischen Firmen an dem Verfahren sei bereits signalisiert worden, schließlich – so die promovierte Textiltechnikerin – „haben wir damit ein paar Jahre Vorlauf“.

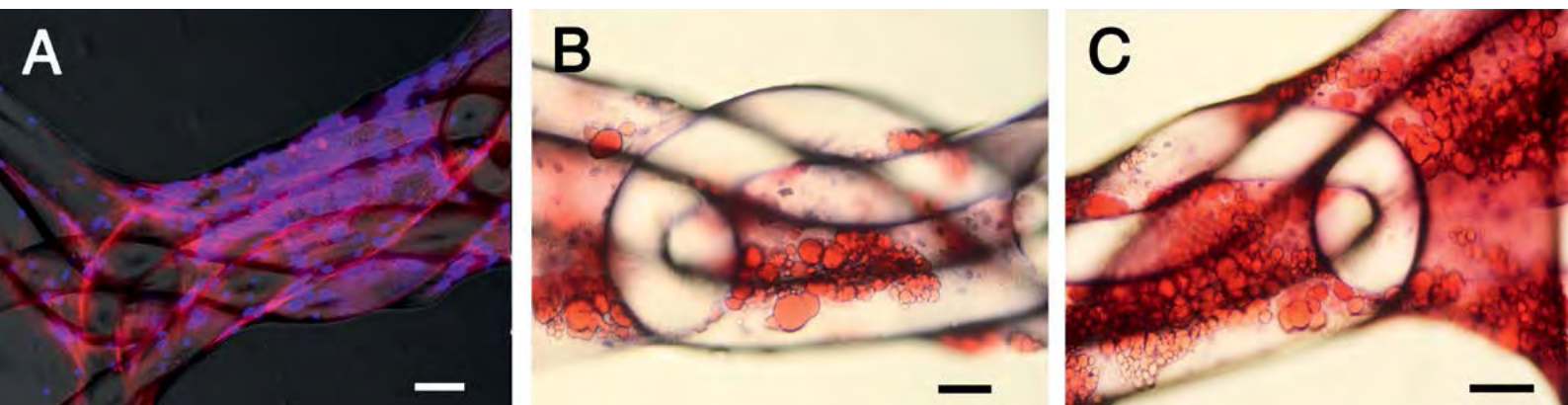
Auf patienteneigene, adulte Stammzellen für das personalisierte Tissue Engineering setzt das Kompetenzteam von Prof. Höfer, wenn es um das „Auffüllen“ des Weichteilapparates nach größeren Verletzungen geht. Ähnlich wie in Dresden werden in Bönningheim zunächst Scaffolds aus Biopolymerfasern



Textile Nervenleitschiene aus Denkendorf: ermöglicht das erneute Auswachsen abgetrennter Nerven z. B. nach Unfällen

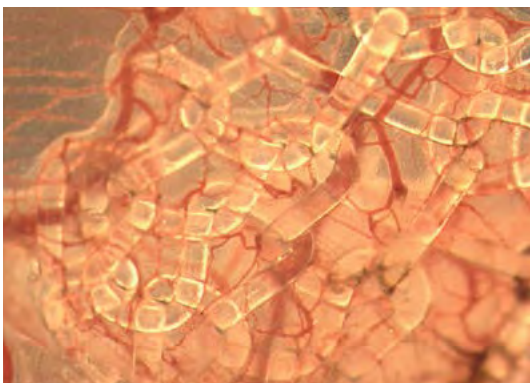


Verstärkt die Bauchdecken: elastische Netze aus Aachen



Biopolymerfasern und humane Stammzellen mutieren zum Fettgewebe: Nach zwei Wochen sind Erfolge sichtbar

erzeugt. Im Folgeschritt wird das faserbasierte Trägergerüst mit Stammzellen besiedelt. Nach 13 Tagen beginnen sich die multipotenten humanen Zellen in transplantierfähiges Fettgewebe umzuwandeln, das eines Tages zum Beispiel nach Tumor-Operationen als „Verbau- und Verschiebematerial“ Anwendung finden soll. Die Forschungsergebnisse schafften es sogar auf die Titelseite des Journals „Biomed Mater“. Derzeit, so Höfer, liefen an der Uni Bochum entsprechende Tierversuche. Inzwischen steht auch fest: Aus Stammzellen lassen sich auf textiler Grundlage und in vitro nicht nur Fett-, sondern auch Muskel- und Knorpelzellen züchten.



### Vitale Implantate: auch eine Frage der Kapillarbildung

Seitdem in der Mitte des vorigen Jahrhunderts entdeckt wurde, dass humanes Bindegewebe durch Textilstrukturen hindurchwachsen kann und sich dabei Zellen anlagern und entwickeln können, wird an textilen Materialien für den Gewebeersatz geforscht. Dabei kommt dem Fasermaterial zugute, dass die Natur im menschlichen Körper mit Collagen oder Fibrin ähnlich ausgeprägte biologische Strukturen mit wiederum ähnlichen physiologischen und mechanischen Eigenschaften gebildet hat. Folglich stehen neuartige biotolerante Faserverbundmaterialien für starke mechanische Beanspruchungen in der Regenerationsmedizin heute auf der Forschungsagenda.

Ein wesentlicher Faktor für Biotoleranz der mit Stammzellen biologisierten Implantate ist es, die Neubildung von Blutgefäßen zu fördern. Mit dieser Frage beschäftigt sich das Höfer-Team seit Jahren. Es gelang inzwischen, dafür eine tierversuchsfreie Ersatzmethode zu entwickeln. Dabei werden Textilfasern mit mesenchymalen Stammzellen, die sich in Knochen-, Knorpel- und Fettgewebe umwandeln können, besiedelt und anschließend auf die mit Blutgefäßen durchzogene Membran eines sechs Tage alten bebrüteten Hühnereis gegeben (siehe Foto links).

## Projekt hilft Lungenkrebspatienten

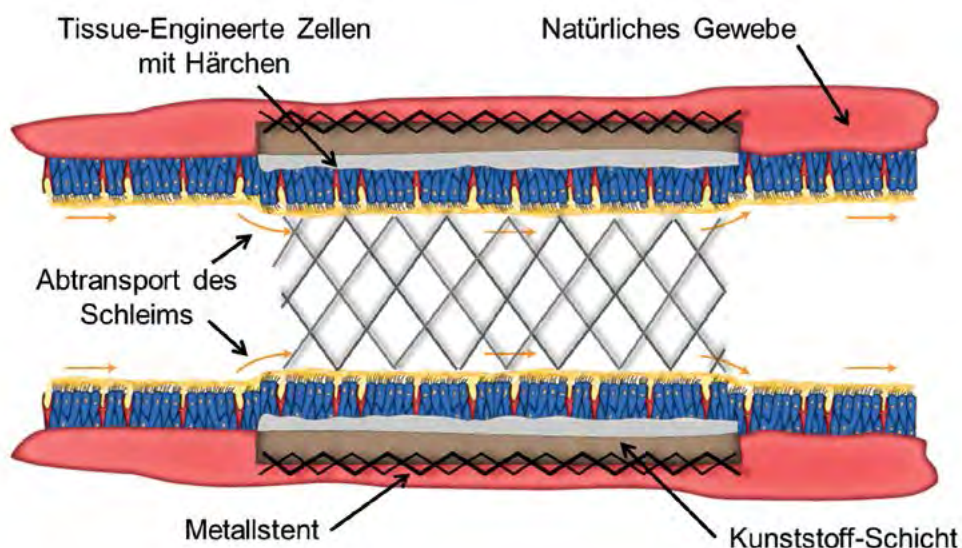
In der Biomedizintechnik entstehen am Universitätsstandort Aachen in interdisziplinärer Zusammenarbeit Biomaterialien und Medizinprodukte auf Polymerbasis, darunter Gefäßprothesen und spezielle Bronchialstents mit textilem Grundgerüst. PulmoStents sollen Lungenkrebspatienten im Endstadium eine bessere Atmung ohne gefährliche Verschleimung der Bronchen ermöglichen, wie sie durch herkömmliche metallische Stents nicht zu vermeiden sind.

Das auch für andere Einsatzfälle vorbildhafte Projekt zielt darauf ab, einen personalisierten Atemwegsstent zu entwickeln, der die herkömmliche Stenttechnologie auf eine neue Stufe hebt. Dafür wird die Innenseite des mehrlagigen Röhrchens mit einer tissue-engineerten Zellschicht besiedelt, die auf ihrer Oberfläche zahlreiche Härchen ausbildet und so für den Abtransport von Schleim aus der Lunge sorgt.

Zu Beginn des Jahres 2015 konnte RWTH-Brückenprofessor Stefan Jockenhövel einen Etappensieg in der textilen Implantatforschung vermelden: die erfolgreiche Implantation der ersten PulmoStents bei einem Schaf. „Die textilen Stentstrukturen zeigen nach drei Monaten eine deutliche Überlegenheit gegenüber lasergeschnittenen Stents“, so das Exper-

tenresümee. Aufgrund dieser Ergebnisse hält Jockenhövel den „first-in-man“-Einsatz des Lungenstents in wenigen Jahren für möglich. Beim PulmoStent sei es das Ziel, die Besiedlung mit patienteneigenen Zellen nicht – wie bisher – im Labor, sondern erst im OP zu starten. Der Mensch fungiere dann als eigener Bioreaktor.

Das Konzept des PulmoStents – die Kombination eines Metallstents mit lebendem Gewebe – ist nicht nur in den Luftwegen anwendbar. Für Verengungen der Blutgefäße wurde der „BioStent“ entwickelt, der auf dem gleichen Grundprinzip beruht: Hier wird der Stent von innen mit Endothelzellen besiedelt, die auch im Körper die Blutgefäße auskleiden. Damit wird garantiert, dass das im Gefäß zirkulierende Blut eine echte körpereigene Oberfläche wahrnimmt. Neben Luftröhren und Blutgefäßen wird derzeit in Aachen auch ein weiteres Organ erforscht: die Speiseröhre. Dabei ist es besonders wichtig, dass die Nahrung von der Speiseröhre aktiv in den Magen transportiert wird und dieser Vorgang durch den Stent nicht erschwert oder gar verhindert wird.





## Textiler Alltag im OP-Saal

Mantel und Mundschutz, Wundpflaster und Nahtmaterial oder auch faserbasierte Implantate zum Gewebe- und Organersatz – schon heute ist die Einsatzpalette textiler Materialien im Operationssaal enorm. Tendenz steigend. Eine unvollständige Übersicht:

### Hygiene

- Mundschutz
- OP-, Reinraum- und Bereichsbekleidung
- OP-Abdecktücher
- Wärmedecken
- Betteinlagestoffe
- Funktionstücher
- Randbereichsartikel

### Wundversorgung

- Wundpflaster
- Elastische und unelastische Binden
- Salbenkompressen (bei Schürf-, Riss- und Platzwunden, Verbrühungen, Verbrennungen, Verätzungen)
- Gipsverbände
- Elastische Schlauchnetze
- Chirurgische Nähfäden
- Patches (u. a. bei Brandwunden, Geschwüren, Wundliegen, bösartigen Hauttumoren, zur Wundreinigung bzw. zum Überdecken gereinigter Wunden vor Transplantation)
- Anti-Dekubitus-Decken

### Textile Implantate\*

- Chirurgische Netze (als Muskelhautersatz, zur Ergänzung weicher Gewebe, zur externen Umhüllung von Blutgefäßtransplantaten, zur Stützung von Organen)
- Gefäßprothesen wie Blutgefäß- und Luftrohrprothesen
- Ersatzhaut (wie Patches für den Hirnhautersatz)



- Bänder- und Sehnenprothesen (so für die Rekonstruktion gerissener Gelenkbänder oder als Sehnenersatz)
- Organersatz (neue Organe werden durch Kombination funktionaler Zellen mit Trägerstrukturen außerhalb des Körpers gebildet und danach verpflanzt: Herzklappen oder -muskeln)
- Gewebe- und Knochenersatz (künstliches Material als Implantat ersetzt biologische Strukturen)
- Gewebeverstärkung (textiles Material dient der Stabilisierung des neu zu bildenden oder regenerierenden Gewebes)

*\*zum Teil noch Forschungsprojekte*





Egal, ob ein Operationssaal gemalt oder fotografiert wird: Textilien sind aus dem heutigen OP-Alltag nicht mehr wegzudenken





## Die Macher (3) Der Ideengeber

*Prof Dr. Dirk Höfer,*

*Direktor des Fachbereichs Hygiene, Umwelt & Medizin am Hohenstein Institut für Textilinnovation*

» Der in Marburg und Würzburg ausgebildete Humanbiologe und Biomediziner gehört mit inzwischen 14 Dienstjahren in den Hohenstein Instituten zu den Urgesteinen der medizintextilen Forschungslandschaft. Für Prof. Dr. Dirk Höfer (Bild links im Gespräch mit einem Kunden), der wie ein Brückenbauer Ideen aus der Krankenhaus- und Gesundheitspraxis aufnimmt und diese mit den oft erstaunlichen Möglichkeiten Technischer Textilien zusammen mit Wirtschaftspartnern umsetzt, war 2015 ein besonders erfolgreiches Jahr:

Mehrere von seinem Team initiierte Projekte wurden aktuell mit Preisen bedacht, darunter die mit Mittelständlern und Fördergeldern des Bundes entwickelte textile Gebärmutter ARTUS. Sie bekam auf der Techtexil 2015 den Techtexil Innovation Award in der Katego-

rie „New application“. Die IHK Heilbronn-Franken ihrerseits würdigte mit dem Forschungstransferpreis in Gold die schnelle Überleitung von Forschungsergebnissen in ein vermarktungsreifes Produkt speziell zur Mobilitätsunterstützung von Patienten mit künstlicher Lunge. AmbuLung wurde in Kooperation zwischen dem Hohenstein Institut für Textilinnovation, dessen Vizechef Prof. Höfer ist, und dem Heilbronner Medizintechnikhersteller Novalung GmbH entwickelt.

