



Medizintechnik

Designpreis für Wasserstrahlskalpell

Biomedizintechnik – Synergien schaffen Innovationen

Mit (Laser-) Licht heilen

Neuro-Fuzzy in der Anlagenplanung – reif für die Praxis?

Tissue Engineering – künstlicher Aufbau organischer Ersatzteile

Mikrosystemtechnik für Kathederbasierte Diagnosewerkzeuge

Lebenslänglich oder auf Bewährung...

Adrenalin für die Produktion

inhalt

- | | | | |
|----|--|----|---|
| 3 | Vorwort | 12 | Mikrosystemtechnik für Katheder
basierte Diagnosewerkzeuge |
| 4 | Biomedizintechnik – Synergien
schaffen Innovationen | 14 | Lebenslänglich oder auf Bewährung... |
| 6 | Mit (Laser-) Licht heilen | 16 | Adrenalin für die Produktion |
| 8 | Neuro-Fuzzy in der Anlagenplanung –
reif für die Praxis? | 18 | Magazin |
| 10 | Tissue Engineering – künstlicher Aufbau
organischer Ersatzteile | 20 | Vorschau |

impresum

phi ist die gemeinsame Zeitschrift der produktionstechnischen Institute in Hannover. *phi* erscheint vierteljährlich mit einer verbreiteten Auflage von 2.500 Exemplaren.
ISSN 1616-2757
Jeder Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit Erlaubnis der Redaktion gestattet.
Kostenloses Abonnement der *phi*: Im Internet unter www.phi-hannover.de/abo.htm oder telefonisch bestellen unter Telefon (05 11) 27 97 65 00.

Redaktion
Karen Lehneke (v.i.S.d.P.)

Redaktionsanschrift
Hollerithallee 6
30419 Hannover
Telefon: (05 11) 2 79 76-500
Fax: (05 11) 2 79 76-888
E-Mail: redaktion@phi-hannover.de
Internet: www.phi-hannover.de

Beteiligte Institute
Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Peter Nyhuis
Callinstr. 36
30167 Hannover
Tel.: (05 11) 762-2440
Fax: (05 11) 762-3814
E-Mail: ifa@ifa.uni-hannover.de
Internet: www.ifa.uni-hannover.de

Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena
Schlosswender Str. 5
30159 Hannover
Tel.: (05 11) 762-2533
Fax: (05 11) 762-5115
E-Mail: ifw@ifw.uni-hannover.de
Internet: www.ifw.uni-hannover.de

Institut für Mikrotechnologie der Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. H. H. Gatzert
Callinstrasse 30A
30167 Hannover
Tel.: (05 11) 762-5104
Fax: (05 11) 762-2867
E-Mail: imt@imt.uni-hannover.de
Internet: www.imt.uni-hannover.de

Institut für Transport- und Automatisierungstechnik der Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing L. Overmeyer
Callinstrasse 36
30167 Hannover
Tel.: (05 11) 762-3524
Fax: (05 11) 762-4007
E-Mail: ita@ita.uni-hannover.de
Internet: www.ita.uni-hannover.de

Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Eckart Doege
Welfengarten 1A
30167 Hannover
Tel.: (05 11) 762-2264
Fax: (05 11) 762-3007
E-Mail: ifum@ifum.uni-hannover.de
Internet: www.ifum.uni-hannover.de

Institut für Werkstoffkunde der Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Friedrich-Wilhelm Bach
Appelstr. 11A
30167 Hannover
Tel.: (05 11) 762-4312
Fax: (05 11) 762-5245
E-Mail: info@iw.uni-hannover.de
Internet: www.iw.uni-hannover.de

IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH
Hollerithallee 6
30419 Hannover
Tel.: (05 11) 2 79 76-0
Fax: (05 11) 2 79 76-888
E-Mail: info@iph-hannover.de
Internet: www.iph-hannover.de

Laser Zentrum Hannover e.V.
Hollerithallee 8
30419 Hannover
Tel.: (05 11) 27 88-0
Fax: (05 11) 27 88-100
E-Mail: info@lzh.de
Internet: www.lzh.de

Druck
digital print
laser-druck-zentrum garbsen GmbH
Baumarktstraße 10
30823 Garbsen
Internet: www.digital-print.net

Layout
demandcom dialogmarketing GmbH
Stefan Krieger
Baumarktstraße 10
30823 Garbsen

vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

die Medizintechnik deckt ein weites technologisches Feld ab, das sich von der Entwicklung von Gerätschaften wie Überwachungs- und Beatmungsgeräten, über ganz neue Operationsverfahren, mit Robotertechnologie und Neuronavigation, bis hin zur Entwicklung neuer Werkstoffe für verschiedene Implantate in Knochen und Geweben erstreckt.

Damit gehört die Medizintechnik mit ihren unterschiedlichen Geschäftsfeldern zu den größten Wachstumsmärkten. Geprägt wird dieser Markt vom intensiven Austausch zwischen medizinischer und technologischer Grundlagenforschung, von der Anwendungsforschung und schließlich von der Umsetzung in Produktion und Vertrieb.

Der Standort Hannover bietet ideale Voraussetzungen auf diesem Markt eine führende Rolle einzunehmen. Die internationale Position des Maschinenbaus und der Elektrotechnik der Universität Hannover in Verbindung mit der ebenso internationalen Position der Tierärztlichen Hochschule Hannover (TiHo) und der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) bilden die Basis für diese begründete Erwartung.

Auf Initiative des Fachbereichs Maschinenbau der Universität Hannover und des international renommierten Laserzentrums Hannover (LZH) entwickelten sich einmalige Kontakte zu wissenschaftlich-klinischen Abteilungen der Tierärztlichen Hochschule und der MHH. Durch diese Zusammenarbeit entstand der Sonderforschungsbereich der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Zukunftsfähige, bioresorbierbare und permanente Implantate aus metallischen und keramischen Werkstoffen“, dessen Sprecher Prof. Dr. Lenarz von der Medizinischen Hochschule Hannover ist. Außerdem konnte das Zentrum für Biophotonic gegründet werden, in dem die hervorragenden lasertechnologischen Entwicklungen des LZH mit klinischen Einrichtungen zusammengeführt werden konnten.

Ebenso bahnbrechend ist die Förderung des Kompetenzzentrums um in den Forschungseinrichtungen der MHH, der Tierärztlichen Hochschule und der Universität Hannover mit Industriepartnern neue und intelligente Implantate für das Herz-Kreislaufsystem zu entwickeln. Dies ist eine Initiative von Prof. Dr. med. Axel Haverich aus der Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie der Medizinischen Hochschule Hannover.

In diesem Zusammenhang kam es zu einer Ausgründung der MedImplant GmbH, einer Einrichtung, die nach international akzeptierten Standardkriterien erlaubt, neue Implantate im Großtierversuch nicht nur akut, sondern auch in der Langzeitbeobachtung zu testen. Die MedImplant GmbH ist eine Serviceeinrichtung, die auch entsprechenden Industriepartnern und Forschungseinrichtungen außerhalb Hannovers offen steht.



Professor Dr. med. Horst v. der Hardt
Präsident und Vorstand Forschung und Lehre
Medizinische Hochschule Hannover

Auch in die Lehre der Universität Hannover wird der Zukunftsmarkt Medizintechnik durch einen speziellen Masterstudiengang Biomedizintechnik und durch ein postgraduiertes Exzellenzprogramm mit internationaler Beteiligung stärker integriert.

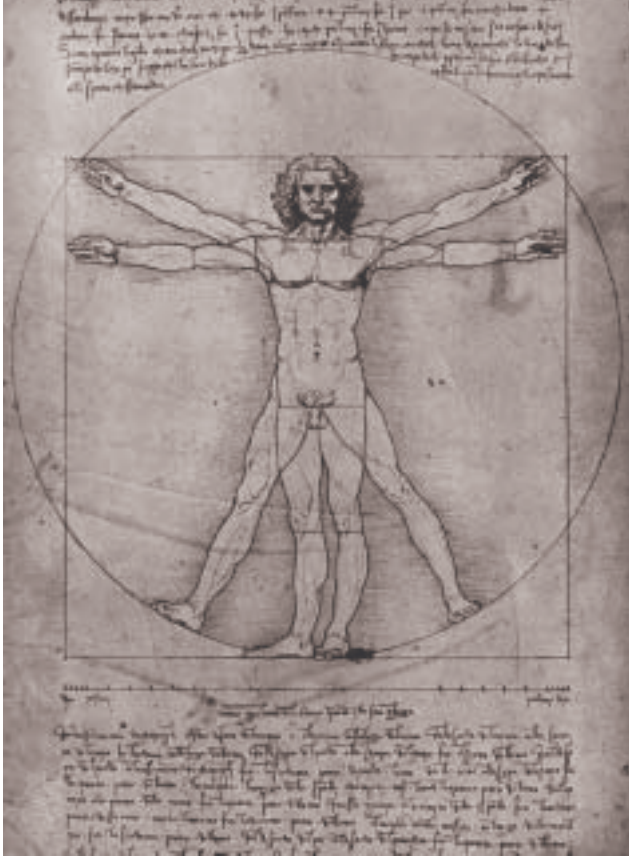
Das Besondere all dieser Initiativen ist es, dass Ingenieure und Mediziner ihre fachlichen Grenzen überwunden haben und in gemeinsamen Projekten die Fragestellungen der jeweils anderen Fachdisziplinen kennenlernen und sich untereinander austauschen. Eine Entwicklung die die Medizintechnik zum Wohl der Menschen vorantreibt.

Ehrgeizige Ziele, für die der Standort Hannover beste Voraussetzungen bietet.

Mit freundlichen Grüßen

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'H. v. der Hardt'.

Professor Dr. med. Horst v. der Hardt
Präsident und Vorstand Forschung und Lehre
Medizinische Hochschule Hannover



Biomedizintechnik – Synergien schaffen Innovationen

Seit Anfang dieses Jahres arbeitet eine Vielzahl junger Wissenschaftler verschiedenster Disziplinen gemeinsam an der Entwicklung zukunftsweisender Konzepte für die Gestaltung von Implantaten. Im Rahmen eines neuen Sonderforschungsbereiches in Hannover entstehen zukunftsweisende Alternativen zu bestehenden Implantatmodellen.

Der Bereich Biomedizintechnik stellt eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts dar, die wirtschaftlich gesehen zunehmend an Bedeutung gewinnt. So werden 10,4 % des Bruttoinlandproduktes im Gesundheitssektor erwirtschaftet. Dies ist zum einen auf die steigende Lebenserwartung, zum anderen auf den zunehmenden Wohlstand zurückzuführen. Hinzu kommt die dynamische Entwicklung im Technologiebereich in Verbindung mit dem Boom der Life-Science-Forschung, welche zu verbesserter medizinischer Diagnostik und Therapie beiträgt. Dieses wirtschaftliche Potenzial schlägt sich auch in der Zahl der Neugründungen von Unternehmen im Bereich Biotechnologie nieder. So lag 1997

die Zahl der Unternehmen in Deutschland bei 173 mit ca. 4.000 Beschäftigten. Bis zum Jahr 2001 stieg diese Zahl der Unternehmen auf ca. 360 mit etwa 14.400 Beschäftigten.

Zusammenschluss der Disziplinen

Die Bearbeitung biomedizinischer Fragestellungen stellt besondere Anforderungen an die Wissenschaft. So sind es oftmals Detailfragen, die mit dem Know-How einer einzelnen Disziplin nicht zu klären sind. Das Zusammenwirken von Fachleuten der verschiedensten Fachrichtungen wie der Ingenieurwissenschaften, der Naturwissenschaften und der Medizin in einem Wissenschaftsverbund

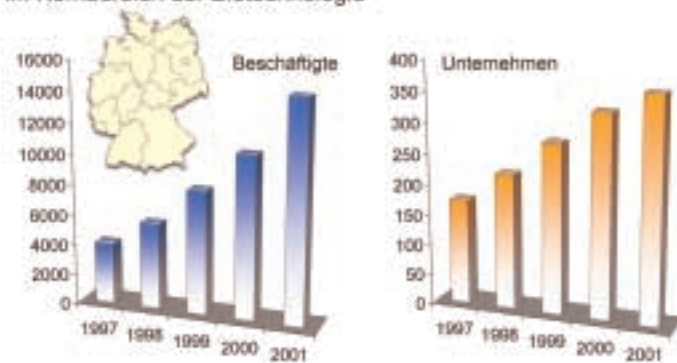
ist somit für die Herausforderungen, welche sich in diesem Themenbereich ergeben, zwingend erforderlich. Bei der Entwicklung neuartiger Implantate stellen sich beispielsweise Fragen nach dem mechanischen Verhalten des Implantates und der Reaktion des Körpers darauf, der zellbiologischen Verträglichkeit und nicht zuletzt den medizinischen Anforderungen. Über die Einzelheiten hinweg darf nicht vergessen werden, dass ein Lebewesen im Mittelpunkt der gesamten Forschungsbemühungen steht. Die Generalaufgabe der Biomedizin besteht darin, innovative, verbesserte Konzepte sowohl für die Humanmedizin als auch für die Tiermedizin zu liefern.

So wurde zum Beginn diesen Jahres der Hannoveraner Sonderforschungsbereich (SFB 599) „Zukunftsfähige bioresorbierbare und permanente Implantate aus metallischen und keramischen Werkstoffen“ ins Leben gerufen. Dieses Forschungsvorhaben repräsentiert eine in Deutschland einmalige interdisziplinäre Initiative, in der Ingenieurs- und Naturwissenschaften sowie Medizin und Zellbiologie ineinander greifen. „Gerade Hannover hat hier mit den drei Hochschulen und einer Reihe von Forschungszentren eindeutig einen Standortvorteil mit idealen Kooperationsmöglichkeiten, auch über den SFB hinaus. In den nächsten Jahren werden sich die Forschungsergebnisse auch im Studium, bei Promotionen und in möglichen Ausgründungen aus der Hochschule, sogenannten Spin offs, wiederfinden“, ist Prof. Popp, Dekan des Fachbereichs Maschinenbau, von der beachtenswerten Thematik der Life-Sciences überzeugt.

Biomedizintechnik – ein Wachstumsmarkt

Ein Schwerpunkt biomedizintechnischer Forschung liegt unter anderem in der Entwicklung neuer und verbesserter Implantate zum Wohle der Patienten und zur Reduktion der aus der Versorgung entstehenden Kosten. Durch Innovationen in den Bereichen Herstellung, Bearbeitung, Funktionalisierung, Berechnung und Prüfung von Implantaten, soll im SFB 599 unter Berücksichtigung zellbiolo-

Entwicklung kleiner Unternehmen in Deutschland im Kernbereich der Biotechnologie



Der Wachstumsmarkt Biotechnologie führt zur Gründung neuer Unternehmen und schafft somit Arbeitsplätze.

gischer und mechanischer Aspekte ein Höchstmaß an Biofunktionalität erreicht werden. So werden im Rahmen des Sonderforschungsbereiches Konzepte für die Gestaltung resorbierbarer und dauerhafter im Körper verbleibender Implantate erarbeitet.

Arbeit erledigt, ich verschwinde – resorbierbare Implantate

Resorbierbare Implantate erfüllen über einen definierten Zeitraum hinweg im Körper eine funktionsüberbrückende Aufgabe, um sich während dessen oder im Anschluss aufzulösen. Beispiel hierfür ist eine Knochenschraube, welche zur Fixierung einer Fraktur eingesetzt wird. Temporär wirkt die Schraube stabilisierend, löst sich jedoch im Idealfall in dem Zeitraum auf, der benötigt wird, um neues Knochengewebe zu bilden. Eine erneute Operation zur Entfernung des Implantates entfällt somit. Einen bedeutenden Teil in diesem SFB nehmen Magnesiumlegierungen ein, die hinsichtlich Zusätzen anderer Elemente, der Bestimmung der Auflösungsgeschwindigkeit sowie der Wirkung auf die umliegenden Zellen und den Organismus erstmalig grundlegend erforscht werden.

Nach dem gleichen Konzept könnten die noch in der Entwicklung stehenden Magnesiumschwämme als vorübergehender Platzhalter im Knochen (beispielsweise bei der Behandlung von Knochenfehlstellungen) fungieren. Das Ziel besteht darin, dass der metallene Schwamm in der Regenerationsphase die lasttragende Funktion übernimmt, das sich aufbauende Gewebe in die Hohlräume wächst und sich dann die anfänglich stützende Metallstruktur auflöst. Dabei ist eine physiologisch verträgliche Auflösung zu

gewährleisten, und auch die bei der Degradation einsetzende Gasentwicklung muss auf ein verträgliches Maß begrenzt werden, um organische Schäden auszuschließen.

Eine weitere Anwendung des Prinzips sich auflösender Implantate stellt sich in der Kardiologie. So werden degradierbare Gefäßstützen auf Eisenbasis entwickelt und optimiert. Diese Gefäßstützen sind röhrenförmige Stützstrukturen, welche in ein verengtes Gefäß eingeführt werden, über einen festgelegten Zeitraum den erforderlichen Volumenfluss sicherstellen und sich nach erfüllter Aufgabe auflösen.

Dauerimplantate – intelligente Langzeitlösungen

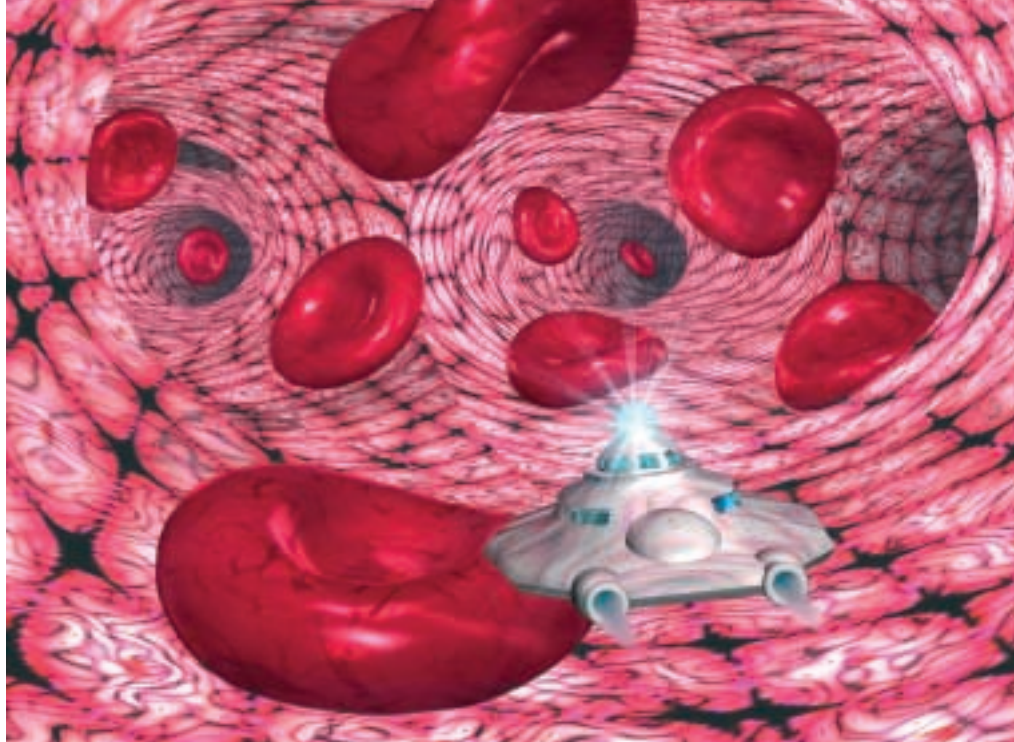
Im Gegensatz zu den resorbierbaren Implantaten werden Dauerimplantate wie Hüftendoprothesen in Bereichen eingesetzt, in denen ein körpereigener Wiederaufbau der erkrankten oder verletzten Strukturen nicht möglich ist. Verschleißerkrankungen oder Frakturen im Bereich des Kniegelenkes oder der Schulter sind weitere Beispiele dafür. In solchen Fällen bedient sich die Orthopädie technischer Lösungen, in Form von Prothesen, die das Gelenk komplett oder zum Teil ersetzen. Der Einsatz konventioneller Hüftendoprothesen führt jedoch längerfristig zu Problemen, wie einer Lockerung des Verbundes von Prothese und Knochen. Diese Prothesenlockerung hat neben funktionellen Einbußen auch starke Schmerzen zur Folge. Des Weiteren kommt es auf Grund der veränderten Lasteinleitung in den Knochen zu Umbaureaktionen - der Knochen passt sich an die veränderte Belastung an. Diese Reaktion des Knochens kann ebenfalls Lockerungseffekte zur Folge haben. In solchen Fällen ist die Prothese im Rahmen einer erneuten Operation zu ersetzen – eine den Patienten belastende und kostenintensive Maßnahme.