Prof. Höfer, der zudem an der Pädagogischen Hochschule Freiburg lehrt, forscht zu den Schwerpunkten innovative Medizintextilien und Biomaterialien. Sein Team stellt mit Blick auf Zellen, Haut oder Wunden gesundheitsfördernde Eigenschaften in Therapie, Diagnostik und Prävention in den Mittelpunkt. Ein weiteres Beispiel dafür sind die von Hohenstein entwickelten textilen Hohlfasern, in die die medizinischen Wirkstoffe eingebettet werden können.





## Hohenstein Institute, Bönningheim

### Forschen für den demografischen Wandel

Die in dritter Generation von Prof. Dr. Stefan Mecheels geleiteten Hohenstein Institute, zu denen auch das Hohenstein Institut für Textilinnovation gehört, bieten mit weltweit 800 Mitarbeitern Kompetenz aus einer Hand und decken dabei eine Vielzahl unterschiedlicher, aber eng miteinander verknüpfter Arbeitsgebiete ab. Ergebnis dieses interdisziplinären Ansatzes ist die erfolgreiche Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen aus Bereichen wie Medizin, Elektronik oder Mikrosystemtechnik. Diese Netzwerke erschließen textilen Produkten völlig neue Einsatzgebiete und den Kunden der Hohenstein Institute damit zusätzliche Märkte und Zukunftschancen

#### Seit wann laufen medizintextile Forschungen im Institut?

1995

#### Einige, bereits in der medizinischen Praxis angekommene FuE-Ergebnisse sind:

OP-Textilien, Wiederaufbereitungsverfahren für Mehrwegtextilien, Madentherapie Biobag, antiadhäsive Wundauflagen, Anti-Milbenmatratze, antibakterielle Herniennetze

#### Welche Medizinprodukte/-verfahren gehen demnächst in den Transfer?

Künstliche Gebärmutter ARTUS (Artificial Uterus), Kühlweste, transportable künstliche Lunge Ambu-Lung

#### Welche Forschungsvorhaben gibt es mittelfristig?

Biopolymere, Alginate, Chitosan – funktionelle Wundauflagen

„Der demografische Wandel bringt einen steigenden medizintextilen Bedarf mit sich, der für die Textilbranche ein interessantes wirtschaftliches Potenzial darstellt.“

*Prof. Dr. Stefan Mecheels,  
Geschäftsführer Hohenstein Institut für  
Textilinnovation*



# Gebärmutter aus Textil

Assistenz für Frühchen ausgezeichnet



Stimulanz für Frühchen: Die textile Gebärmutter transportiert sensorische Reize der Mutter

Wenn Mediziner „in Textil“ denken, kann wie im Fall „ARTUS“ (ARTificial UteruS) eine bisherige Mankosituation mit einem außergewöhnlichen Realisierungskonzept aufgehoben werden. Nach einer Idee von Prof. Dr. Dirk Höfer, Direktor des Fachbereichs Hygiene, Umwelt & Medizin am Hohenstein Institut für Textilinnovation (siehe Seite 30), wurde mit Blick auf Frühchenstationen die welterste künstliche Gebärmutter prototypisch entwickelt. Gefördert mit Geldern aus dem Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des Bundeswirtschaftsministeriums, waren daran auch mehrere Industriepartner beteiligt.

Das „Smart Textiles“-Gerät überträgt Frühgeborenen direkt in den Inkubator die fehlenden sensorischen Reize der Mutter – vor allem

Herzschlag und Stimme sowie mechanische Ein-drücke, die den sanften Bewegungen im Mutterleib entsprechen. Wissensstand ist, dass unreifen Babys in den Säuglings-Brutkästen die räumliche Begrenzung und die vorgeburtlichen sensorischen Reize durch die Gebärmutter (Uterus) fehlen. Der Mangel kann bei Kindern zu therapieintensiven Spätfolgen in Form von sensorischen und motorischen Defiziten führen. Die Innovation hat auch die Jury des Textil Innovation Awards 2015 in der Kategorie „New application“ überzeugt.

Derzeit beurteilen Spezialisten für Neu- und Frühgeborene in einer Anwendungsbeobachtung die Wirkung von ARTUS auf Frühchen. Projektleiter Prof. Höfer geht davon aus, dass sich beim Einsatz des Geräts der klinische Zustand von Frühgeborenen signifikant verbessern lässt: „In einem ersten Schritt sind wir zufrieden, wenn wir eine allgemeine Verbesserung des Zustandes der beobachteten Babys verzeichnen können.“ Vor der Markteinführung sollen die Prototypgeräte optimiert und an den Klinikalltag weiter angepasst werden. Inzwischen ist der sensorische Teil von ARTUS bereits desinfizierend waschbar; ferner können die mechanischen Reize bereits ohne elektrische Zuleitungen erzeugt werden.

Generell sind die Anforderungen an ein therapeutisches Medizinprodukt wie ARTUS hoch. So müssen zum einen über textile Materialeigenschaften wie Haptik, Elastizität und Widerstand die Bedingungen der Gebärmutter realitätsnah nachgeahmt werden. Hierzu ist die Auswahl von Fasermaterial und Flächenherstellung gezielt aufeinander abgestimmt worden. Zugleich wird der „künstliche Uterus“ mithilfe eines motorischen Textilaktuators die sensorischen, motorischen und Gleichgewichtsreize vermitteln, um die Reifung des kindlichen Gehirns zu fördern.



# Speziallösungen

Medizin fordert Maschinenhersteller



*Hightech-Automat aus Oldenburg:  
feinste Nähgarne mit Ösen speziell  
für Schlüsselloch-OPs*

» Wie reagieren Textilmaschinenhersteller, wenn das Segment Medizintextilien mit hohen jährlichen Wachstumsraten immer mehr Raum greift? Antworten aus Oldenburg und Leonberg.

**August Herzog Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, Oldenburg:** Das in fünfter Generation geführte Familienunternehmen dringt nach einer ersten Maschinenentwicklung für wechselnde Flechtmuster bzw. Verzweigungen immer tiefer in die Anforderungen dieses Marktes ein. Nur einige Jahre danach wurde auf der Techtextil 2015, der weltgrößten Messe für technische Textilien, ein Verzweigungs-flechter zur Herstellung chirurgischer Nahtmaterialien vorgestellt.

Entwicklungspartner des für Produzenten von medizinischen Nähgarnen zum Einsatz im minimalinvasiven Bereich interessanten Flechtautomaten (siehe Foto) waren Textilforscher vom ITV Denkerdorf. Mit der neuen Anwendungsentwicklung, so Geschäftsführer Dr. Janpeter Horn, lassen sich die für so genannte Schlüsselloch-OPs benötigten feinen Einzelgarne in Qualitäten bis 11 dtex mit Verzweigungen oder Öffnungen automatisiert herstellen. Damit entfällt das bisher übliche händische Spleißen des Materials unter dem Mikroskop – eine fast unzumutbare Arbeit.

Der Automat modifiziert die herkömmliche Flechttechnik, die normalerweise auf Klöppeln mit einer minimalen Spannung von 0,1 Newton oder mehr ausgerichtet ist. Weil gerade bei medizinischen Anforderungen kleinere Strukturen verlangt werden, muss die Flechttechnik deshalb in der Lage sein, feine Einzelfäden mit 1/1000 Inch oder 4 Denier zu verarbeiten.

**BRÜCKNER Trockentechnik GmbH & Co. KG, Leonberg:** Der Systempartner zur Ausrüstung technischer Textilien hat nach Angaben des technischen Geschäftsführers Axel Pieper in den vergangenen Jahren diverse Spezialmaschinen für Medizintextilien projektiert und erfolgreich in Betrieb genommen. Die Spezialität des Leonberger Familienunternehmens mit einer über 65-jährigen Tradition liegt in der Projektierung und Herstellung von kundenspezifischen Speziallösungen. So wurden Anlagenkonzepte für die Trocknung, Thermofixierung, Funktionalisierung und Beschichtung von Medizintextilien umgesetzt. Als Beispiele nennt Pieper Mullbinden, Kompressionsbinden, Sport- und Kinesiologietapes sowie Blut- und Dialysefilter. Derzeit arbeitet das Unternehmen an einer speziellen Anlage für die Silikonbeschichtung von elastischen, transparenten Spezialpflastern und Verbänden sowie einer speziellen Spann- und Umwickelmaschine für elastische Verbände. „Bei allen Anlagen für die Medizintechnik müssen sehr hohe Auflagen an die Hygiene beachtet werden“, erläutert Pieper. Dabei kommen überwiegend spezielle Edelstahlsorten und Kunststoffe zum Einsatz. Herkömmliche Schmieröle oder Fette dürfen im Medizinbereich selbstverständlich nicht eingesetzt werden.



Chitosan-Fäden für die Humanmedizin: 3D-Gewebeträger (Scaffolds) aus dem hochreinen Naturstoff

# K wie Knorpel & Knochen

## Biologisch reine Chitosanfilamente

» Knochen spielen anatomisch eine zentrale Rolle: Der erwachsene Mensch hat 212, Neugeborene inklusive Knorpel sogar 350. Auch unsere Alltagssprache wird mit weit über 150 Benennungen, die die Stützsubstanz des Skeletts im Wortstamm haben, bereichert: „knochentrocken“, „müde Knochen“, sich „bis auf die Knochen blamieren“, nur noch „Haut und Knochen“ sein oder einen „harten Knochen“ als Verhandlungspartner haben. Einen Knochenjob im wahrsten Wortsinn hingegen haben unter anderem Orthopäden, Physiotherapeuten oder, wie die Textiltechnikerin und Biomaterialienexpertin Dr. Dilbar Aibibu vom ITM in Dresden, Entwickler von Knochen- und Knorpelersatz.

### 3D-Vliesstoffe als Ersatzmaterial für das humane Stützskelett

Ihr Institut, das aktuell mit einem patientenorientierten Verfahren zur Herstellung von 3D-Strukturen für Zellträgermaterialien aufwartet, kooperiert sowohl mit der Knochen-, Gelenk- und Weichgewebeforschung im benachbarten Universitätsklinikum (siehe Seite 25 f.) als auch mit Medizintechnikunternehmen wie der InnoTERE GmbH aus Radebeul. Gemeinsames Ziel ist es, die experimentelle Entwicklung von Ersatzmaterialien für das menschliche Stützskelett voranzutreiben. Sie sollen ihren biologischen Vorbildern möglichst nahekommen, folglich bioverträglich bzw. be-

sonders hart und weniger spröde sein, Bewegungsenergie aufnehmen können und lange halten.

Am ITM wird für Implantate zur Knochen- und Knorpelregeneration das aus den Schalen von Krabben gewonnene Chitosan favorisiert. Die aus dem Naturmaterial hergestellten Biofasern, die im Nassspinnverfahren zu ganzen Garnen mit definierten Eigenschaften versponnen werden, sind bestens für die Humanmedizin geeignet. Aus ihnen entstehen beispielsweise für das Tissue Engineering, der künstlichen Herstellung biologischer Gewebe etwa zur Gelenkknorpelbildung, biologisch abbaubare, deformationsstabile und zudem druckelastische 3D-Zellträger (Scaffolds). Um diese extrazelluläre Matrix aus Mikrofasern – das Gerüst für die knochenbildenden und -regulierenden Zellen – für die Vitalisierung mit patienteneigenen Zellen vorzubereiten, werden sie anschließend im Elektrosponnen mit Chitosan-Nanofasern funktionalisiert.

Mit dieser Vorlage hilft die Wissenschaft den natürlichen Regenerationskräften des Organismus etwas nach, weil defektes Knorpelgewebe und erst recht Knochenzellen kaum die Fähigkeit zur Selbstreparatur haben. In einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekt wurden deshalb mit dem Uniklinikum Dresden biologisch abbaubare und deformationsstabile Flock-Scaffolds aus Chitosan erzeugt, die mit Stammzellen besiedelt werden können. „Das Verfahren ist nicht nur für den Ersatz von Knochenknorpel, sondern auch für die Kieferorthopädie interessant“, betont Dr. Aibibu.





*Knochenersatz aus Hybridmaterial: links im Querschnitt, rechts in Aufsicht*

## Mit bewährten Textilverfahren zu neuen Dimensionen

Was sich noch wie allzu ferne Zukunft anhört, soll in den nächsten Jahren bereits Einzug in die klinische Praxis halten. Mit diesem Ziel wurde mit dem ITM-Kooperationspartner, der auf Biomaterialien spezialisierten InnoTERE GmbH aus Radebeul, ein bioverträgliches Verbundimplantatmaterial zur Behandlung von belasteten Knochendefekten mit Osteosynthese-Platten und Marknägeln entwickelt (Fotos). Der im ZIM-Projekt eingesetzte Materialmix greift auf herkömmliche Einsatzmaterialien wie mineralische Knochenzemente auf der Basis von Calcium- und Magnesiumphosphaten zurück.

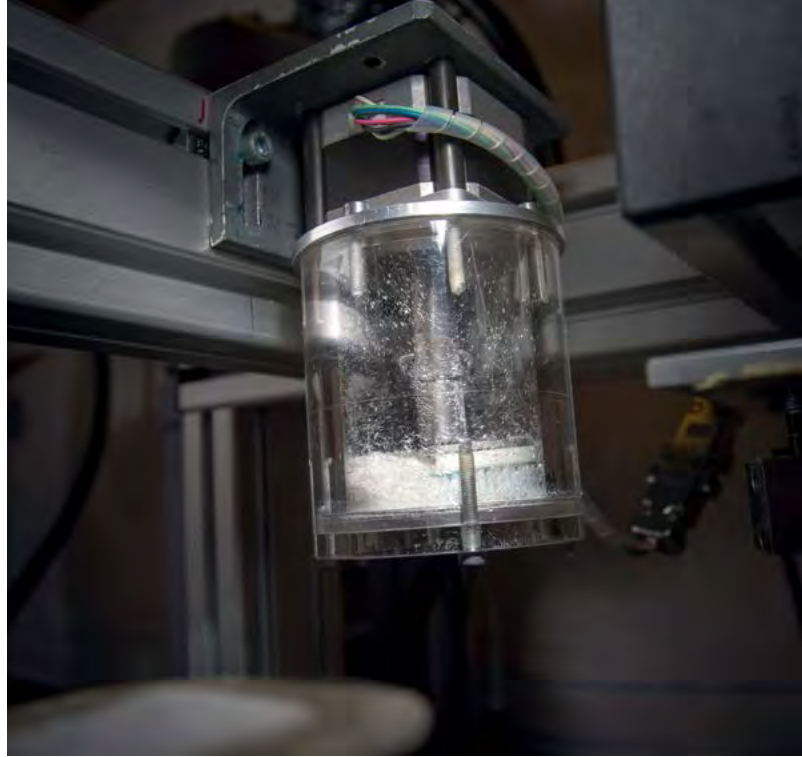
„Statt starrer Armierungselemente“ zum Beispiel aus Titan kommt bei der Neuentwicklung jetzt eine resorbierbare Matrix aus den mineralischen Zementen – verstärkt durch geflochtene Titandrähte – zum Einsatz. Das Implantat auf Grundlage flexibler Textilstrukturen, so Geschäftsführer Dr. Berthold Nies, verfüge mit hoher Druck- und Biegefestigkeit und einer wesentlich besseren Zugfestigkeit im Vergleich zum unverstärkten Material über erstklassige mechanische Eigenschaften – vergleichbar also mit Stahlbeton für biomedizinische Anwendungen.

Nies kooperiert seit 2010 mit dem Dresdner Institut, das auch textile Leichtbauverbundmaterialien u. a. unter dem Stichwort Textilbeton beforscht. Das Textilforschungsinstitut nebenan stellt für solche Medizintechnikprojekte wie TiCem Flechttechnik und Know-how zur Verfügung, um in Versuchen die für den Knochenersatz benötigten mehrlagigen metallischen Geflechtstrukturen zu optimieren. InnoTERE will künftig in Zusammenarbeit mit Orthopäden und Textilforschern textile Strukturen bzw. Faserverbundmaterialien nutzen, um vor allem die Bruchresistenz von künstlichen Knochenimplantaten zu verbessern.

Weitere Textilinstitute, so das in Greiz ansässige TITV oder das ITCF in Denkkendorf, unterstützen mit ihrer jeweiligen Kompetenz die knorpel-, knochen- und weichteilbezogenen Implantatforschungen. ZIM-gefördert vom Bundeswirtschaftsministerium, untersuchen die Thüringer Textilforscher mit Klinik-, Unternehmens- und interdisziplinären Wissenschaftspartnern beispielsweise textile Strukturen, die Weichteile biomechanisch korrekt an einen modularen Oberschenkelknochen-Ersatz anbinden sollen. Wie das Greizer Institut mitteilt, geht es bei dem Thema ferner um die Anwendung des Funktionsleichtbaus zur Schaffung robuster, langlebiger Implantate sowie um eine lasertechnische Apatit-Beschichtung der Oberfläche von künstlichen Knochen, mit dem das Ein- und Anwachsverhalten der Weichteile am Implantat verbessert werden könne.

## FiberBone als biokompatible Alternative

Wenn durch Unfälle oder Erkrankungen zerstörtes Knochenmaterial nicht durch Selbstheilungskräfte des Körpers erneuert werden kann, greifen Chirurgen zu Implantaten – meist aus Titan. An heiklen Stellen, dem Schädel etwa, muss das einzupflanzende Material jedoch besondere Eigenschaften haben: In Festigkeit, Gewicht, aber auch der Leitfähigkeit von Wärme und Kälte soll es dem menschlichen Original möglichst nahekommen. Titan oder Glaskeramik können das nur bedingt.



*Knochenersatz nach Dresdner Rezept: Herstellung von Chitosan-„watte“ zur Modellierung von 3D-Strukturen*

Ein Netzwerk süddeutscher Industrieforscher suchte deshalb nach einer biokompatiblen Alternative speziell für Schädelimplantate. Als Material der Wahl wurde wegen ihrer hervorragenden Eignung speziell für stabile, dünnwandige Passstücke faserverstärkte Keramik definiert. Koordiniert von der Allianz Faserbasierte Werkstoffe Baden-Württemberg gelang es Wissenschaftlern des Instituts für Textilchemie und Chemiefasern in Denkendorf 2013 gemeinsam mit Ingenieuren vier mittelständischer Unternehmen, allesamt aus dem Ländle, daraus Modellimplantate für die Bereiche des Jochbeins und der Augenhöhle herzustellen (Foto unten). „Das war nur dank engster Zusammenarbeit im Kooperationsnetzwerk möglich“, betont Walter Pritzkow, dessen Unternehmen sich seit über 20 Jahren auf Keramik-Leichtbaustrukturen spezialisiert hat.

Der Knochenersatz aus FiberBone ist sehr fest, leicht und neigt auch nicht zu Sprüdbrüchen. Seine Wärmeleitfähigkeit ist dabei patientenfreundlich gering. Umfangreiche Prüfläufe wiesen eine sehr gute Biokompatibilität des Materialmixes aus Aluminiumoxidfasern und Aluminiumoxid/Zirkoniumoxid-Matrix nach; auch ohne weitere Vorbehandlung

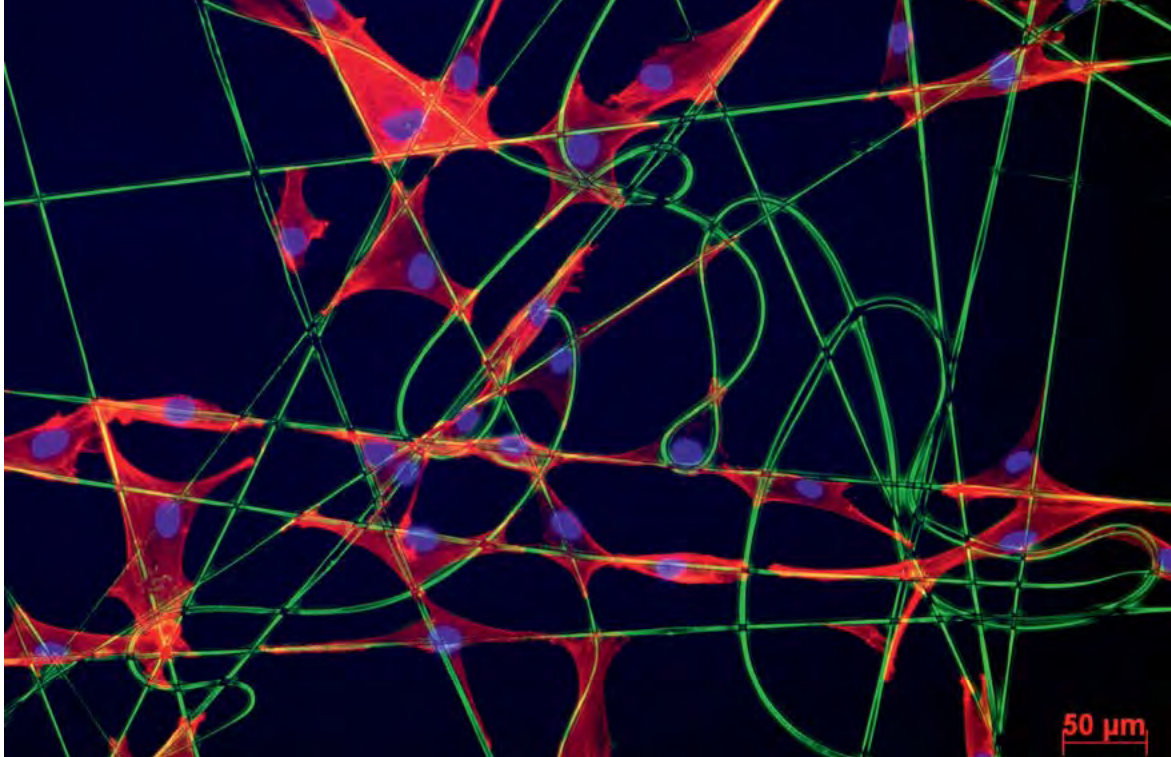
lässt er sich sehr gut mit Knochenzellen besiedeln. Zell- und Gewebeschädigungen beim Patienten sind dagegen unwahrscheinlich.

Die Einlagerung der keramischen Fasern in das Matrixmaterial ermöglicht es, die Implantatrohlinge bereits endkonturnah herzustellen, beim Brennen schrumpfen sie dann nur unwesentlich. Und weil die Faserlagen entsprechend zu erwartenden Belastungssituationen angeordnet werden können, ist künftig auch eine Verwendung für andere Fehlstellen des menschlichen Skeletts denkbar. Doch zunächst müssen klinische Untersuchungen abgeschlossen werden, um die Technologie in die Praxis überführen zu können.



*FiberBone: dünnwandige Keramik-Implantate für Augenhöhle und Jochbein*





# Heilsame Zwerge

Mit Nanomaterialien zu neuen Therapieansätzen

» Die medizinisch indizierte Nutzung von Nanopartikeln gilt als Zukunftsthema. Engagiert trägt die Textilforschung zu neuen Therapieansätzen auf Basis der hilfreichen Winzlinge bei. Am Aachener DWI-Leibniz-Institut für Interaktive Materialien beteiligen sich mehrere Arbeitsgruppen daran.

Einen Forschungsschwerpunkt bildet dort die Nutzung von Nanocellulose und Nanochitin. Den Wissenschaftlern gelang es, aus diesen nachwachsenden Rohstoffen durch Nassspinnen besonders energieeffizient Hochleistungsfasern zu erzeugen. Die Fasern haben ausgezeichnete mechanische Eigenschaften, wirken als Barriere gegen Feuchtigkeit und sind thermostabil. Eine Forschergruppe um Dr. Andreas Walther erzeugt daraus unter anderem Gerüststrukturen für gerichtetes Zellwachstum. Langfristig, so Chemiker Walther, sei ihr Einsatz in Implantaten denkbar. Nanochitin eigne sich auch dazu, Wunden abzudecken, weil es deren Austrocknen verhindern könne.

Wundabdeckungen auf Basis hydrogelbeschichteter Nanofasern, die nicht anhaften und deren Wechsel dem Patienten keine Schmerzen mehr verursachen, erforscht einige Türen weiter Dr. Smriti Singh. Neben seiner konventionellen Funktion solle das Material zugleich durch ein ideal feuchtes

Mikroklima den Heilprozess fördern, erläutert die Projektleiterin. Diesen Effekt könne eine Ausrüstung der Fasern mit antimikrobiellen Substanzen nochmals verstärken.

Auch die Arbeitsgruppe von Prof. Andrij Pich hat sich – gemeinsam mit den Hochschulen Hannover und Duisburg-Essen – derzeit funktionellen Wundabdeckungen mit besonderem Fokus auf Brandverletzungen verschrieben. Zur beschleunigten Heilung sollen perspektivisch mit Hydrogelpartikeln beschichtete Mikrofasern beitragen, die Zinkionen freisetzen. Diese Hydrogele werden am Institut selbst hergestellt.

Ein weiteres medtextiles Nanothema mit erhofftem Mehrfachnutzen sind Hydrogelbeschichtungen in dreidimensionalen Fasernetzwerken. Sie sollen Zellen anregen, sich gesteuert zu funktionalem Gewebe zu organisieren. Das DWI-Team fand einen Weg, durch eine funktionalisierte Beschichtung der Fasern mit Peptiden die Anheftung der Zellen an elektrogesponnene Polyesterfasern zu fördern (Foto). Eines Tages, so die Hoffnung der Forscher, könne diese Technologie in der Regenerationsmedizin genutzt werden.



## Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden

Neue Techniken für innovative Biomaterialien

Am ITM mit aktuell 110 Mitarbeitern werden auch für den Bereich Medizintextilien neue Faden- und Flächenbildungskonstruktionen und die dazu notwendigen Maschinentechniken entwickelt. Die mit Medizinern, Biologen und Chemikern kreierten Biomaterialien und Implantate haben vielfach biomimetische Ansätze, ahmen folglich biologische Strukturen nach.

### Seit wann laufen medizintextile Forschungen im Institut?

1995

### Einige, bereits in der medizinischen Praxis angekommene FuE-Ergebnisse sind:

Chitosan, Medizin- bzw. Mehrwegoperationstextilien

### Welche Medizinprodukte/-verfahren gehen demnächst in den Transfer?

Die additive Anfertigung von faserbasierten und hybriden Implantaten und Scaffolds auf Basis des im ITM entwickelten Verfahrens Net-Shape Nonwoven, darunter Chitosan-basierte Implantate für die Knochen- und Knorpelregeneration und ein bioverträgliches Verbundmaterial zur Behandlung von belastbaren Knochendefekten.