Ein Ziel des Sonderforschungsbereiches 599 ist es, in Zukunft auf diese sogenannten Revisionsoperationen durch Verwendung verbesserter Prothesen verzichten zu können. So werden auf Basis eines neu zu entwickelnden Modells für das Verhalten des Knochens Konzepte für eine Optimierung der Prothesengeometrie und der Oberflächeneigenschaften erstellt.

Biomedizintechnik – vielfältige Herausforderungen

Die Forschung im Bereich biomedizinischer Themen wie auf dem Gebiet resorbierbarer und dauerhafter Implantate bringt vielfältige Herausforderungen mit sich. Dem entsprechend werden die Projekte des auf zwölf Jahre angelegten SFB 599 in enger, interdisziplinärer Zusammenarbeit von Ingenieuren, Medizinern und Zellbiologen voran getrieben. Die aus diesem Sonderforschungsbereich zu erwartenden Ergebnisse werden richtungsweisende Impulse auf die Implantationsmedizin ausüben und somit zur Gesundheit vieler betroffener Menschen beitragen.

Matthias Kammler, IFUM
Tilman Fabian, Zentrum für Biomedizintechnik



Mit Erlaubnis/Artwork used by permission. © Tim Fonseca: www.fonsecatim.com

Mit (Laser-) Licht heilen

Jeder erinnert sich an den herausragenden Science-Fiction Film „Die phantastische Reise ins Innere des Körpers“ aus dem Jahre 1966, in dem ein auf molekulare Größe geschrumpftes Wissenschaftlerteam mit einem injizierten U-Boot in das Innere eines Gelehrten vorstößt, um mit einem Laser dessen Hirntumor zu zerstören. Seitdem schreibt der „echte“ Laser immer wieder Schlagzeilen – vor allem in der Medizintechnik.

Für die medizinischen Anwendungen stehen mittlerweile viele verschiedene Lasersysteme zur Verfügung, von der Diagnostik bis zum scharfen Laserskalpell. Der Vorteil des Lasereinsatzes besteht neben dem berührungsfreien, und damit sauberen Arbeiten in der geringen Beschädigung des Gewebes. Darüber hinaus konnten mit Hilfe der Laserstrahlung auch völlig neue Behandlungsmethoden und Operationstechniken erschlossen werden.

Durch die Möglichkeit, Laserlicht über dünne, flexible Lichtleiter transportieren zu können, eröffneten sich zahlreiche therapeutische und diagnostische Verfahren zur Behandlung im Körperinnern. Zu den diagnostischen Methoden gehört unter anderem die Erkennung von Tumoren. Im therapeutischen Bereich ist der Laser zusammen mit dem Endoskop ein unverzichtbares Instrument geworden.

Mit sanften Lasern Tumore bekämpfen

Im Bereich niedriger Leistungsdichten und längerer Einstrahldauer (mehr als 10 Sekunden) können durch Licht geeigneter Wellenlänge photochemische Reaktionen in Gang gesetzt werden, die in der photodynamischen Therapie und der sogenannten Biostimulation genutzt werden.

In der photodynamischen Therapie werden Tumorpatienten Farbstoffe verabreicht, die sich selektiv im Tumorgewebe anreichern. Bei Anregung der Farbstoffe mit Laserlicht übertragen diese ihre gespeicherte Energie unter anderem an den molekularen Sauerstoff innerhalb der Zelle, der dadurch in der Lage ist, lebenswichtige Zellstrukturen des Tumors zu zerstören und damit die Tumorzellen abzutöten.

Wundheilung durch Biostimulation

Bei der noch in der Forschungsphase befindlichen Biostimulation ist es das Ziel, natürlich ablaufende Vorgänge, wie verstärktes Zellwachstum oder beschleunigte Zellteilung innerhalb der Zelle, zu stimulieren. Als Folge davon erhofft man sich eine schnellere Wundheilung und eine erhöhte Schmerzlinderung.

„Jugendsünden“ verdampfen einfach

Wenn der Laser mit etwas höheren Laserintensitäten und kürzeren Wechselwirkungszeiten arbeitet, kommt man in den thermischen Wechselwirkungsbereich der Laserstrahlung. Das Gewebe wird durch die absorbierte Laserenergie erhitzt und es kommt zur Verdampfung. Die Größe der durch die Laserstrahlung verursachten „Bearbeitungszone“ kann durch geeignete Wahl der Laserpara-

meter für die gewünschte Anwendung optimiert werden. So können mit dem Laser Jugendsünden, wie unerwünschte Tätowierungen, schonend entfernt werden. Im Bereich der dermatologischen Lasertherapie werden weiterhin oberflächliche Missbildungen des Gefäßsystems, insbesondere Feuermale, erfolgreich behandelt. Auch die gezielte Zerstörung von Gewebe wird in der Augenheilkunde eingesetzt, unter anderem zur Prophylaxe der Netzhautablösung.

Mit LASIK sieht man besser

Verwendet man noch höhere Leistungsdichten (die zum Verdampfen des Gewebes führen) dient der Laserstrahl als „heißes Skalpell“, als Schneideinstrument für den chirurgischen Einsatz. Durch Einwirkung intensiver gepulster Laserstrahlung kann Gewebe mit minimalen Nebenwirkungen auf das umgebende Gewebe abgetragen werden.

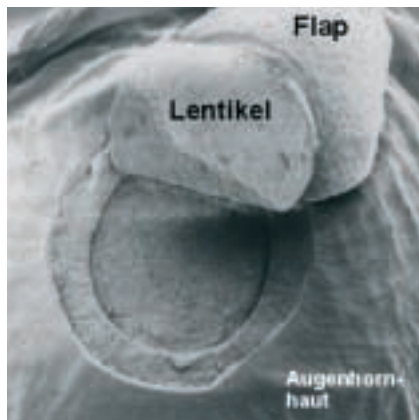
Eine Laseranwendung, die in jüngster Zeit einen enormen technologischen Schub in der Laserentwicklung in Gang gesetzt hat, ist die Korrektur von Fehlsichtigkeiten durch direkte Modellierung der Hornhautoberfläche. Kurzsichtigkeit (Myopie) und Hornhautverkrümmungen (Astigmatismus) werden seit Anfang der 90er Jahre erfolgreich korrigiert. Am häufigsten wird das „LASIK-Verfahren“ (Laser in Situ Keratomileusis) angewandt.

Dabei wird das Innere der Hornhaut mit dem sogenannten Excimerlaser bearbeitet. Hierzu muss zunächst mit einem mechanisch geführten Messer eine etwa 160 µm dünne Scheibe der oberflächlichen Hornhaut teilweise abgetrennt und aufgeklappt werden. Anschließend wird im Innern der 0,5 mm dicken Hornhaut entsprechend Gewebe abgetragen, wie dies zur Korrektur der jeweiligen Fehlsichtigkeit notwendig ist, etwa 8 bis 12 µm pro Dioptrien. Schließlich wird der obere Hornhautlappen wieder zugeklappt. Er fügt sich der neu geschaffenen Oberfläche an und hält aufgrund von Adhäsionskräften ohne Naht. Mittels LASIK können schwere Kurzsichtigkeit sowie der Astigmatismus und mit Einschränkungen auch die Weitsichtigkeit korrigiert werden.

Schärfer sehen ohne Messer

Mit Hilfe von Entwicklungen am Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH) steht seit kurzem ein extrem präzises Schneideinstrument für die Mikrochirurgie des

Auges zur Verfügung, der Femtosekunden-Laser (fs-Laser). Ein ultrakurzer Laserpuls kann auf einen Durchmesser von wenigen Mikrometern fokussiert werden. Dabei können Fehlsichtigkeiten analog der bekannten LASIK-Prozedur korrigiert werden, **ohne** das Auge mit einem Messer zu öffnen.



Bei der fs-LASIK wird in einem ersten Schritt ein Schnitt durchgeführt. Mit einem darauf folgendem zweiten Schnitt wird ein Lentikel präpariert, dessen Brechkraft der Fehlsichtigkeit des Patienten entspricht. Daraufhin kann der frei präparierte korneale Lappen (Flap) angehoben und das darunter liegende Lentikel entfernt werden. Beim Schließen des Flaps wird sich die Oberfläche der Hornhaut dem entfernten Volumen anpassen und eine entsprechende Änderung in der Brechkraft hervorrufen. Elektronenmikroskopische Darstellung eines mittels fs-Pulsen präparierten kornealem Flaps und Lentikel an einem Schweineauge.

Zuerst wird mit dem Laser ein Spiralmuster in die oberste Schicht der Hornhaut geschnitten. In einem zweiten Schritt erzeugt eine darüber liegende zweite Laserspirale eine Art Scheibe, welche in ihrer Form an das Ausmaß der Fehlsichtigkeit des Auges angepasst wird. Im dritten Schritt wird der vordere Lappen der Hornhaut aufgeklappt und die präparierte Scheibe entnommen. Schließlich wird der vordere Hornhautlappen wieder in seine ursprüngliche Position gebracht. Die neue Oberflächenform der Hornhaut wird nun durch das fehlende Volumen der entnommenen Scheibe bestimmt, was zu einer entsprechenden Änderung der Brechkraft in der Hornhaut führt. Elektronen- und lichtmikroskopische Aufnahmen zeigen eindrucksvoll das Potenzial der fs-Laserpulse.

Besser hören dank Lasertechnik

Das oben beschriebene Verfahren eignet sich auch für andere mikrochirurgische

Eingriffe, zum Beispiel für Eingriffe in der Gehirn- oder Mittelohrchirurgie.



Mit Hilfe der Lasertechnik kann die Hörfähigkeit bei Otosklerose wieder hergestellt werden. Hierzu wird eine Probebohrung im Mittelohrknochen zur Anbringung eines Implantates durchgeführt. (Quelle: HNO-Abteilung der Medizinischen Hochschule Hannover)

Eine häufig auftretende Krankheit, die zur Schwerhörigkeit oder Ertaubung führt, ist die Otosklerose, eine erblich bedingte Mittelohrerkrankung, bei der die Fußplatte des Steigbügels verknöchert. Dadurch kann der akustische Reiz, der die Gehörknöchelchenkette in Schwingungen versetzt, nicht mehr in das Innenohr und auf den Hörnerv übertragen werden.

Um die Hörfähigkeit wiederherzustellen, muss der durch die Erkrankung unbewegliche Steigbügel überbrückt werden. Hierzu wird ein Loch mit einem Durchmesser von ca. 500 µm in die Steigbügel-Fußplatte gebohrt. Die Schallübertragung erfolgt nun durch das Bohrloch über eine Prothese direkt ins Innenohr.

Dies sind nur einige Beispiele, bei denen das Laserlicht der Gesundheit des Menschen dient. Durch die kontinuierliche Forschung im Bereich der Lasertechnik, beispielsweise am Laser Zentrum Hannover, eröffnen sich stets neue Möglichkeiten, das heilende Licht einzusetzen.

Holger Lubatschowski, LZH



Die lose Verkettung der Module macht flexible Montagelinien robust gegenüber kurzfristigen Störungen. Das dynamische Verhalten kann mit Hilfe von Simulationen abgeschätzt werden.

Neuro-Fuzzy in der Anlagenplanung – reif für die Praxis?

Adaptiv gedämpfte Autos, effizientere Elektromotoren und Aktienkursprognosen sind nur einige Beispiele für die breite Anwendung, die Methoden der Künstlichen Intelligenz bereits in der Praxis gefunden haben. Der Bereich der Anlagenplanung zeigt neue Einsatzmöglichkeiten für die industrielle Praxis auf.

Regelungs- und Messaufgaben sind die klassischen Anwendungsgebiete für Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI). Lernende KI-Systeme eignen sich dabei Wissen aus Vergangenheitsdaten an. Ähnlich dem biologischen Vorbild des Gehirns sind sie in der Lage, Muster wiederzuerkennen. So werden Zusammenhänge aus Daten erlernt, anstatt sie modellieren zu müssen. Bei Neuro-Fuzzy-Systemen sind die erlernten Zusammenhänge darüber hinaus als Regeln interpretierbar. Diese Ansätze versprechen Unterstützung auch im organisatorischen Bereich, z. B. bei der Planung von flexiblen Ferti-

gungsanlagen, da hier die Ergebnisqualität weniger offensichtlich ist als bei technischen Anwendungen.

Angebote – intelligent erstellt

Neuro-Fuzzy-Systeme lösen nur Probleme bestimmter Klassen wie Funktionsapproximation, Klassifikation oder Regelung. Daher ist eine Unterstützung des Anlagenplaners nur möglich, wenn praktische Planungsaufgaben auf eine dieser Problemklassen zurückgeführt werden. Zum Beispiel kann die vom Anlagenplaner benötigte Grenzkapazität der Anlage auf die

Problemklasse „Zeitreihenvorhersage“ zurückgeführt werden. Die Auswahl der einzusetzenden Fertigungsprozesse entspricht dagegen der Klasse „Klassifikation“. Die Optimierung der Maschinenanordnung in der Planung des Feinlayouts kann als ein Neuro-Fuzzy-Regelungssystem umgesetzt werden.

Im Folgenden soll der Anwendungsfall der dynamischen Materialflussplanung näher betrachtet werden. Hierfür werden heute vermehrt Materialflusssimulationen genutzt, mit denen das Anlagenverhalten modelliert wird. Während Mate-

rialflusssimulationen heute die Realität zumeist hinreichend genau abbilden können, sind sie jedoch so aufwändig, dass sie nicht in der Angebotserstellung, sondern in der Regel erst in späteren Planungsphasen durchgeführt werden. Dies ist unbefriedigend, da gerade in dieser Frühphase Groblayouts erstellt werden, die das Materialflussverhalten der späteren Anlage wesentlich bestimmen. Daher erforscht das IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover in einem durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekt die Eignung unter-

rialflussverhalten von Fertigungslinien prognostizieren und so das Groblayout ohne aufwändige Modellierung validieren. Darüber hinaus würde im Vergleich zur Materialflusssimulation ein solches Prognosesystem eine Optimierung des Grobmodells mit geringerem Aufwand ermöglichen.

Materialflussverhalten in der Frühphase? Erste Erfolge mit Neuro-Fuzzy

Die Eignung von Neuro-Fuzzy-Systemen als Prognoseinstrument für das dynamische

aus neun Werten, beispielsweise mittleren Ausfall- und Reparaturzeiten. Bei realistischen Anlagen sind es weit über 100. Für viele Neuro-Fuzzy-Systeme wächst die Lernzeit mit steigender Anzahl von Eingangswerten exponentiell an. Daher müssen entweder in einer Vorstufe die relevanten Werte verringert oder andere Ansätze mit kürzeren Laufzeiten verwendet werden.

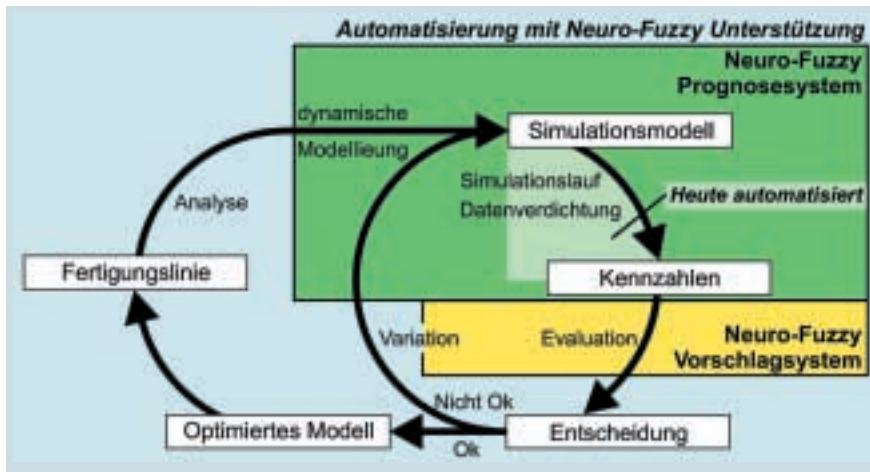
Im Projekt wurden mit ausgesuchten Neuro-Fuzzy-Algorithmen sehr zufriedenstellende Resultate erzielt, solange eine ausreichende Zahl an Simulationsläufen zur Verfügung gestellt wurde. 5.000 Materialflusssimulationen wurden für Training und Test der Netze verwendet. Die Prognoseergebnisse von Ausbringung und Durchlaufzeit erwiesen sich dabei als hervorragend. Die Zahl erlernter Regeln ist zwar mit über 2.400 im besten Fall hoch, kann aber durch nachgelagerte Verfahren reduziert werden. Erste Tests mit realitätsnäheren Materialflussmodellen stimmen zuversichtlich, dass Neuro-Fuzzy-Methoden auch bei realen Anlagen einsetzbar sind.

Der nächste Schritt im Forschungsprojekt ist der Aufbau eines Materialflusssimulations-Baukastens. Der Aufbau des Baukastens lehnt sich an gängige, modulare Bandfördersysteme an. Dieser Baukasten soll das Neuro-Fuzzy-System trainieren, Prognosen nicht nur für verschiedene Parameter einer Anlage, sondern für kundenindividuell konfigurierte Anlagen zu erstellen. Daneben schlägt ein zweites System dem Anlagenplaner auf Basis dieser Prognosen Optimierungen am Groblayout vor.

Neuro-Fuzzy – die Zukunft der Anlagenplanung?

Das Beispiel veranschaulicht, dass Neuro-Fuzzy-Systeme vielversprechende Einsatzszenarien für die Anlagenplanung bieten. Jedoch verbleibt noch Forschungs- und Entwicklungsaufwand, um den Anlagenplaner in der Industrie mit Neuro-Fuzzy unterstützen zu können. Nach erfolgreicher Erforschung setzt das IPH die Ergebnisse in einen Prototyp um, der in der Praxis erprobt wird. Dieser soll die Materialflusssimulation als Prognoseinstrument für die Angebotserstellung ergänzen, um die Planungsqualität und -sicherheit zu erhöhen.

Martin Manns, IPH



Schrittweise optimiert der Anlagenplaner mit Hilfe der Simulation den Materialfluss. Neuro-Fuzzy verkürzt den Prozess.

schiedlicher Neuro-Fuzzy-Systeme als Prognoseinstrument für die Angebotsphase. Dabei arbeitet das IPH eng mit dem Produktbereich Industrieausrüstungen der Preh-Werke GmbH & Co. KG zusammen.