### Welche Forschungsvorhaben gibt es mittelfristig?

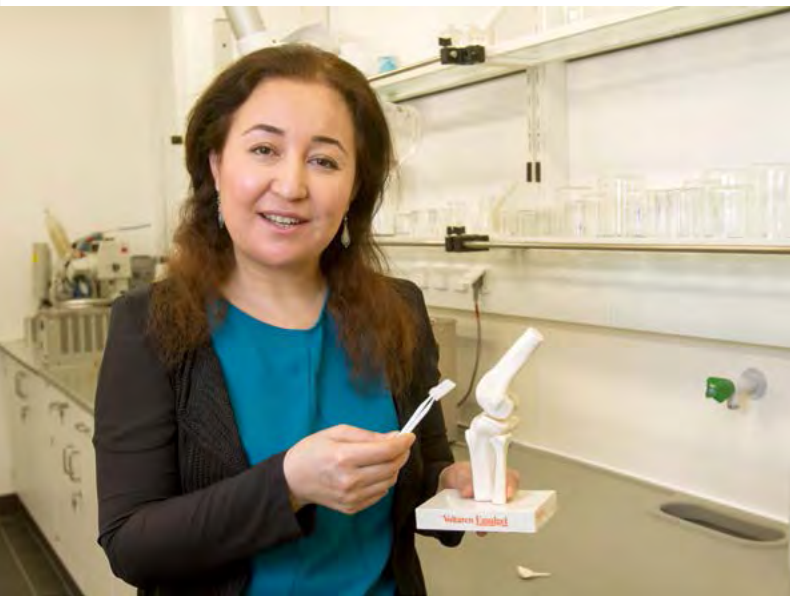
Verfahrensentwicklung zur Integration von Sensornetzwerken in den Wundverband für das kontinuierliche Monitoring von Wundheilungsprozessen chronischer Wunden

„Faserbasierte Werkstoffe erfüllen bestens die Anforderungen an kraftflussgerechte Konstrukte, Multifunktionalität und Komplexität der Implantate. Zudem ist die regenerative Therapie auf Basis biofaserbasierter Lösungen sehr aussichtsreich.“

*ITM-Direktor Prof. Dr. Chokri Cherif*







*Knochen, Knorpel, Wundheilung: spannende Themen für die promovierte Textiltechnikerin und ihr Forschungsteam*

## Die Macher (4) Ein Knochenjob

*Dr. Dilbar Aibibu, Forschungsgruppenleiterin Bio- und Medizintextilien, ITM/TU Dresden*

» Geboren in den Wirren der chinesischen Kulturrevolution – Ende der 1960er, Anfang der 1970er-Jahre –, startete Dr. Dilbar Aibibu aus dem chinesischen uigurischen autonomen Gebiet Xinjiang in einer Ausrüstungsabteilung einer örtlichen Spinnerei und Weberei ihre Textilkarriere. Freunde hatten sie auf die Idee gebracht, deshalb kam die ambitionierte junge Frau 1995 nach Deutschland, studierte an der RWTH Aachen Textiltechnik und schloss 1999 ein Aufbaustudium an der TU Dresden mit einem Diplom (Master of Science) ab. Nach der Promotion zum Doktor-Ingenieur 2005 ebenfalls in der Elbestadt leitete sie in Folge am Institut für Textiltechnik in Aachen die Abteilung Medizintextilien/Biomaterialien und am ITV Denkersdorf das Kompetenzzentrum Medizintextilien.

Als Forschungsgruppenleiterin für Bio- und Medizintextilien am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden hat Dr. Aibibu derzeit im übertragenen Sinne einen „Knochenjob“: Sie und ihr Team entwickeln gemeinsam mit Dresdner Medizinerinnen und Mittelständlern am Schwerpunktthema textile Knochen und Knorpel.

Zudem wollen sie in weiteren Projekten die Möglichkeiten der Textilsensorik nutzen, um zum Wohle der Patienten zur schnelleren Wundheilung beizutragen. Dr. Dilbar Aibibu, die vier Sprachen fließend spricht, hat inzwischen weit über 80 wissenschaftliche Publikationen verfasst.

„Textile Strukturen aus biokompatiblen Filamenten bieten hervorragende Voraussetzungen als Trägermaterial und Implantate für die regenerative Medizin.“

# Schwere Geburt

## Zur Zulassung von Medizinprodukten

Das In-Verkehr-Bringen von Medizinprodukten ist mit einigem Aufwand verbunden: Forschung, Entwicklung, langwierige klinische Tests, aufwändige Zulassungsverfahren und eine anspruchsvolle Gesetzeslage. Doch es gibt ein Trostpflaster: Das deutsche Steuerrecht ist laut Aussage von Zulassungsexperten weitaus komplizierter. Ein Überblick mit Unterstützung von Prof. Dr. Sabine Kloth, ehemalige Senior Produktspezialistin bei der TÜV SÜD Product Service GmbH, der größten „Benannten Stelle“ für Medizin- und Prüftechnik in Deutschland.

### Was ist ein Medizinprodukt?

Das sind Produkte mit medizinischer Zweckbestimmung, also Instrumente, Zubereitungen, Apparate oder andere Gegenstände zum Einsatz im oder am menschlichen Körper, um Krankheiten Paroli bieten zu können. Anders als etwa Arzneimittel, greifen Medizinprodukte jedoch nicht in die Vorgänge des Körpers wie das Immunsystem oder den Stoffwechsel ein.

### RISIKOKLASSEN:

*Weil das Produktspektrum so groß ist (von Injektionsnadeln über Implantate bis hin zu Kondomen), werden Medizinprodukte in vier Risikoklassen unterteilt:*

- **Klasse I** (niedrigstes Risiko; u. a. Verbandsmaterialien, Rollstühle, Patientenbetten)
- **Klasse IIa** (mittleres Risiko; u. a. Zahnkronen, Hörgeräte, Kontaktlinsen)
- **Klasse IIb** (hohes Risiko; u. a. Beatmungsgeräte, Blutbeutel, Defibrillator, Kondome)
- **Klasse III** (sehr hohes Risiko; u. a. Herzschrittmacher, Brustimplantate, resorbierbares chirurgisches Nahtmaterial)

*Bei der Einordnung in die Risikoklassen spielt zudem eine Rolle, ob medizinische Produkte auf der Haut bzw. im Körper angewendet werden, wie lange sie verbleiben und ob sie etwa mit Strom betrieben werden.*

### Wie ist die Gesetzeslage?

Was als Medizinprodukt bezeichnet werden darf (und was nicht), wird durch die EU-Richtlinie 93/42/EWG und das deutsche Medizinproduktegesetz (MPG) festgelegt. Beide bestimmen auch, wer verantwortlich ist für die Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben (immer der Hersteller). Die Umsetzung des MPG ist Aufgabe der Länder und wird von der „Zentralstelle der Länder für Gesundheitsschutz bei Arzneimitteln und Medizinprodukten“ (ZLG) vollzogen, die unter anderem die Prüflaboratorien und Zertifizierungsstellen im Bereich der Medizinprodukte anerkennt und überwacht.

Mit dem MPG und der EU-Richtlinie werden die grundlegenden Anforderungen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit, der Qualität und der Risikoeinschätzung von Medizinprodukten definiert. Anhand der gesetzlichen Klassifizierungsregeln lassen sich mögliche Anwendungsrisiken ableiten, die die entsprechende Risikoklasse des jeweiligen Medizinprodukts (siehe Risikoklassen) und das für die Zertifizierung anzuwendende Konformitätsbewertungsverfahren bestimmen.





Zulassungserfahren: Prof. Dr. Sabine Kloth

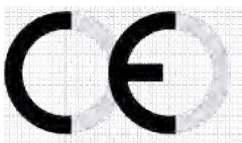


Was im OP gilt, gilt auch bei Medizinprodukten: erst prüfen, dann einsetzen

## Was ist ein Konformitätsbewertungsverfahren?

Zuständig dafür sind die „Benannten Stellen“. Sie werden von der ZLG ernannt und prüfen im Rahmen eines solchen Verfahrens die Übereinstimmung des zu zertifizierenden Produkts mit den Anforderungen, die im Anhang I der EU-Richtlinie 93/42/EWG definiert sind. Alle Medizinprodukte, auch die mit niedrigem Anwendungsrisiko, müssen dem Teil 1 der grundlegenden Anforderungen entsprechen und alle genannten Anforderungen erfüllen, was in der technischen Dokumentation des Produkts festzuhalten ist. Zur Zertifizierung sind Produkt, Herstellung und Dokumentation zu bewerten. Die möglichen Bewertungsverfahren sind im Anhang II bis VII der EU-Richtlinie beschrieben, wobei sich das anzuwendende Verfahren nach der Risikoklasse des Produkts richtet.

Für Produkte mit geringerem Risiko findet die Bewertung im Rahmen eines Audits, also einer Inspektion bzw. Überprüfung im Sinne der gesetzlichen Erfordernisse, beim Hersteller vor Ort statt. Für Produkte der Klasse III hingegen erfolgt zunächst eine eingehende Prüfung der technischen Dokumentation durch die „Benannte Stelle“. In einem zweiten Schritt wird dann ein Audit des Herstellers durchgeführt und geprüft, ob die dokumentierten Verfahrensweisen und Spezifikationen auch eingehalten wurden. Erst danach darf eine Zertifizierung erfolgen. Medizinprodukte, die nach dem neuen europäischen Recht in einem EU-Mitgliedstaat zertifiziert sind, sind auch in allen anderen Mitgliedstaaten verkehrsfähig.



Auch bei Herstellern von Medizinprodukten begehrt: die berühmte CE-Kennzeichnung, hier mit Raster

## Wie lange dauert der Zulassungsprozess?

Das hängt unter anderem davon ab, ob nur die Zertifizierung als Medizinprodukt oder – für Kombinationsprodukte – eine Konsultation der Arzneimittelbehörde erfolgen muss. Bei innovativen Hochrisikoprodukten ist oft nicht vorhersehbar, wie lange die Zertifizierung dauert. Ein Beispiel: Zellfreie synthetische Implantate oder Vliese zur Knochenregeneration, die kein biologisches Material enthalten, fallen ausschließlich unter den Geltungsbereich der Medizinprodukte-Richtlinie 93/42/EWG. Sind hingegen humane Zellen im Spiel, mit denen die Implantate oder Vliese vorab besiedelt werden, findet die ATMP-Verordnung (Advanced Therapy Medicinal Products) Anwendung, über die die Zulassung biotechnologisch veränderter Produkte geregelt ist.

## Welche Stolperfallen gibt es u. a.?

- Fehlende oder unvollständige Spezifikationen für verwendete Materialien oder das Produkt selbst. Ohne diese Informationen kann kein funktionierendes Qualitätsmanagement erfolgen.
- Unzureichende klinische Daten. Nicht in jedem Fall sind klinische Studien erforderlich, jedoch muss für jedes Produkt eine klinische Bewertung erfolgen.
- Innovative Medizinprodukte können Komponenten enthalten, die Konsultationen nach dem Arzneimittelgesetz, das die Zulassung von Arzneimitteln regelt, notwendig machen. Weil den Herstellern das manchmal nicht bewusst ist, wird dies oft erst spät erkannt, was den Zertifizierungsprozess erheblich verzögern kann.



Versorgt und erforscht chronische Wunden: Dr. Roland Aschoff präsentiert eine kommerziell erhältliche Wundauflage mit eingearbeiteten textilen Biosensoren

# H wie Haut

## Verbesserung der Wundversorgung

» Mit einer Fläche von bis zu zwei Quadratmetern und einem Anteil von fast 20 Prozent am Körpergewicht ist die Haut das größte (Sinnes)Organ des Menschen – und zugleich wohl auch das vielseitigste: Schutz vor Umwelteinflüssen, Temperatur- und Feuchtigkeitsregulierung sowie Immun- und Tastfunktion gehören zu ihren Aufgaben. Ist die Haut verletzt, wird seit Lebzeiten auf textile Medizinprodukte wie Pflaster, Kompressen, Mullbinden und Wundauflagen zurückgegriffen. Sie verschließen Wunden, schützen und verbessern den Heilungsverlauf. Mit modernsten Methoden und faserbasierten Materialien arbeiten Mediziner und Textilforscher daran, die Wundversorgung der lebenswichtigen Hülle stetig zu verbessern.

### Medizintextilien aus der Petrischale

Wenn Forscher aus Textilinstituten bei Frau Dr. Uta-Christian Hipler anrufen, dann oft mit derselben Frage: „Lässt sich dieses oder je-

nes Textil problemlos auf die Haut bringen?“ Die Leiterin des Routine- und In-vitro-Forschungslabors der Klinik für Hautkrankheiten am Universitätsklinikum in Jena erhält daraufhin kleinste Proben von Fasern, Vliesen und Textilstücken, die sie in Petrischalen auf ihre Hautverträglichkeit hin untersucht. Im Falle von Medizintextilien bezieht sich das eingangs erwähnte „problemlos“ vor allem auf Antibakterialität, Biokompatibilität und Zytotoxizität, also der Eigenschaft chemischer Substanzen, als Zellgift zu wirken. „Die Haut ist das größte Immunorgan des Menschen, das zudem die meiste Zeit großflächig von textilen Materialien umgeben ist“, so Hipler. Umso wichtiger sei es, ungünstige Wechselwirkungen bereits in einem frühen Forschungsstadium auszuschließen – speziell im Bereich sensibler Medizintextilien.

Aktuell arbeitet die studierte Chemikerin gemeinsam mit Forschern des Thüringischen Instituts für Textil- und Kunststoff-Forschung (TITK) in Rudolstadt an der Entwicklung und Optimierung antibakterieller Fasern zur Herstellung medizinischer Textilien wie Patienten- und Personalkleidung in Kliniken, Bettwäsche, OP-Bekleidung und Wundauflagen. Die

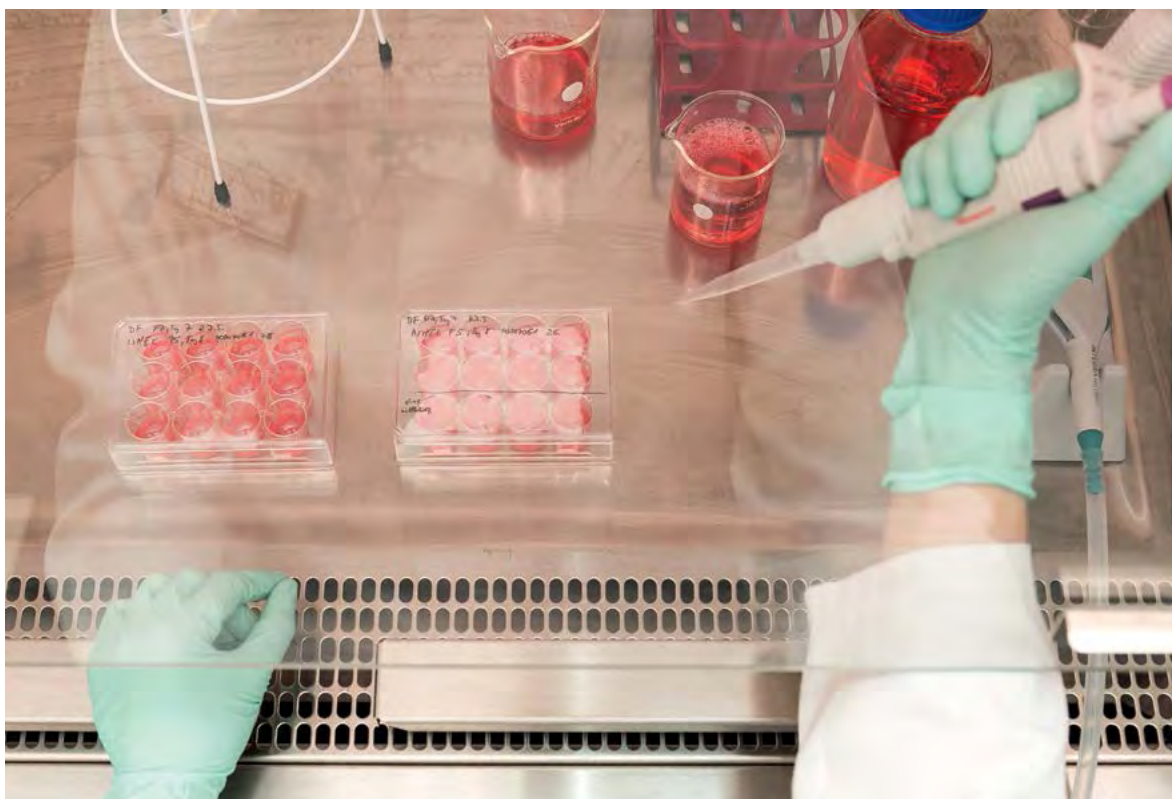


„Hautaufgabe“ Hiplers und ihres Teams besteht dabei darin, die Fasern hinsichtlich ihrer Wirkung auf verschiedene Bakterien zu untersuchen. Ziel ist es, Patientenbekleidung durch Zugabe bestimmter Wirkstoffe so auszustatten, dass diese bei chronischen Hauterkrankungen wie Neurodermitis weiteren Entzündungen vorbeugt und den Juckreiz lindert. Bisher müssen dafür feuchte Umschläge und wirkstoffreiche Salben und Cremes über einen längeren Zeitraum wiederholt aufgebracht werden. Durch diese Form der „Funktionalisierung bewährter Materialien“ ließe sich laut Dr. Hipler die Heilung speziell von chronischen Wunden deutlich beschleunigen.

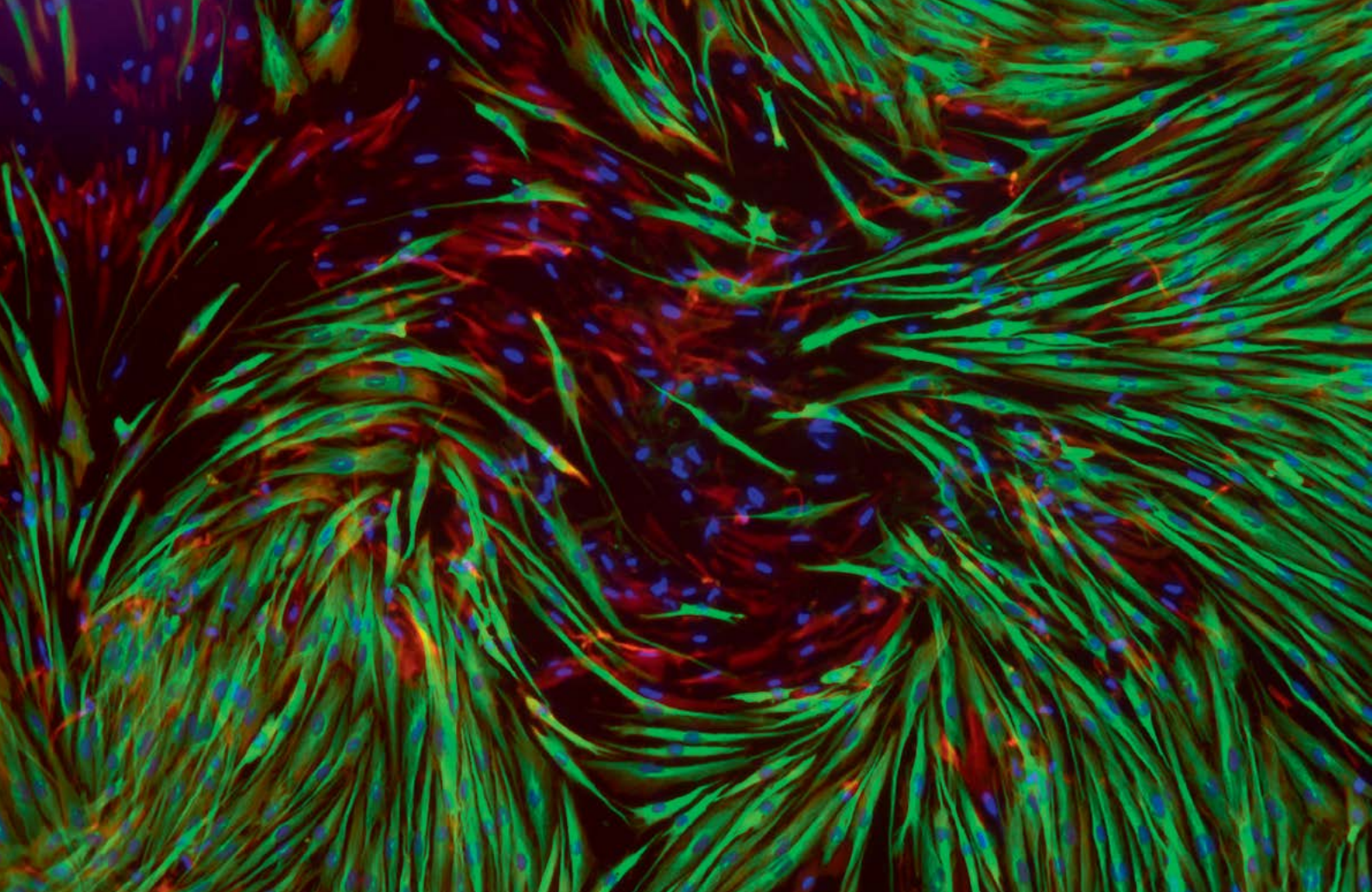
### Funktionalisierung der Klassiker

Es ist die hohe Kunst der Textilforschung dieser Tage, was Laborleiterin Hipler hier für den Bereich der Wundversorgung auf den Punkt bringt: das

Ausrüsten klassischer Fasern mit zusätzlichen Funktionen wie Antibakterialität. Unter dem Stichwort „bioaktive Ausrüstung“ etwa läuft derzeit am DWI – Leibniz-Institut für Interaktive Materialien e. V. in Aachen ein Forschungsvorhaben, bei dem der traditionelle Kunststoff Polycaprolacton (PCL) als Faser-Ausgangsmaterial für die Entwicklung von Wundabdeckungen für Brandwunden dient. Den Anstoß des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekts gab eine Erkenntnis, die Mediziner vor einigen Jahren publiziert haben und die Prof. Dr. Andrij Pich vom DWI so zusammenfasst: „In Brandwunden finden sich vermehrt Metall-Ionen wie Calcium, Zink und Magnesium, was darauf hindeutet, dass der Körper damit die Heilung beschleunigt.“ In Zusammenarbeit mit Wissenschaft-



*Tröpfchen für Tröpfchen: Anhand solcher Kulturen von Keratinozyten – mit über 90 Prozent häufigster Zelltyp der oberen Hautschicht – werden auch Textilextrakte auf ihre Hautverträglichkeit hin untersucht*



*Fluoreszenz-Wimmelbild im Mikrometerbereich: Mit den hier grün schimmernden Fibroblasten (Bindegewebszellen) lässt sich auch die Zellgiftwirkung von Textilien testen*

lern der Medizinischen Hochschule Hannover und der Universität Duisburg-Essen entwickelt Pich auf Basis dieser natürlichen Körperreaktion seit etwa vier Jahren die spezielle Wundabdeckung.

Dabei wird die textile Oberfläche mit einer permanenten hydrogelen Schicht überzogen. Das verhindert zunächst ein Verkleben der Wunde. Andererseits sind in der Hydrogelbeschichtung Nanopartikel aus desinfizierenden Zink-Ionen enthalten. Sie werden nach dem Auftragen auf die Brandverletzung gezielt freigesetzt, um aufgrund ihrer bakteriziden – also Bakterien tötenden – Eigenschaften aktiv zur Wundheilung beizutragen. Pich, der in makromolekularer Chemie habilitiert hat und DWI-seitig im Rahmen des Projekts die Entwicklung des Hydrogels und die Freisetzungsgeschwindigkeit der Zink-Ionen übernommen hat, zeigt sich im vierten Forschungsjahr überzeugt, dass die faserbasierten Abdeckungen Brandwunden künftig schneller heilen lassen

werden: „Derzeit laufen bereits Wundheilungstests, die uns sehr zuversichtlich stimmen.“

### Textile Biosensoren zur Überwachung chronischer Wunden

Auch an der Poliklinik für Dermatologie am Universitätsklinikum Carl Gustav Carus in Dresden spielt die Optimierung des Heilungsverlaufs chronischer Wunden – für die es dort eine eigene Spezialprechstunde „Wunde“ gibt – eine wesentliche Rolle. Poliklinik-Leiter Dr. Roland Aschoff berät deshalb seit einem Jahr das Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden bei der Entwicklung textiler Biosensoren zur Überwachung des Heilungsverlaufs langwieriger Wunden. „Der Entwicklungsaufwand ist enorm, doch die Zwischenergebnisse sind sehr vielversprechend“, fasst Aschoff den aktuellen Stand zusammen.

Das Problem bei chronischen Wunden: Sie heilen nur sehr langsam (oder gar nicht) und sind somit für den Patienten eine beharrlich schmerzende Erschwernis, etwa im Falle von *Ulcus cruris*, einem





*Gegen Bakterien gerichtet: Ob Fasern wirklich antibakteriell sind, entscheiden solche Untersuchungen in der Klinik für Hautkrankheiten an der Uniklinik Jena*

offenen Bein. Die meist nässenden Geschwüre müssen mühsam über einen Zeitraum von Monaten und oft Jahren mit Wundauflagen, Salben und Cremes versorgt werden. „Moderne Therapien verfolgen klar die feuchte Wundbehandlung, weil eine feuchte Wunde sehr viel besser heilt“, so Aschoff. Weil Salben häufig zu Kontaktallergien führen, werden oft textile Wundauflagen, etwa aus Hydrofasern, eingesetzt. Weil diese jedoch die Wunde be- und somit verdecken, ist eine präzise Beurteilung des Heilungsverlaufs nicht möglich; in der Folge findet der (oft schmerzhaft) Verbandswechsel entweder zu früh oder zu spät statt. Hier greifen die textilen Biosensoren des ITM: Sie sollen Informationen über den Zustand der Wunde liefern – heilt diese günstig, kann der schützende Verband noch auf der Verletzung bleiben, ist der Heilungsverlauf ungünstig, muss er gewechselt werden. Zudem sollen die Sensoren durch Aufnahme des Wundsekrets zeitnah auf mögliche Entzündungen hinweisen.

Für Oberarzt Aschoff, der auch die klinischen Vorstudien der biosensorischen Wundauflagen durchführen wird, ist die Funktionalisierung textiler Verbandsmaterialien naheliegend: „Früher gab es die klassischen Baumwollhemden, heute bezahlbare Funktionsbekleidung, die von sich aus die Feuchtigkeit abführt und den Wärmeaustausch reguliert – ich bin mir sicher, da wird sich auch in der Wundversorgung noch jede Menge tun.“

### Preis für Alginat-Implantat

Dass die Entwicklung von Medizinprodukten dank textilen Know-hows immer weiter voranschreitet, belegt auch die Entscheidung der Deutschen Gesellschaft für Wundheilung und Wundbehandlung, 2014 Christine Lämmle auf dem 17. Jahreskongress mit ihrem Forschungspreis zu bedenken. Lämmle, die im Rahmen ihrer Promotion an einem Kooperationsprojekt der Abteilung für Hygiene, Umwelt & Medizin der Hohenstein Institute und der AG Experimentelle Plastische Chirurgie des BG Universitätsklinikums Bergmannsheil Bochum mitwirkt, bekam die Auszeichnung für die Etablierung eines stammzellbesiedelten Alginat-Implantats als Alternative zu den so genannten Lappenplastiken. Die sind vor allem im Bereich der rekonstruktiven Chirurgie im Einsatz. Dabei wird zur Wiederherstellung beispielsweise nach Verbrennungen oder großflächigen Wunden an einer anderen Stelle des Körpers gesundes Haut- und Fettgewebe entnommen und auf die Weichteilverletzungen aufgebracht. Das Alginat-Implantat, das die Umwandlung von körpereigenen Stammzellen in Adipozyten (Fettzellen) und deren Ansiedlung befördert, soll helfen, dem Patienten die Strapazen einer solchen Prozedur zu ersparen bzw. die Therapie auf einen einzelnen Eingriff zu beschränken.