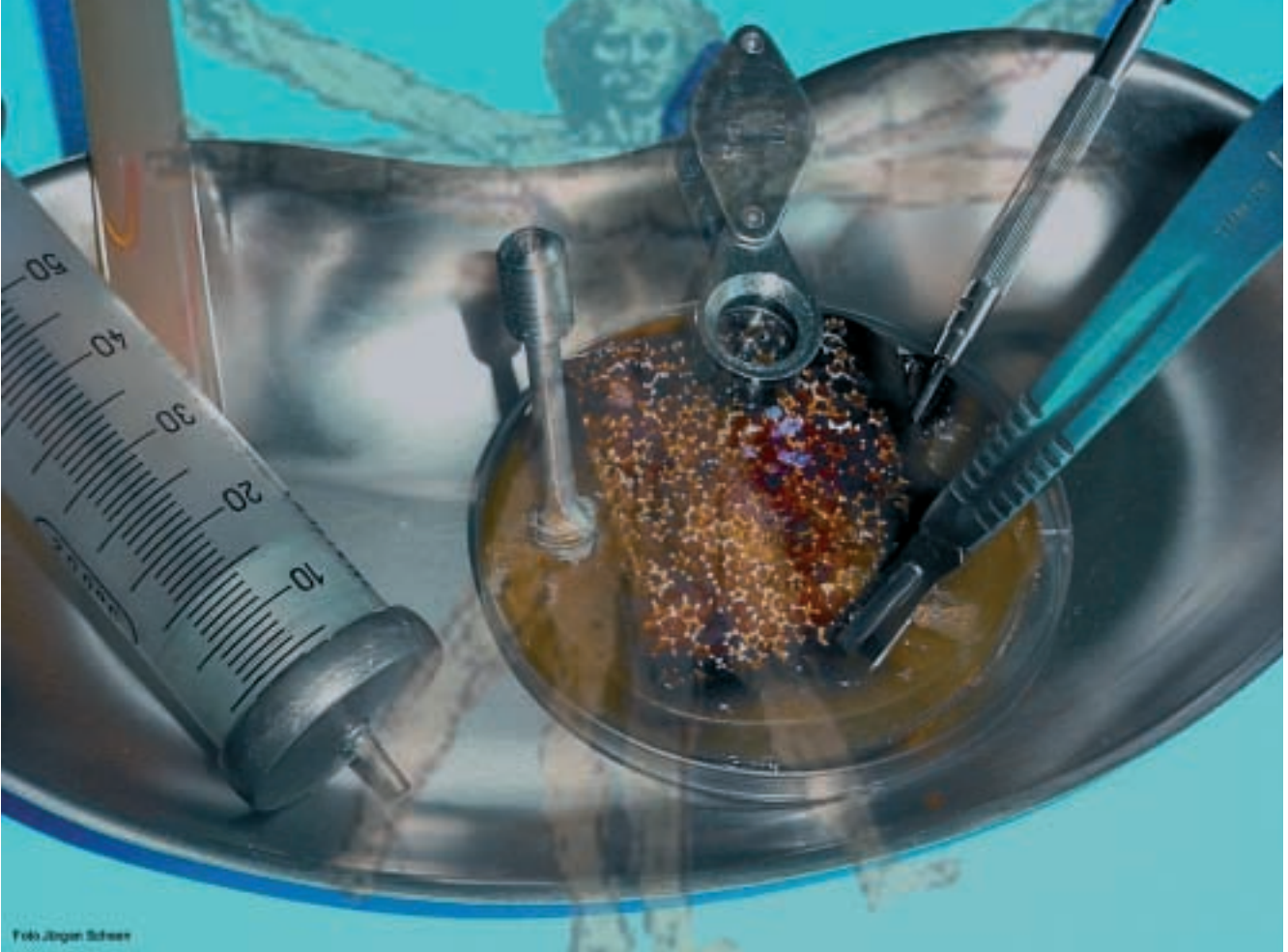
Die Neuro-Fuzzy-Systeme werden im Projekt mit den Ergebnissen von Materialflusssimulationen trainiert. Auf dieser Basis sollen sie das dynamische Mate-

riale Materialflussverhalten setzt voraus, dass dieses Verhalten erlernt werden kann. Dabei wird ein Lernvorgang als erfolgreich angesehen, wenn die Prognosen des Neuro-Fuzzy-Systems gut mit dem Ergebnis der Materialflusssimulation übereinstimmen. Im Forschungsprojekt wird der Lernerfolg für das dynamische Verhalten einer Anlage untersucht, wobei die Komplexität des Anlagenmodells schrittweise erhöht wird. Bereits bei einem einfachen Modell mit zwei Bearbeitungs- und zwei Prüfstationen im Hauptfluss besteht der Eingangsvektor

Neuro-Fuzzy: Zusammenhänge lernen aus Praxisdaten

Künstliche Neuronale Netze (KNN) stellen eine in der Praxis weit verbreitete Form lernender KI-Systeme dar. Sie lösen unter anderem Regelungs-, Klassifikations- und Approximations-Aufgaben, indem sie Zusammenhänge aus Messwerten oder Zeitreihen erlernen. Während mit KNN im Falle der Spracherkennung teilweise erstaunliche Ergebnisse erzielt werden, kann das erlernte Wissen im KNN nicht als Regelsystem interpretiert werden. Die im Artikel betrachteten, hybriden Neuro-Fuzzy-Systeme sind weiterentwickelte KNN, die so gestaltet sind, dass das Netz-

werk und damit auch die Zusammenhänge als System unscharfer Fuzzy-Regeln interpretierbar sind. Gleichzeitig kann im Gegensatz zu KNN Regelwissen vorgegeben werden, was im allgemeinen zu besseren Resultaten führt. Auf der anderen Seite schränkt der interpretierbare Aufbau die Gestaltungsfreiheit für Neuro-Fuzzy-Systeme ein, so dass die Lernqualität sogar unter der von KNN liegen kann. Somit muss die Eignung von Neuro-Fuzzy-Systemen anhand der jeweiligen Aufgabenstellung geprüft werden.



Tissue Engineering – künstlicher Aufbau organischer Ersatzteile

Dem allgemeinen Mangel an geeigneten Geweben und Organen für Transplantationen kann durch deren künstlich gesteuerten Aufbau – dem Tissue Engineering – entgegengewirkt werden. Neue Entwicklungen können hierbei nur durch interdisziplinäre Anstrengungen verwirklicht werden.

Trotz der medizinisch-technischen Fortschritte bei der Transplantation von Organen, die heute das Überleben vieler Patienten gewährleisten, herrscht ein weltweit akuter Mangel an Spenderorganen. Während die Nachfrage steigt, stagnieren die Spenderzahlen, so dass jährlich viele tausend Patienten sterben, die bei Verfügbarkeit geeigneter Organe überleben könnten.

Kommt es zu einer Transplantation von Fremdorganen, ist das Risiko von Infek-

tionen sehr groß. Die Fremdorgane werden vom Körper des Patienten nur unter lebenslanger Gabe von kostenintensiven immunsuppressiven Medikamenten toleriert.

Viele Betroffene sind allerdings nicht von dem Ausfall ganzer Organe betroffen, sondern lediglich einzelner Gewebe oder Zelltypen von Organen. Hier können die Entwicklungen aus dem Tissue Engineering (auch als in-vitro-Gewebezüchtung zu bezeichnen) neue Lösungsansätze

bieten. Durch verschiedene Techniken können körpereigene Zellen dazu angeregt werden, funktionsfähiges Gewebe aufzubauen. Bereits praktizierte Beispiele für den Einsatz von Tissue-Engineering-Produkten sind der orthopädische Ersatz (z. B. Knochen), Herz- und Gefäßprothesen (Herzventile, Blutgefäße, Arterien), neurologische Gefäßreparaturen, Haut- und Muskelreparaturen, Leber- oder Bauchspeichelregenerationen und Prothesen für den Harntrakt.

Interdisziplinäre Voraussetzungen

Bei der Entwicklung von Tissue Engineering werden Erkenntnisse aus der Medizin und Biologie mit Methoden der Ingenieurwissenschaften kombiniert, um biologische Ersatzgewebe oder Organe künstlich wachsen zu lassen. Das Konzept besteht darin, aus natürlichen Zellen einen vitalen Ersatz zu fertigen. Hierbei werden die Zellen auf ein resorbierbares Gerüst (Scaffold) transplantiert und in vitro zu einer stabilen Struktur gefestigt, um letztendlich ein vitales Ersatzgewebe entwickeln zu können.

Das Ziel einer geplanten Forschergruppe an der Universität Hannover ist es, im Rahmen einer vollständigen Produktkette ein geeignetes, natürliches Polymer als Scaffold in großen Mengen biotechno-



Das Rasterelektronenmikroskop LEO 1455 VP mit Peltier-Kühlung bietet die Möglichkeit, native Proben ohne Artefakte darzustellen.

logisch herzustellen. Die Verfahren zu dessen Verarbeitung werden entwickelt und im Hinblick auf ihre mechanischen und physiologischen Eigenschaften hin untersucht.

Anforderungsprofil für Scaffolds

Der Suche nach geeigneten Scaffolds kommt im Tissue Engineering eine schrittmachende Funktion zu.

Bestimmte, bereits im Einsatz befindliche natürliche Polymere (z. B. Polylactide, Polyglykoxide) erfüllen zwar viele der geforderten mechanischen und plastischen Eigenschaften, zeigen im biologischen System jedoch keine ausreichende Biostabilität. Weitere, in der Medizin eingesetzte, natürliche Polymere sind beispielsweise Kollagen, Chitosan und Fibrin. Tierisches Kollagen, ein biokompatibles Protein, wird bereits unter anderem als Blutgefäßersatz, Bänder-Sehnenerersatz oder als Corneaimplantat eingesetzt. Chitosan findet Anwendung als künstli-

che Blutgefäße und Haut, abbaubares Wundmaterial und Kontaktlinsen. Fibrin bzw. fibrinogenhaltige Substanzen werden zur Blutstillung und Wundversorgung benötigt.

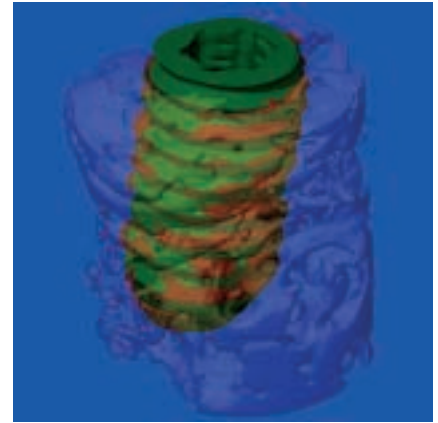
Bei der Entwicklung und dem Aufbau von neuen Scaffolds müssen die Gerüstmaterialien zunächst biokompatibel sein und sich hinsichtlich ihrer Eigenschaften als Werkstoff flexibel den Einsatzbedingungen anpassen können. Das vermehrte Zellmaterial aus dem gesunden Gewebe des Patienten wird auf den dreidimensionalen Scaffold aufgebracht. Anschließend bilden die Zellen ihre gewebespezifische extrazelluläre Matrices, die in die Porenräume des Scaffolds abgelegt werden.

Das Gerüstmaterial muss neben der Biokompatibilität (z. B. Verträglichkeit) auch zeitlich steuerbar (Biostabilität) wieder abgebaut werden. Dies beugt immunologischen Komplikationen vor.

Perspektiven

Das Spektrum der heute schon anwendbaren, etablierten medizinischen Verfahren ist sehr groß, aber trotzdem ist in vielen Fällen noch keine Heilung zu erreichen. Deshalb ist es das Ziel einer geplanten Forschergruppe, Scaffolds zu entwickeln, die besonders gute Eigenschaften für das Aufwachsen von Geweben und Organen bieten.

Die enge Zusammenarbeit sehr unterschiedlicher Fachrichtungen innerhalb der Forschergruppe ist eine wichtige



Mit Hilfe des Computertomographen Scanco μ CT80+ lassen sich dreidimensionale Aufnahmen, wie hier von einem Knochenimplantat, machen.

Voraussetzung für das Gelingen des Vorhabens. Hannover bietet mit seinen universitären und außeruniversitären Instituten das notwendige Know-how, um das gesetzte Ziel zu erreichen.

Jürgen Scheen, Peter Wilk, IW

Weiterführende Informationen zu diesem Thema sind zu finden unter:
www.tissue-engineering.de/
www.regmed.de/

I. WORLD CONGRESS ON REGENERATIVE MEDICINE; October 22-24, 2003; Congress Center Leipzig, Germany;
<http://www.regmed.org/>

Instrumentarien

Zur Darstellung der neu zu entwickelnden Scaffolds und Tissues werden am Institut für Werkstoffkunde (IW) der Universität Hannover die Rasterelektronenmikroskopie (REM, LEO 1455 VP) und die Mikro-CT-Technologie (Computertomographie, Scanco μ CT80+) eingesetzt. Damit können native sowie mineralisierte Polymere und ihre Derivate, mit und ohne zellulärer Besiedlung, auf ihre topologischen Besonderheiten und Eignungen hin untersucht werden.

Durch die Verwendung einer Peltier-Kühlung am REM wird die Denaturierung der zu untersuchenden Proben herabgesetzt. Dadurch wird es ermöglicht, Proben mit hohem Feuchtigkeitsanteil im REM detaillierter zu analysieren. Das Peltier-

Element kühlt die Proben, wodurch die Wasserverdunstung innerhalb der Kammer des REM unterbunden werden kann. Unter Zuhilfenahme inerter Zusatzstoffe kann die Probentemperatur noch weiter herabgesetzt werden, um andere flüchtige Bestandteile des Probenkörpers zurückzuhalten und so der Bildung von Artefakten vorzubeugen. Parallele Untersuchungen am Institut mit der Mikro-CT-Technologie ermöglichen es, die Mikroarchitektur der Scaffold-Materialien, ihrer Derivate und des entwickelten Gewebes mit einer hohen Auflösung dreidimensional, zerstörungsfrei und im nativen Zustand zu untersuchen. Die kombinatorische Anwendung von REM/Peltier und die Mikro-CT-Technologie ergänzen sich dabei in idealer Weise.

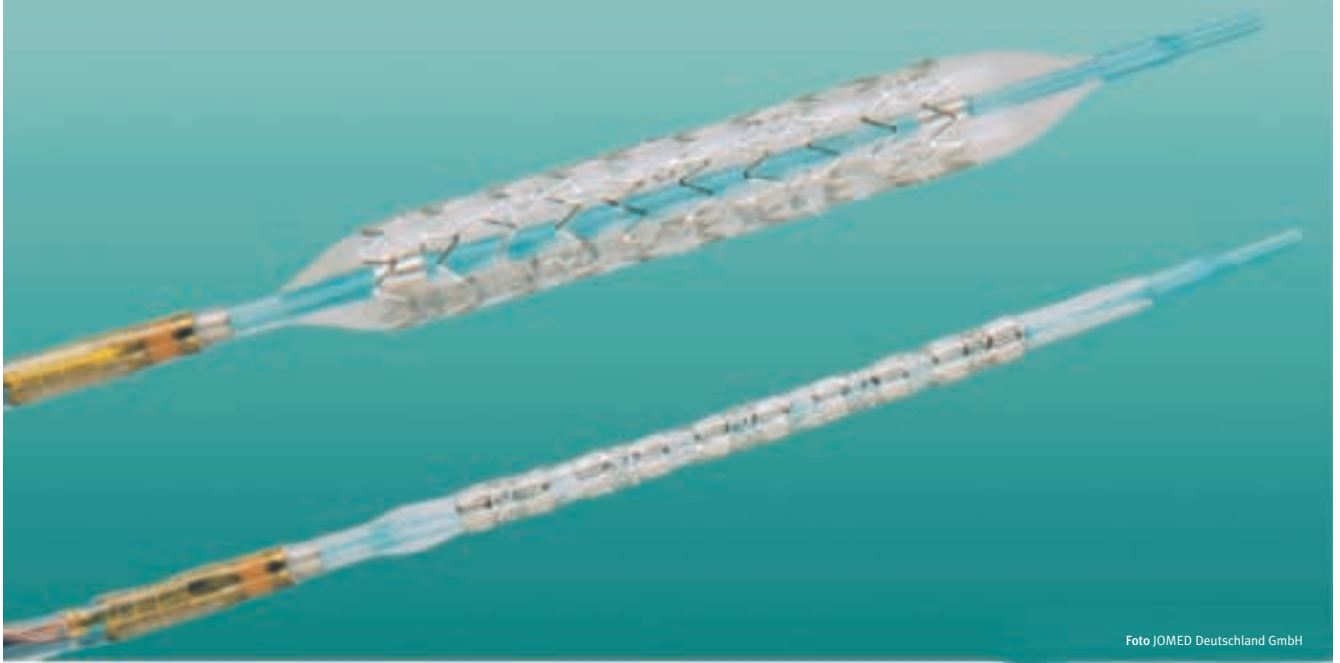


Foto JOMED Deutschland GmbH

Mikrosystemtechnik für Katheder basierte Diagnosewerkzeuge

Die Mikrosystemtechnik bietet gerade im Bereich der Biomedizintechnik ein großes Potenzial, neue Produkte zu schaffen und eine weitere Miniaturisierung der bereits bestehenden Produkte herbeizuführen. Am Beispiel eines Mikrosystems zur intravasculären Ultraschalldiagnose wird dieses Potenzial verdeutlicht.

„Wie geht’s uns denn heute?“ Die Antwort auf diese obligatorische Frage bei jedem Arztbesuch liefert oft wichtige Informationen über den Zustand des Patienten. Diese Informationen helfen dem Arzt, eine Diagnose zu erstellen. Je mehr Informationen zum gesundheitlichen Zustand vorliegen, desto genauer kann die Therapie angepasst werden.

Informationen, die Leben retten

Um eine arteriale Läsion (Verletzung des Blutgefäßes) oder eine Stenose (Verengung des Blutgefäßes) optimal behan-

deln zu können, ist ebenfalls eine vorhe-
rige, detaillierte Diagnose erforderlich.

Der Ort und die geometrische Form einer Läsion oder Stenose sind wichtige Informationen, um die richtige Therapie bzw. eine hilfreiche Operation durchführen zu können.

Traditionell wurde diese erforderliche Diagnose mit Hilfe von Röntgenstrahlung oder Ultraschall durchgeführt. Als Standardmethode galt für mehrere Jahrzehnte die „selektive Coronar-Angiographie“. Bei diesem Verfahren wird ein Kontrast-

mittel in das Gefäß injiziert, das durch den Einsatz von Röntgenstrahlung eine Diagnose des Gefäßprofils zulässt. Diese Methode bietet allerdings nur sehr eingeschränkte Informationen, da sie weder Aussagen über die spezifische Form der Stenose liefert, noch die Zusammensetzung der Ablagerungen genauer bestimmen kann, die diese Gefäßverengung verursacht haben.

Therapien im Wandel der Zeit

In früheren Jahren war diese Information für die zur Verfügung stehenden Thera-

prien – Bypass und pharmazeutische Behandlung - ausreichend. Da heutzutage jedoch Kathederbasierte Therapien wie die Ballon-Angioplastie zur Anwendung kommen, stellt diese Technik keine ausreichende Information mehr zur Verfügung, um eine genaue Planung der Therapie durchführen zu können.

Ultraschall legt den Querschnitt fest

Die intravaskuläre Ultraschalldiagnose bietet für diesen Bereich eine ideale Be-

Nutzbarmachung der unterschiedlichen Geschwindigkeit von Ultraschall in unterschiedlichen Medien kann diese Methode zusätzlich Anwendung in der Bestimmung der Zusammensetzung der Ablagerung finden.

Wie man hineinruft, so schallt es heraus...