# Experimentell

## Faserbasierte Komponenten aus Sicht der Medizinforscher

» In experimenteller Forschung werden die Medizinprodukte und Therapieformen der Zukunft entwickelt. Innovationssprünge sind auch von faserbasierten Einsatzkomponenten zu erwarten, so zwei langjährige Medizinforscher aus Tübingen und Dresden.

Gefäßprothesen, künstliche Lungen und Herzen, Kanülen und Katheter – Dinge des Alltags für Hans Peter Wendel, Professor für experimentelle Herzchirurgie und seit 15 Jahren Forschungsleiter der Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie am Universitätsklinikum Tübingen. Wendel und sein Team beschäftigen sich schwerpunktmäßig mit der Hämostaseologie, der Lehre von der Blutgerinnung beim Kontakt mit körperfremden Materialien, und untersuchen dabei die Blutverträglichkeit von Medizinprodukten.

Dabei sehen sie genau hin, was beim Kontakt von Fremdoberflächen mit Blut abläuft, beispielsweise bei Faserprodukten auf

Basis von Polyester oder Polypropylen, das klassisch auch zur Herstellung von Sport- und Outdoorbekleidung eingesetzt wird. „Neben Filtern von Herz- und Lungenmaschinen sind auch Gefäßprothesen und Herniennetze für Leistenbrüche gängige faserbasierte Produkte unserer Laboruntersuchungen“, sagt Prof. Dr. Wendel, der diese vor allem wegen ihrer Elastizität und guten Verarbeitbarkeit zur Herstellung von Implantaten für geeignet hält. Aufgrund ihrer nicht ausreichenden Blutverträglichkeit müssen jedoch auch die „Faserimplantate“, ebenso wie andere im Menschen verwendete Materialien, mit einer blutfreundlichen Beschichtung versehen werden.

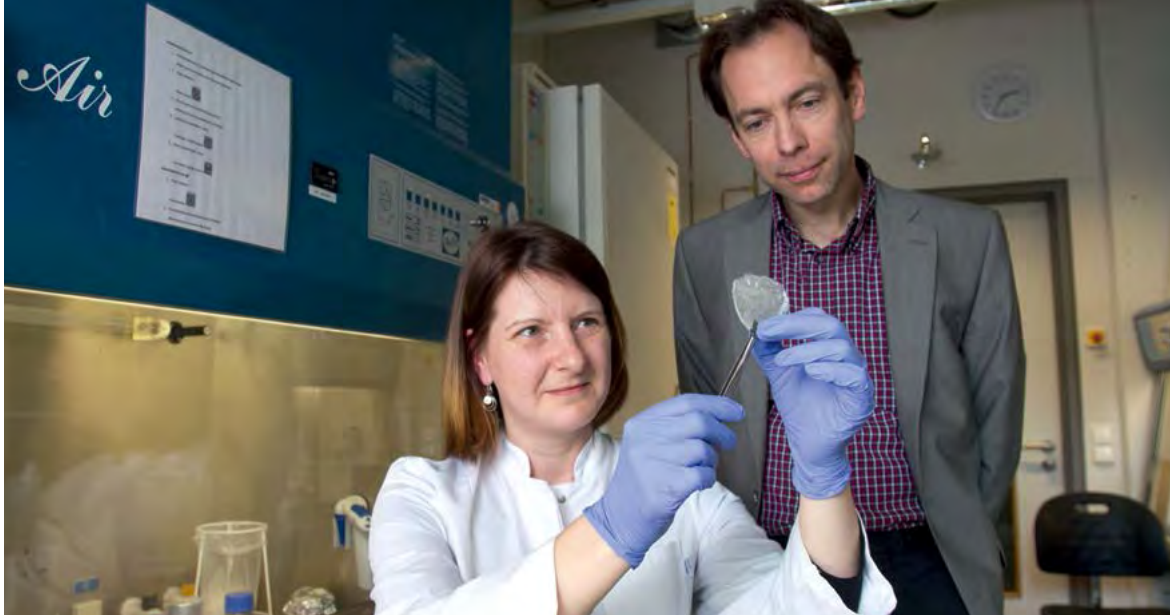
### Das wirkt: wirkstoffbeladene Textilien im Vormarsch

Fast schon Beschichtungsklassiker sind dabei körpereigene oder Stammzellen, die beim Einbringen eines mit ihnen besiedelten Implantats dem Körper signalisieren sollen: „Hey, ich bin eine körpereigene Fläche, nimm mich an!“ Doch die Forscher denken weiter. „Wir arbeiten verstärkt an Beschichtungen, die zusätzlich Substanzen und Wirkstoffe lokal freigegeben sollen, um den Heilungsverlauf direkt im Patienteninneren zu unterstützen“, so Wendel, der dem Einsatz textiler Implantate einen Zuwachs prophezeit: „Im Bereich der künstlichen Organgerüste spielen textile Materialien schon länger eine Rolle, doch speziell in Verbindung mit biologischen Beschichtungen wird der Einsatz von Textilimplantaten weiter zunehmen.“ So könnten künftig wirkstoffbeladene Textilstücke direkt auf dem Herzen zum Einsatz kommen, wo sie – Stichwort „Drug Delivery“ – Wirkstoffe gezielt freigegeben, um Heilungsvorgänge nach einem Herzinfarkt einzuleiten.



Professor der Herzen: Prof. Dr. Hans Peter Wendel, Forschungsleiter der Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie an der Uniklinik Tübingen





*Forschungsalltag in Dresden: Doktorandin Elke Goßla und Biomaterialforscher Prof. Dr. Gelinsky bei der Begutachtung eines Flock-Scaffolds aus Chitosan*

## Das flockt: textiles Verfahren für Gelenkknorpelersatz

Außerdem im Fokus der experimentellen Forschung: Knochen und Knorpel, zwei der Hauptforschungsfelder von Prof. Dr. Michael Gelinsky. Als Leiter des Zentrums für Translationale Knochen-, Gelenk- und Weichgewebeforschung am Universitätsklinikum Carl Gustav Carus an der TU Dresden verfolgen Gelinsky und seine Kollegen die Entwicklung neuer Therapiekonzepte zur besseren Heilung von Knochen- und Knorpeldefekten. Ihr Ansatz: durch Kombination verschiedener Ansätze bestehende Behandlungsmethoden kontinuierlich weiterentwickeln. Dabei kommen auch textile Materialien ins Spiel, unter anderem, wenn es um mechanische Anforderungen geht: „Vor allem die Gewebe des Bewegungsapparates, speziell jene der Knochen, sind starken mechanischen Belastungen ausgesetzt; mögliche Ersatzmaterialien müssen deshalb ähnlich gute mechanische Stabilität aufweisen – die Verwendung textiler Materialien ist da naheliegend“, erklärt Prof. Gelinsky.

Neben den Materialien selbst sind auch textile Herstellungsverfahren Gegenstand der Medizinforschung. So lasse sich durch textile Verfahren die Porenstruktur von Biomaterialien leicht und fast beliebig variieren in puncto Geometrie, Größe und Anordnung, wodurch körpereigene Zellen und Gewebe besser einwachsen können. Aktuell etwa arbeiten der promovierte Chemiker Gelinsky und sein Team mit Textilforschern des Instituts für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden daran, das Verfahren der elektrostatischen Beflockung für den medizintextilen Einsatz flott zu machen. Dabei werden Millionen kleinste

kurz geschnittene Flockfasern auf eine mit Klebstoff beschichtete Fläche aufgebracht – das samtene Ergebnis an der Innenseite von Uhren- oder Schmuckschachteln hat wohl jeder schon mal bei der Berührung als angenehm empfunden.

Ziel des Forschungsprojekts ist die Herstellung druckelastischer „Flock-Scaffolds“, also kleiner Flock-Gerüste aus biologisch abbaubarem Chitosan. Mit ihnen soll die Regeneration eines defekten Gelenkknorpels gefördert werden. Dazu werden die Zwischenräume der Chitosangerüste mit patienteneigenen Knorpelzellen besiedelt und dann das Gebilde, das einer Igelbürste ähnelt, kopfüber in den Defekt eingelassen. Die an der „Chitosan-Igelbürste“ senkrecht haftenden Patientenzellen sollen helfen, einen möglichst originären Gelenkknorpel nachzubilden. Das Chitosan im Körper löst sich mit der Zeit vollständig auf.

Auf die Frage, warum hier ein textiles Verfahren verwendet wird, hat Prof. Gelinsky eine klare Antwort: „Der Vorteil von textilen Verarbeitungstechniken ist, dass sie sehr variabel sind und sich die Eigenschaften der erhaltenen Produkte wie Porosität leicht einstellen und an die jeweiligen Anforderungen anpassen lassen.“ Zwar wird beim Gang durch das Labor schnell klar, dass hier eine große Vielzahl auch nicht-textiler Herstellungsverfahren zum Einsatz kommen, doch der Forscher zeigt sich überzeugt: „Das Anwendungspotenzial textiler Verfahren im Bereich Medizintechnik ist noch lange nicht ausgeschöpft.“

# Kampf dem Keim

## Textile Beschichtungen mit Resistenzfaktoren

» Laut Bundesgesundheitsministerium sterben bundesweit jährlich bis zu 15.000 Patienten nach Infektionen mit multiresistenten Keimen während eines Klinik-aufenthalts. Textilien mit antibakteriell ausgerüsteter Oberfläche können dazu beitragen, diese hohen Morbiditätszahlen einzudämmen.

Fieberhaft wird deshalb in mehreren Textilforschungseinrichtungen speziell für das Gesundheitswesen an der Verbindung effizienter Wirkmechanismen mit textilen Trägerstrukturen gearbeitet. Um gefährliche Keime abzutöten und die Erregerübertragung zu minimieren, werden beispielsweise Textilien mit biozidwirkenden Silber-, Zink- oder Kupferpartikeln angereichert. Daraus entstehende Produkte finden u. a. als Bettwäsche, Handtücher oder Berufsbekleidung von Ärzten und Pflegepersonal Verwendung.

### Bakterienschutz auch nach mehreren Waschgängen

Am TITK in Rudolstadt gelang jetzt die Entwicklung einer Basistechnologie zur Mikробekämpfung über die Ausrüstung synthetischer Endlos-Multifasern im Schmelzspinnprozess mittels organisch gebundener bioaktiver Metallsalzverbindungen. Erstmals konnten die vorgenannten Metalle mikrogekapselt mit breitbandbakterizider Wirkung in Kunststoffverbundmaterial eingebettet werden. Der Effekt: hohe Wirksamkeit bei niedrigster Substanzkonzentration. Für die neue Lösung spricht auch, dass die Verarbeitungsparameter für die gängige Spinnentechnologie einfach

übernommen werden können, das Produktions-equipment nicht modifiziert werden braucht. Auch nach zahlreichen Waschgängen und mechanischer Beanspruchung hemmt die eingebaute Bremse das Wachstum des berühmt-berüchtigten Bakteriums *Staphylococcus aureus* effizient. Allergische Reaktionen oder gar Gefahren für die roten Blutkörperchen und Zellschädigungen der Textildnutzer konnten dabei ausgeschlossen werden.

Am DWI in Aachen wurden derweil u. a. erfolgreich Projekte zu antibakteriellen Beschichtungen textiler Bahnwaren für medizintechnische Zwecke, zu permanent breitbandig antimikrobieller Ausrüstung wollhaltiger Produkte durch Beschichtung mit zwei synergistisch wirksamen Komponenten sowie zu ebenso wirkenden Fusionsproteinen und künstlichen Polymeren vorangetrieben, die natürliche antimikrobielle Substanzen nachahmen.

Unterstützung kommt mitunter auch von Nicht-Textilern: Technologieentwickler des auf Oberflächenoptimierung spezialisierten Innovent e. V. in Jena fanden einen kostengünstigen Weg, Textilien und andere medizinisch genutzte Materialien mithilfe eines speziellen Plasmaverfahrens unter Normaldruck nachträglich antibakteriell aufzurüsten. Das mit Nanoteilchen bestückte Schichtsystem aus Siliciumdioxid wirkt effizient gegen die bislang bekannten gefährlichsten Bakterien – selbst dann, wenn die metallischen Gegenmittel nur in geringer Konzentration Verwendung finden.

Damit die Industrie für den Kampf gegen Keime tatsächlich taugliche Produkte liefern kann, müssen zuvor Wirksamkeit und Unbedenklichkeit des Gegenmittels unabhängig getestet und belegt





*Unter dem Mikroskop „nett“ anzusehen und doch alles andere als harmlos: das zunehmend gegen Antibiotika resistente Bakterium Staphylococcus aureus*

werden. Mehrere Forschungszentren bauten dafür spezielle Testlabors auf. Die Hohenstein Institute untersuchen beispielsweise derzeit gemeinsam mit Kliniken, Pflegeeinrichtungen und Industriepartnern, wie effektiv antimikrobielle Textilien Infektionsketten in Pflegesituationen durchbrechen. Prof. Dirk Höfer, Direktor des Fachbereichs Hygiene, Umwelt & Medizin, verspricht sich konkrete Erkenntnisse zum hygienischen Zusatznutzen dieser Textilien und klare Vorgaben für die Produzenten.