Angewandte intravaskuläre Ultraschall-diagnose-Systeme (Intravascular ultrasound imaging systems - IVUS) verwenden

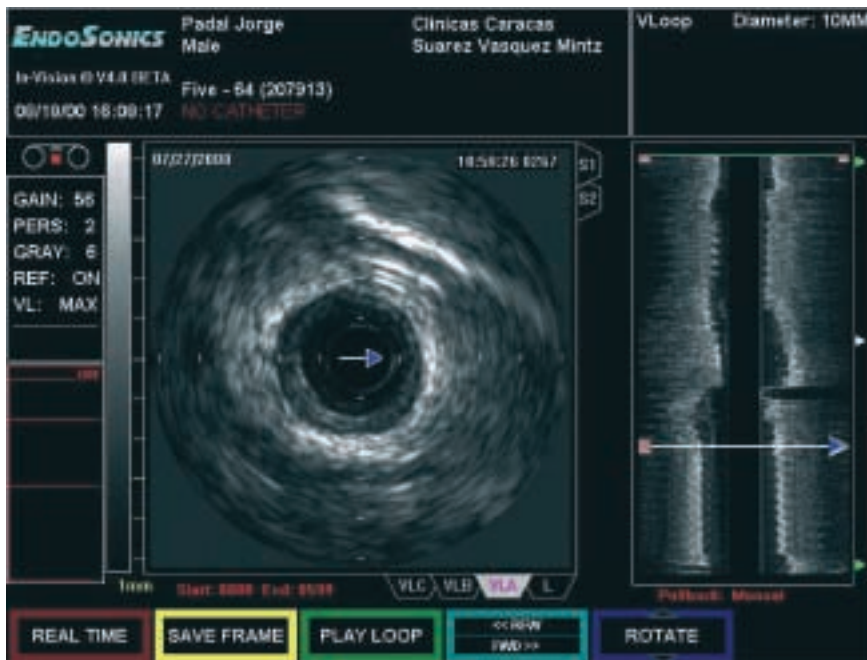
Berkeley Sensor & Actuator Center der University of California, Berkeley, einen Ultraschall-Scanner für die intravaskuläre Diagnose entwickelt. Das Besondere dieses Systems ist der Antrieb einer durch Torsionsbalken gelagerten Plattform. Diese Plattform wird nicht, wie üblich mittels einer langen Antriebswelle zur Rotation gebracht, sondern durch einen lokalen magnetischen Antrieb betrieben.

Der innovative Mikro-Scanner verfügt über eine Grundfläche von ungefähr einmal ein Millimeter und besteht aus zwei separat gefertigten Bauteilen. Das eine ist die Schwenkplattform mit dem Ultraschallsender und -empfänger, das andere der Antriebsteil, der die Plattform zu zwei Seiten zu kippen vermag.

Zur Herstellung dieser Bauteile kommen unterschiedliche Mikrotechniken wie Siliziummikromechaniken und Tiefenlithografie in Kombination mit Galvanik zum Einsatz.

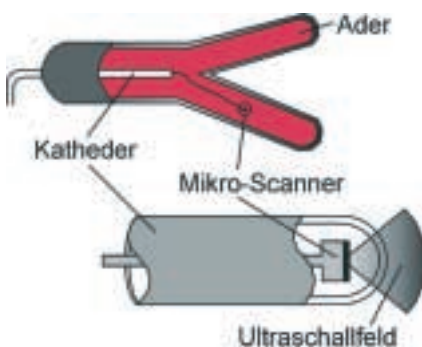
Das Antriebsteil des Mikro-Scanners erzeugt ein Magnetfeld. Durch diese Kräfte wird die Plattform zur einen oder anderen Seite ausgelenkt.

Der mechanische Teil ermöglicht durch die Torsionsfedern eine Rückstellung in die Ausgangslage.



Auf dem Ultraschallbild ist das Profil eines Gefäßes zu erkennen.

wertungsmöglichkeit, da diese Technologie die erforderlichen Informationen für eine erfolgreiche Therapie liefert. Denn



Mit intravaskulären Ultraschall-diagnose-Systemen werden piezoelektrische Elemente zur Untersuchung von Gefäßablagerungen genutzt.

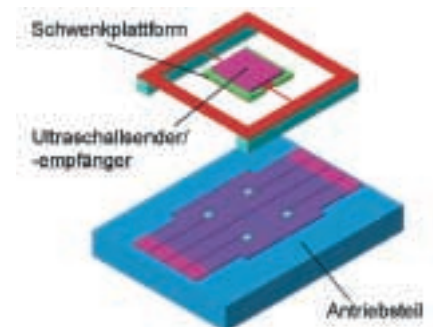
die intravaskuläre Ultraschalldiagnose gibt Aufschluss über den Querschnitt des Gefäßes und somit auch über die exzentrische Lage der Stenose. Durch

den ein oder mehrere piezoelektrische Elemente, um die Ultraschallwellen zur Darstellung der zu untersuchenden Umgebung zu erzeugen. Hierbei wandelt das piezoelektrische Element eine mechanische Spannung in eine elektrische Spannung um bzw. bewirkt beim reversiblen Prozess durch Anlegen einer elektrischen Spannung eine mechanische Verformung.

Die piezoelektrische Ultraschallquelle dient dazu, Ultraschallwellen in die sie umgebenden Gefäße auszusenden, um dann die aus dem Gefäß reflektierten Ultraschallwellen wieder aufzunehmen. Die damit erzeugten Spannungssignale dienen einer externen Datenverarbeitung zur Erstellung eines Ultraschallbildes des Gefäßes. Somit können der Querschnitt eines Gefäßes und etwaige Ablagerungen oder die Lage eines implantierten Stents (Gefäßstütze) sichtbar gemacht werden.

Mikrosystemtechnik auf höchstem Niveau

Das Institut für Mikrotechnologie (imt) hat in einer Zusammenarbeit mit dem



Der nur ein mal ein Millimeter große mikrotechnische Ultraschall-Scanner wird durch einen magnetischen Antrieb betrieben.

Der eingesetzte Ultraschallsender und -empfänger besteht auch in diesem System aus einem Piezoelement.

Das hier vorgestellte Bauteil wird zukünftig ermöglichen, bei der intravaskulären Ultraschalldiagnose einen noch größeren Bereich zu scannen und somit einen besseren Überblick über das Gefäß oder den implantierten Stent zu vermitteln.

Thomas Budde, imt



Quelle Tiermedizinische Hochschule Hannover

Lebenslänglich oder auf Bewährung...

... so könnte man frei übersetzt die beiden Themen dauerhafte und resorbierbare Implantate des Sonderforschungsbereiches Biomedizintechnik titulieren. Exemplarisch werden folgend zwei Teilprojekte vorgestellt, die verträgliche Implantate aus beständiger Keramik und abbaubarem Magnesium entwickeln.

Dieser Sonderforschungsbereich ist eingerichtet worden, um medizinisches Wissen und Ingenieurwissen zusammenzuführen und durch diesen Synergieeffekt die Implantattechnologie voranzutreiben. Unter dem Titel „Automatisierte Freiformflächenbearbeitung und Prüfung verschleißarmer Keramiken“ werden geometrisch komplexe Prothesen, wie z.B. Knieimplantate mit keramischen Funktionsflächen unter medizinischen und technischen Gesichtspunkten mit dem Ziel optimierter Standzeiten entwickelt, gefertigt und geprüft. „Funktionsangepasste Bearbeitung medizinischer Implantate“ ist das Thema des zweiten dargestellten Teilprojektes, welches die Entwicklung und Herstellung von abbaubaren Kleinimplantaten aus Magnesiumbasislegierung-

en umfasst. Zielsetzung ist dabei durch die mechanische Bearbeitung die Implantatzersetzung gesteuert zu beeinflussen. Beide Projekte arbeiten dabei eng mit der Medizinischen und Tiermedizinischen Hochschule Hannover zusammen.

Lebensdauerverlängerung am Beispiel Kniegelenk

Mit steigender Tendenz werden in Deutschland pro Jahr 60.000 bis 70.000 Knieprothesen implantiert. Verletzungen und insbesondere Verschleiß von Gelenken mit zunehmendem Alter verursachen Kniegelenkarthrose. Zum Einsatz kommt heute der sogenannte Oberflächengelenkersatz aus Kobalt-Chrom-Legierungen mit einem Polyethylen (PE)-Zwischen-

teil. Neuere Entwicklungen setzen Titan-Legierungen mit Titan-Nitrid-Beschichtungen (TiN) ein. Trotz kraftverlaufoptimierter Gestaltung beträgt die heutige Lebensdauer nur etwa 10-15 Jahre. Vorwiegend der PE-Abrieb des Zwischenelements bewirkt das Versagen des künstlichen Gelenks. Vor allem werden die Befestigungsstellen zwischen Körper und Implantat durch immunologischen Abwehrreaktionen verbunden, mit Knochenabbau, geschädigt.

Auf dem Gebiet der Endoprothetik bei Hüftgelenken haben sich keramische hart-hart Gleitpaarungen wegen sehr geringer Verschleiß- und Reibwerte bereits langjährig bewährt. Durch die Entwicklung von Fertigungsverfahren und Werk-

zeugen zur Herstellung komplex geformter keramischer Bauteile soll nun erreicht werden, dass sich der Werkstoff Keramik auch für andere Gelenkimplantate durchsetzt. Auf diese Weise sollen Lebensdauer und Biokompatibilität von Implantaten deutlich verbessert werden.

Strategien für Freiformflächen

Um die Zeiträume zwischen chirurgischen Eingriffen zu verlängern, sollen verschleißarme Keramikfunktionsflächen an die Stelle von konventionellen Materialpaarungen (Titan/PE) treten. Dieses erfordert die Schaffung von Strategien zur automatisierten Freiformflächenbearbeitung und Prüfung von keramischen Knieimplantaten.

Die Bearbeitung durch Schleifen und Polieren nach keramikgerechter Konstruktion mit anschließender Qualitäts- und Funktionsprüfung sind wesentliche projektbestimmende Aspekte. Eine an Keramikimplantate angepasste Konstruktion berücksichtigt die vorteilhaften Kontaktbedingungen von kugelförmigen Prothesenpaarungen, wie beispielsweise bei keramischen Hüftgelenken.

Dreidimensionale komplexe Geometrien werden von einem CAD/CAM-System in fünfschsig interpolierende Werkzeugwege umgewandelt. Als Komplettbearbeitung in einer Aufspannung gliedert sich der Prozess in zwei Schritte. Durch einen Schleifprozess wird die Makrogeometrie erzeugt, wobei das Ziel ist, den Aufwand für den Folgeschritt, das Polieren, zu minimieren. Der Polierprozess sorgt für die erforderliche Mikrogeometrie. Auch Taktiken zur Verschleiß- und Werkzeugabdrängungskompensation sollen im Prozess berücksichtigt werden.