### Prüflabore untersuchen antibakterielle Textilbeschichtungen

An der Hochschule Niederrhein wurde 2014 ebenfalls ein mikrobiologisches Prüflabor etabliert, dessen Ausstattung und Organisation die Arbeit mit Infektionserregern der Risikoklasse II gestattet. Dort laufen in Kooperation mit der Uni Witten/Herdecke Untersuchungen zur Wirksamkeit antimikrobieller Substanzen in Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen. Ihr Ziel sind Erkenntnisse dazu, wie die Menge vorhandener Feuchtigkeit die Wirkung von Silber-Ionen gegen unterschiedliche Bakterien beeinflusst.

Über vergleichbare Möglichkeiten verfügt das ebenfalls der Sicherheitsstufe II entsprechende Labor des TITK. Hier bestimmt man die antibakterielle Wirksamkeit und analysiert die Biokompatibilität von Fasern, Geweben und Filamenten: Materialextrakte werden mit empfindlichen Zellen zusammengebracht. Falls die durch toxische Substanzen aus dem Testmaterial geschädigt werden sollten, lässt sich das mikroskopisch nachweisen und auch quantifizieren.

Neben dem Risikoausschluss dienen die Prüfverfahren mitunter auch dem Abbau von Vorbehalten. So hatten Kritiker vor einigen Jahren vermutet, antibakteriell funktionalisierte Bekleidung könnte die Haut der Träger negativ beeinflussen. Die Hohenstein Institute ließen daraufhin 90 Probanden vier Wochen lang speziell ausgestattete T-Shirts tragen, bauten auch eine Placebo-Gruppe ein. Die dermatologisch begleitete Untersuchung von Hautflora und Mikroklima belegte: Die Shirts und mit ihnen die integrierten Wirkstoffe hatten keinerlei nachteilige Wirkung.

# M wie Monitoring

Körpersignale mit Fasern erfassen



*Weich und sensorisch: Ein ITA-Promovend misst mit den moosgestickten Elektroden in der Lumbalbandage seine Vitalfunktionen*

» Während in der öffentlichen Debatte die Begriffe „Überwachung“ und „Beobachtung“ inzwischen eher einen negativen Beigeschmack haben, sind sie in der Medizin über jeden Zweifel erhaben. Das (über)lebenswichtige Monitoring umfasst die Kontrolle solcher Vitalparameter wie Atmung und Kreislauf ebenso wie das Beobachten des Gesundheitszustands von Dauerpatienten, älteren Menschen, Risikogruppen und Sportlern. Mit den an Ärzte oder Pfleger übermittelten Daten lassen sich gesundheitliche Risiken minimieren oder durch frühzeitige Erkennung sogar vermeiden. Seitdem die Textilforschung elektrisch leitende Garne entwickelt hat und Sensoren in faserbasierte Materialien integrieren kann, wird das Monitoring durch immer neue Möglichkeiten bereichert.

## Vitalfunktionen sanft im Blick

Am ITV Denkendorf etwa wurde in Zusammenarbeit mit der Tübinger Uniklinik und weiteren Partnern ein Body entwickelt, der mittels integrierter Sensoren die Vitalfunktionen von Babys überwachen kann. Zunächst für kranke und besonders gefährdete Kinder gedacht, ist eine Verwendung auch abseits des Klinikbereichs in Kinderzimmern geplant. Der Vorteil solcher in Bekleidung integrierter Monitoring-Lösungen, oft auch unter dem Schlagwort „Wearables“ gefasst, liegt auf der Hand: Sie vereinen Eigenschaften, die jeder als „gemütlich“, „bequem“ oder „sitzt gut“ von Stücken aus dem eigenen Kleiderschrank kennt, mit den technologischen Anforderungen an intelligente und sichere Überwachungssysteme direkt auf der Haut.

Solche Charakterisierung trifft auch auf die textilen Elektroden aus Aachen zu, die am ITA an

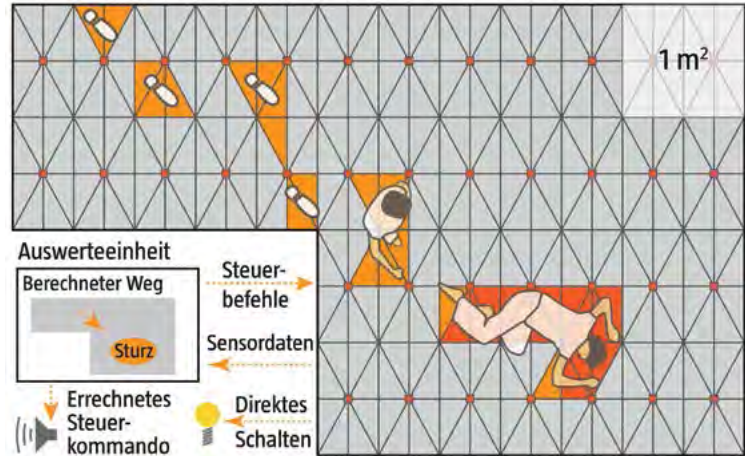


*Faserforschung für die Kleinen: Der mit Sensoren ausgestattete Baby-Body des ITV Denkendorf behält auch kleinste Herzen zuverlässig im Blick*

der RWTH Aachen entwickelt wurden und zugleich überwachen und stimulieren können. Die mit dem so genannten Moosstickverfahren hergestellten voluminösen und weichen Elektroden lassen sich in Lumbalbandagen, Unterwäsche oder T-Shirts integrieren, um von dort aus körpernah entweder die Vitalparameter zu erfassen oder im Rahmen einer Elektrotherapie Stromimpulse in den Körper einzuleiten. Das soll helfen, dem Nutzer ein hohes Maß an Mobilität und Komfort zu erhalten – zwei Anforderungen, die angesichts einer stetig älter werdenden Bevölkerung immer selbstverständlicher werden.

### Teppich macht Meldung

Um auch noch in den letzten Lebensjahren möglichst lange selbstbestimmt leben und mobil bleiben zu können, steigt der Bedarf an komfortablen Komponenten zur Erfassung, Übertragung und Speicherung von Daten. Der „SensFloor“ genannte Bodenbelag der Future-Shape GmbH aus Höhenkirchen soll Älteren und Demenzkranken (möglichst lange) den Komfort des eigenen Zuhauses sowie eine größtmögliche Selbstbestimmung in einer professionellen Pflegeeinrichtung ermöglichen. So kann die rund drei Millimeter starke textile Unterlage unter



*Schritt für Schritt: Die intelligente Unterlage von Future-Shape erkennt und meldet Anwesenheit, Bewegungsrichtung und mögliche Stürze von Personen*

verschiedenartigen Bodenbelägen, also auch unter dem eigenen Teppich, verlegt werden. Von dort aus erkennen integrierte Sensoren die Anwesenheit und Bewegungsrichtung von Personen (siehe Grafik).

Entscheidend: Die Unterlage kann gehende von liegenden Personen unterscheiden; stürzt jemand, wird umgehend ein Notfallsignal an das Pflegepersonal abgesetzt, das helfend eingreifen kann. Der Bedarf solcher Systeme scheint zu steigen, wie Future-Shape-Geschäftsführerin Christl Lauterbach feststellt: „Wir konnten dieses Jahr einen deutlichen Anstieg der Nachfrage nach unserem SensFloor-System sowohl im Inland als auch in Nachbarländern wie Frankreich verzeichnen. Offensichtlich rücken Assistenzlösungen stärker in das Bewusstsein der verantwortlichen Planer.“

Weiterer Forschungsbedarf in Sachen faserbasierte Signalerfassung besteht laut Branchenkennern in der Verbesserung der Qualität der erfassten Daten, der Optimierung des Tragekomforts sowie beim Leistungsverbrauch.





Manschette zum Kühlen und Abschwellen: Innovativ ist der auf das Baumwollgewebe aufgestickte medienführende Schlauch

# T wie Therapiehilfen

## Nervenstimulation und Schmerzlinderung

» Dass Textilien für Therapieverfahren interessant sein können, war bis vor wenigen Jahren allenfalls Theorie. Tatsächlich hat die Therapiepraxis in letzter Zeit durch intelligente Textilien (Smart Textiles) einen Schub bekommen, wie folgende Beispiele belegen:

Ziel von Therapien ist es, Symptome psychischer oder körperlicher Erkrankungen zu lindern bzw. ganz zu beseitigen und den gesamten Heilungsverlauf zu beschleunigen. Im Fokus der Behandlungsmaßnahmen stehen Verletzungen, Krankheiten oder Behinderungen. Ein Beispiel für eine Verletzung, bei der das Lindern der schmerzhaften Symptome von entscheidender Bedeutung ist, ist der Dekubitus. Infolge von Bettlägerigkeit entstehen dabei durch kontinuierlichen Druck auf die Haut Geschwüre. Hunderttausende Menschen jährlich sind betroffen.

Das Sächsische Textilforschungsinstitut e. V. (STFI) hat deshalb gemeinsam mit tschechischen Partnern eine passiv wirkende Bettelinge zur Dekubitusprophylaxe entwickelt. Dabei handelt es sich um eine Kombi-

nation aus verschiedenen Abstandstextilien, die eine druckentlastende und thermoregulierende Wirkung ausüben und so verhindern, dass die Druckgeschwüre überhaupt erst entstehen bzw. sich verschlimmern. Dadurch sollen die Sterblichkeitsrate, die Schmerzen der Patienten sowie die Behandlungs- und Pflegekosten verringert werden.

Inzwischen können auch die Betroffenen von chronischen, muskulären Rückenschmerzen auf textilbasierte Therapiehilfen zurückgreifen. So hat das Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e. V. (TITV) in Greiz gemeinsam mit Philips ein „Blue Touch“ genanntes Medizingerät umgesetzt, bei dem neue Erkenntnisse der therapeutischen Anwendung blauen LED-Lichts eingeflossen sind. Nach ihnen setzt blaues LED-Licht körpereigene Prozesse in Gang, die schmerzlindernd wirken; zudem entspannen die geschädigten Muskeln und Durchblutung und Regenerierung werden verbessert.

Das Herz des Schmerzlinderungssystems, mit dem die Patienten ohne Nebenwirkungen ihre Rückenbeschwerden lindern sollen, ist ein in Greiz entwickeltes textiles Trägersubstrat aus zum Teil leitfähigem Gewebe, auf dem auf einer Fläche von acht mal zehn Zentimetern 40 LEDs befestigt sind.

Künftig soll der Ansatz auf weitere Anwendungsfälle ausgeweitet werden, etwa auf Patienten mit Karpaltunnelsyndrom. Dabei ist der durch das Handgelenk verlaufende Mittelarmnerv eingeengt, Kribbeln, Taubheitsgefühl und Schmerzen in Hand und Arm sind die Folge.

### Kühlmanschette und Hightech-Mütze

Zur gezielten Kühlung von Weichteilen, Muskeln und Gelenken lässt sich eine Kühlmanschette einsetzen, die im Ergebnis der Zusammenarbeit von W. Reuter & Sohn Spitzen und Stickereien GmbH im Vogtland, dem STFI und weiteren Partnern entstanden ist. Mit der Neuerung sollen Schwellungen infolge von Verstauchungen oder Brüchen schnell und schonend zurückgedrängt werden, vor allem jene unter Gipsverbänden vor Operationen. „Um eine Verletzung wie einen Hand- oder Sprunggelenksbruch unter dem Gips operieren zu können, muss erst die Schwellung vollständig abgeklungen sein“, erklärt Kay Reuter, Assistent der Geschäftsleitung bei W. Reuter & Sohn. Bisher geschehe das mit Eis und Kühlakkus, lokale Unterkühlungen nicht ausgeschlossen. Die mobile und stationär einsetzbare Kühlmanschette hingegen, bei der ein Medienfüh-

der Schlauch auf ein elastisches, medizinisch verwendbares Baumwollgewebe aufgestickt ist, lasse sich durch den Patienten stufenlos von warm bis kalt regulieren und so auf die optimale Temperatur einstellen. Damit sollen den Patienten Linderung verschafft, Operationen schneller begonnen und die Heilung beschleunigt werden können.

Auch die Nervenstimulation ist mittlerweile ein textiles Forschungsfeld. Aktuell arbeiten die TU Ilmenau und die warmX GmbH aus Apolda an einer textilen „Hightech-Mütze“ zur so genannten transkraniellen – in etwa: „durch den Schädel“ – Stromstimulation. Unter Annahme, dass diese nicht-invasive Form der Stimulation des Gehirns positive bioelektrische, biochemische und Stoffwechselprozesse auslöst, werden mit ihr unter anderem Patienten mit Depression, Schlaganfall, Migräne oder Demenz behandelt. Bisher werden dafür Einzelelektroden überwiegend aus Gummi verwendet, die vom Arzt mit Bändern am Kopf des Patienten befestigt werden müssen. Das soll mit der textilen Haube künftig schonender ablaufen.



*Licht am Ende des Karpaltunnels: Ist der Durchgang für Nerven und Sehnen am Handgelenk verletzt, könnte künftig diese Karpaltunnelsyndrom-Manschette zum Einsatz kommen*



*Durch den Schädel: Die textile Haube soll künftig als Therapiehilfe nicht-invasiv die Nerven von Schlaganfallpatienten und Demenzkranken stimulieren*

# Junges Blut

Mit Nachwuchswissenschaftlern im Gespräch

» Jede Innovation wird irgendwann zur Tradition. Die Innovations- und Zukunftsfähigkeit eines Bereichs lässt sich deshalb auch daran ablesen, ob frisches Blut in Form von Nachwuchs eintröpfelt, der Tradiertes belebt, bewährte Lösungen weiterentwickelt und Sätze wie „Das haben wir immer schon so gemacht“ mit neuen Ideen pulverisiert. An den Textilinstituten ist auch im Segment Medizintechnik viel junges Blut unterwegs, wie die folgenden Beispiele zeigen.

## Maschinenbauerin mit Flechtambitionen

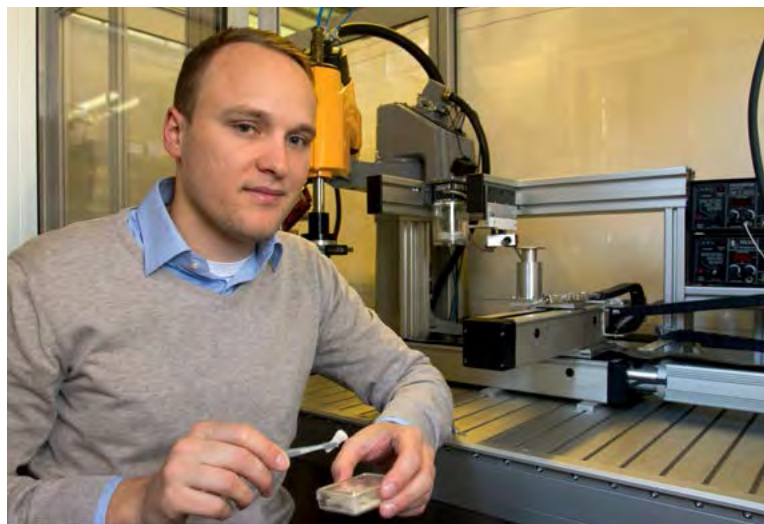
Kathrin Kurtenbach, wissenschaftliche Assistentin am Institut für Textiltechnik (ITA) an der RWTH Aachen, beschäftigt sich in ihrem derzeitigen Forschungsalltag nicht zufällig mit geflochtenen Stützstrukturen für gezüchtete Gewebe und künstliche Kreuzbänder. Schon während ihres Studiums hat die diplomierte Maschinenbauerin den Bereich Medizintechnik favorisiert. „Auch wenn die Kombination Maschinenbau und Medizintextilien für Außenstehende verwunderlich klingen mag, sie ist naheliegend: Das OP-Besteck, Apparate wie Herz-Lungen-Maschinen, Implantate – alles Maschinenbau“, erklärt die Nachwuchstextilerin, die schon früh als studentische Hilfskraft zum ITA kam. Ihr spannendstes Projekt: die Mitentwicklung geflochtener und mit Zellen besiedelbarer Strukturen für Atemwege, Blutgefäße und Speiseröhren, um Verengungen zu verhindern. Bisher werden dafür Metall-

röhrchen verwendet. Das klingt schon eher nach Maschinenbau. Doch Kurtenbach will den Fasern treu bleiben: „Mich fasziniert die Mischung aus textilen Materialien und menschnaher Forschung“, so die 30-Jährige.

## MINT – mit Betonung auf T

„Entwicklung eines textilen aktuatorischen Elektrodensystems zur gezielten Stimulation einzelner Muskeln bzw. Muskelgruppen“ – Katharina Gnewuch Diplomarbeit gehört auf den Nachttisch jener Zweifler, die die Stärken von Frauen eher in den Geistes- als den Naturwissenschaften verorten. Googelt der Interessierte die Diplomingenieurin (FH) – Studium: „Physikalische Technik“, Schwerpunkt: „Biomedizinische Technik“ – namentlich, wird alsbald ein Foto auftauchen, auf dem sie einen Handschuh mit Kabeln daran trägt: Der „Therapiehandschuh für Schlaganfallpatienten“ (siehe Seite 6) kann von der Wertigkeit her getrost mit einer Goldenen Schallplatte in der Musikindustrie verglichen werden. „Ich habe das Projekt damals von einem Kollegen übernommen und es zu Ende geführt“, sagt Forscherin Gnewuch heute, die seit 2008 am Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e. V. (TITV) in Greiz arbeitet. Bei aller Bescheidenheit: Im Auftrag eines Ärzteteams der Ruhr-Universität Bochum als Behandlungsoption am TITV Greiz primär in Händen der 32-Jährigen entwickelt und erforscht, ist der Handschuh, der mit gestickten textilen Elektroden versehen ist und ganz einfach selbst angelegt werden kann, seit 2014 als Komplettsystem auf dem Markt und hilft ganz konkret bei der rehabilitativen Versorgung von Schlaganfallpatienten. Heißt: Transfer gelungen.





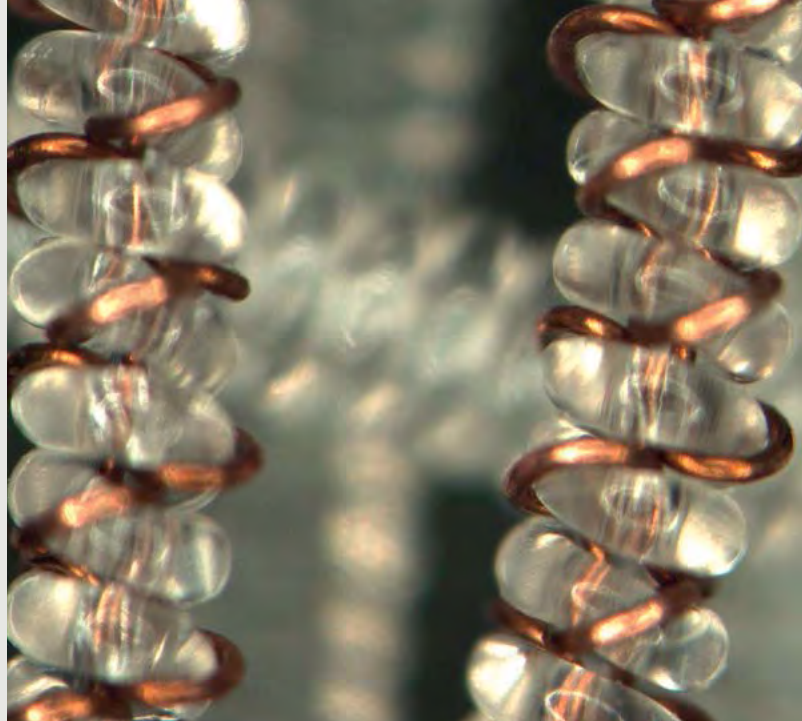
## Die Knochenjäger aus Denkersdorf und Dresden

„Ich beschäftige mich mit der Herstellung und Optimierung von Keramikfasern, die im Bereich der Medizin vor allem als Knochenersatz interessant sind. Wir arbeiten entlang der Frage: ‚Wie lassen sich defekte Knochen bestmöglich stabil rekonstruieren?‘ Ein steigendes Durchschnittsalter der Bevölkerung sowie Knochendefekte infolge von Unfällen und Krankheiten regulieren den Bedarf an Werkstoffen zur Knochenrekonstruktion. Weil Keramik dem physiologischen Knochen ähnelt und zudem biokompatibel ist, kann sie als Knochenersatz helfen, Mobilität wiederherzustellen und bis ins hohe Alter zu erhalten. Neben keramischen Faserverbundimplantaten entwickeln wir auch Faserwatten auf Basis von Calciumphosphat, die sich vom Chirurgen leicht handhabbar in den Körper einbringen lassen und aufgrund ihrer biologischen Aktivität die Knochenneubildung und damit die Heilung aktiv unterstützen können.“

*Dr. Stephanie Pfeifer, 29, Diplomchemikerin am Institut für Textilchemie und Chemiefasern Denkersdorf (ITCF) in der Abteilung „Intelligente Materialien und Hochleistungsfasern“*

„Wir forschen in enger Zusammenarbeit mit Medizinern unter anderem an faserbasierten Implantaten als Knochen- oder Knorpelersatz. Derzeit befasse ich mich vor allem mit der Porosität menschlicher Knochen. Unser Ziel ist es, das Einwachsen der Implantate zu verbessern. Dazu muss die Struktur der künstlichen Implantate dem natürlichen Knochengewebe so nah wie möglich kommen. Mediziner interessiert ja oft nicht, wie etwas hergestellt wird, es muss eben funktionieren. Mich hingegen reizen die ingenieurstechnischen Herausforderungen bei der Herstellung abbaubarer faserbasierter Implantate. Weil die Anpassung der Strukturen und Materialien nur im Dialog gelingen kann, bilden Mediziner und Ingenieure dabei ein gutes Tandem.“

*Ronny Brünler, 29, Diplomingenieur Maschinenbau am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik an der TU Dresden in der Forschergruppe „Bio- und Medizintextilien“*



Nah dran: Stereo-Lupenaufnahme eines textilen Muskels

## Interview: Die Muskeln spielen lassen

» Drei Fragen an Christin Glöckner, 29, Teamleiterin in der Abteilung „Hygiene, Umwelt & Medizin“ an den Hohenstein Instituten in Bönningheim:

### Was ist Ihr aktuelles Lieblingsprojekt?

Schwer zu sagen, ich mag alle. Derzeit läuft ein spannendes Projekt unter dem Schlagwort „Textiler Muskel“. Dabei wird ein Polymergarn mit Metall verdreht und mit Strom aktiviert, dadurch entsteht Wärme. Die Folge: Das Polymergarn zieht sich zusammen, es entsteht Bewegungsenergie. Damit ließe sich übrigens das bis zu 300-Fache des Eigengewichts heben. Zum Vergleich: Ein natürlicher Muskel schafft ungefähr das 20-Fache. Interessant wären solche textilen Muskeln im Reha- und Orthopädiebereich.

### Warum forschen Sie an Medizintextilien?

Ich bin vor meiner Zeit hier am Institut im Rahmen eines freiwilligen sozialen Jahres im Krankenhaus tätig gewesen, dabei wurde mein Interesse für die Medizin geweckt. Später habe ich mich dann zwar für „Produkt- und Prozessengineering für Textilien“ eingeschrieben, jedoch schnell gemerkt, dass der Bereich Textil so groß ist, dass er sogar die Medizin berührt. Dann habe ich

mich für meine Bachelorarbeit initiativ direkt in der Abteilung „Hygiene, Umwelt & Medizin“ beworben – hat geklappt. Mich freut vor allem, dass sich bei der Forschung an Medizintextilien direkte Erfolge einstellen, etwa wenn ein Krankheitsbild durch eine textile Neuentwicklung verbessert wird und Patienten geholfen werden kann – oder sie wieder hoffen können.

### Medizin und Textil – ein Zukunftsfeld?

Für mich auf alle Fälle. Ich finde die Interaktion von Mensch bzw. Haut und Textil ungemein faszinierend. Ich denke, es ist noch nicht wirklich im Bewusstsein der Allgemeinheit angekommen, wie wichtig diese Interaktion ist. Textilien werden ja zumeist als etwas Passives wahrgenommen. Dabei lassen sie sich mittlerweile sogar bioaktiv funktionalisieren. Mir erscheint es naheliegend, über Textilien, die mit der Haut eine unmittelbare Schnittstelle bilden, auch im medizinischen Sinne auf den Menschen einzuwirken. Es ergibt doch Sinn, etwas, das ohnehin beinahe 24 Stunden täglich am Körper ist, mit gesundheitsverbessernden Funktionen auszustatten. Derzeit untersuchen wir beispielsweise den Einfluss von Kleidung auf Krankheitsbilder – dabei hat sich gezeigt, dass Textilien einen therapeutischen Charakter haben. Mit solchen Ansätzen lassen sich an der Schnittstelle von Medizin und Textil sicherlich viele sinnvolle Therapieformen entwickeln.



## Impressum

Forschungskuratorium Textil e.V. | Reinhardtstraße 14–16 | 10117 Berlin |  
Telefon +49 30 726220-0 | Fax +49 30 726220-49 | [www.textilforschung.de](http://www.textilforschung.de)  
Redaktion: Checkpoint Media® | [www.checkpoint-media.de](http://www.checkpoint-media.de)  
Grafik: Heike Unger, Unger Kommunikationsdesign

Das Forschungskuratorium Textil e. V. ist in enger Zusammenarbeit mit dem Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e. V. tätig und Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF).

## Bildquellen

BOSANA Medizintechnik (S. 7/1), DITF-MR (S. 17), FKT (S. 16, 34/1), FEG Textiltechnik (S. 5, 14/1, 25/2), Future-Shape (S. 51/2), Groll, J. (S. 37), Hansaplast (S. 4), Herzog Maschinenfabrik (S. 33), Hohenstein Institute (S. 26, 30, 31, 32, 56), InnoTERE (S. 35), ITCF (S. 36/3, 55/1), ITV (S. 25/1, 51/1), ITV/Q. Chen (S. 11, 12/1, 13, 14/2, 19, 20, 21, 22), Kloth, S. (S. 41/1), leo-system.net (S. 9), Richter, M. (U2/3, U4, S. 1/2, 7/2, 8, 34/2, 36/1, 38/2, 39/1, 42, 47, 55/2), RWTH/AME (S. 27), RWTH/ITA (S. 22, 23, 24, 50), RWTH/ITA/Winandy, P. (S. 2, S. 22/1), Sammlung Vogtländer/Winstanley, A. (S. 28–29/1), STFI/INNtex (S. 52), Textil+Mode (U1, S. 1/1), TITK (S. 49), TITV Greiz (S. 7/3, 53/1), TU Dresden/ITM (S. 36/2, 38/1/3, 39/2), TU Ilmenau/Fiedler, P. (S. 53/2), Uniklinik Dresden/Albrecht, T. (DGPh) (S. 10, 12/2, 29/2, 41/2), Uniklinik Jena/Klinik für Hautkrankheiten (S. 43, 44, 45), Uniklinik Tübingen (S. 46), Wirtschaftszeitung AKTIV (S. 15)