Oberflächengüte sowie Genauigkeiten werden bei der Qualitäts- und Funktionsprüfung der erzeugten keramischen Funktionsflächen ermittelt. Als relevante Kenngrößen bezüglich der Funktionseigenschaften werden Festigkeiten und Eigenspannungszustände bestimmt. Einflüsse von unterschiedlichen Implantatgeometrien auf die Prothesenfunktion, resultierend aus Werkstoffwahl und Bearbeitung, werden untersucht. Dazu werden Analysen in einem Kniesimulator durchgeführt.

Die Entwicklung des flexiblen Schleif- und Polierprozesses ist so ausgerichtet, dass er auf beliebige Freiformflächen und Re-

gelgeometrien übertragen werden kann, so dass auch Patienten mit anderen Implantaten, wie beispielsweise für Finger- gelenke, von den lebensdauerverlängernden Maßnahmen profitieren können.

Zeitweilige Implantate

Ein zweiter Ansatz der derzeitigen Implantattechnologie ist es, Implantate einzusetzen, die sich nach Erfüllung ihrer Aufgaben im Körper zersetzen und so einen weiteren Eingriff zum Entfernen des Implantates überflüssig machen. In der Orthopädie zur Frakturversorgung ersetzen solche temporären Knochenimplantate in immer größerem Maße permanente Implantate, speziell im Einsatzbereich kleinvolumiger Implantate. Diese Implantate übernehmen vorübergehend die Knochenfunktion bis sie, nach sukzessiver Zersetzung, durch neugebildeten Knochen ersetzt werden. Die eingesetzten temporären Implantatwerkstoffe sollten dem Knochenmaterial in Bezug auf die mechanischen Kennwerte weitgehend entsprechen und vollständig abbaubar sein.



Die Hart-hart Paarung einer Keramikhüftprothese minimiert Reibung und Verschleiß. (Quelle: CeramTec AG)

Bislang werden temporäre Implantate vorwiegend aus Osteosynthesematerialien, den Polymer-Implantatwerkstoffen PHB, PLA und PHV/PHB, verwendet. Das Einsatzgebiet dieser Werkstoffe ist jedoch durch deren geringe mechanische Festigkeit eingeschränkt auf Belastungsbereiche mit geringen Zug-, Scher- und Kompressionskräften. Deswegen können Polymere verglichen mit den mechanischen Kennwerten für konventionelle Osteosynthesematerialien, wie chirurgische Stähle, auf lange Sicht keinen vollwertigen Ersatz bisheriger Materialien darstellen.

Magnesiumlegierungen bewähren sich

Eine Lösung stellen hier neue techni-

sche Magnesiumbasislegierungen dar, die sich mit jeweils deutlich höherer Zugfestigkeit und höherem E-Modul bei nachgewiesener Biokompatibilität als resorbierbarer Implantatwerkstoff anbieten.

Die hohe Zersetzungsgeschwindigkeit des Magnesiums im menschlichen Körper spricht zur Zeit noch gegen einen Einsatz von Magnesiumimplantaten. Durch gezielte Bearbeitungsmethoden bei der Herstellung der Implantate soll diese Geschwindigkeit angepasst werden an das Nachwachsen des Knochens. Die Implantate müssen dabei über einen bestimmten Zeitraum hinweg, nämlich bis der Heilungsprozess abgeschlossen ist, trotz des Materialabbaus die biomechanischen Funktionen erfüllen. Die gerichtete Steuerung der Implantatdegradation soll dabei durch die definierte Einstellung der Randzoneigenschaften aus der mechanischen Bearbeitung erreicht werden.

Im Rahmen des Teilprojektes soll geklärt werden, mit welchen Verfahren schlanke, dünnwandige Implantate aus verschiedenen resorbierbaren Magnesiumlegierungen am besten herstellbar sind, welche charakteristischen Randzoneigenschaften sich aus den verschiedenen Bearbeitungsverfahren und Prozessrandbedingungen ergeben sowie mit welchen Methoden Implantate mit guten biomechanischen Eigenschaften hergestellt werden können. Es gilt zu erforschen, welche Gestaltungsrichtlinien dazu zu befolgen sind und welchen Einfluss die Gestaltung, die Oberflächenausbildung und die Randzoneigenschaften der Implantate auf die Degradationskinetik haben.

Durch die Entwicklung von Bearbeitungsstrategien einerseits von Kniegelenkersatz exemplarisch für dauerhafte Implantate und andererseits von Magnesiumschrauben als Beispiel für abbaubare Implantate, tragen die vorgestellten Teilprojekte dazu bei, im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 599 die biomedizinischen Entwicklungen zum Wohl des Patienten voranzutreiben.

Marijke van der Meer und Axel Kuhlmann, IFW

17. November 2003

1. öffentliches Kolloquium des SFB 599

Informationen unter:

<http://www.zbm.uni-hannover.de>

<http://www.mhh.hno.de/sfb599>



Adrenalin für die Produktion

Zuführsysteme auf der Basis von aerodynamischen Wirkprinzipien werden eingesetzt, um Werkstücke aus einem Haufwerk zu vereinzeln und zu orientieren. Durch die hohen Prozessgeschwindigkeiten und die schonende Handhabung eignen sich diese Systeme besonders für die Verarbeitung von medizinischen Massengütern.

Aus vielen Bereichen unseres täglichen Lebens sind Einwegprodukte nicht mehr wegzudenken. Im medizinischen Bereich ist dies speziell bei hygienischen Produkten üblich und sinnvoll. So werden in Deutschland beispielsweise über eine Milliarde Einwegspritzen pro Jahr verbraucht.

Durch die Fortschritte in der Automatisierungstechnik lassen sich heute Produktionsanlagen realisieren, die 600 und mehr Teile pro Minute fertigen können, was die Herstellung eines solchen Bedarfs zu einem Kinderspiel werden lässt. Problematisch ist bei der Herstellung also nicht der Bearbeitungsprozess selbst, sondern die anschließende Handhabung der ungeordneten Produkte. Da die einzelnen Produkte häufig als Schüttgut angeliefert werden, müssen sie zunächst mit Hilfe von Zuführsystemen vereinzelt und orientiert werden. Da konventionelle Zuführsysteme jedoch Schwachpunkte hinsichtlich der Prozessgeschwindigkeiten und Zuverlässigkeiten aufweisen, wurden am Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) der Universität Hannover in den

vergangenen Jahren Verfahren entwickelt, die die Geschwindigkeit und Prozesssicherheit von Zuführsystemen optimieren.

Alles Schikane!

Das am häufigsten vorkommende Zuführgerät ist der Vibrationswendelförderer. Die Stärken dieses Systems, welches seit den 60er Jahren zur Vereinzeln und Orientierung eingesetzt wird, liegen in seinem robusten und kompakten Aufbau. Der Vibrationswendelförderer weist allerdings erhebliche Schwächen bei der Geschwindigkeit und dem nicht zu berechnenden Teilverhalten auf. Falsch orientierte Teile werden durch Schikanen ins Haufwerk zurückbefördert. Dies ist, neben dem Transport der Teile durch den sogenannten Mikrowurf, die zweite Ursache für die begrenzte Geschwindigkeit.

Eine Alternative zum Vibrationswendelförderer ist die Zentrifuge. Diese dient zur Vereinzeln von Werkstücken, wird aber bei der Orientierung und Sortierung häufig durch ein Bildverarbeitungssystem oder mechanische Schikanen unterstützt.

Die Ausbringung einer Zentrifuge ist dadurch höher als beim Vibrationswendelförderer.

In der Industrie werden heute zunehmend auch sogenannte „intelligente Zuführsysteme“ eingesetzt. Hierbei werden vereinzelt Teile, auf einem Förderband liegend, durch ein Bildverarbeitungssystem analysiert. Die in einer montagegünstigen Lage befindlichen Teile werden durch einen Roboter gegriffen und weiterverarbeitet. Dies erfordert einen hohen sensorischen und aktorischen Aufwand, was die Systeme komplex macht und ihre Geschwindigkeit begrenzt.

Lassen sich Teile zum Beispiel aufgrund der geforderten Geschwindigkeit oder der Komplexität nicht mit den konventionellen Systemen zuführen, müssen sie aufwändig magaziniert und an der Montageanlage den Magazinen wieder entnommen werden. Durch diesen zusätzlichen logistischen Aufwand und die teilespezifischen Magazine sind die Systeme teuer und komplex.

Es zieht! – Luftströme sorgen für Ordnung

Das Spektrum der aerodynamischen Zuführtechnik umfasst Verfahren zur Vereinzelung und zur Orientierung von Werkstücken mittels Luftströmungen. Sie ist aufgrund des Potenzials bezüglich Geschwindigkeit, Flexibilität und Zuverlässigkeit speziell bei Hochgeschwindig-



Die Ausrichtung der Werkstücke auf einem Luftkissen.

keitsanlagen eine interessante Alternative zu konventionellen Systemen. Durch die Verwendung von Luft und dadurch, dass die Teile bei einem aktiven Verfahren den Prozess nur einmal durchlaufen, werden diese bei der Zuführung schonend behandelt. Durch die Gestaltung als

verschieden. Bei den passiven Verfahren werden falsch orientierte Teile durch aerodynamische Schikanen abgewiesen.

Wesentlich komplexer sind aktive Orientierungsverfahren, die ein Werkstück durch ein permanent anliegendes Strömungsfeld zwingen, eine bestimmte Orientierung anzunehmen. Dies geschieht, wenn möglich, ohne zusätzliche Senso-

rik. Am Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) der Universität Hannover werden derzeit zwei Bereiche des aktiven Orientierungsverfahrens untersucht: Die Orientierung durch flächige Luftkissen und die Orientierung durch spezielle Luftströmungen.

Auf Luft gebettet

Bei der Orientierung durch flächige Luftkissen gleitet das Werkstück schwebend über ein Luftkissen. Während die Teile das Luftkissen überqueren, nehmen sie in dem Schwebезustand eine Orientie-

erforderlich sein, dass die Strömung eine definierte Richtung besitzt oder in verschiedenen Bereichen unterschiedliche Geschwindigkeiten aufweist. Zur Erzeugung dieser Effekte werden spezielle strömungstechnische Elemente verwendet.

Auf die schiefe Bahn gekommen

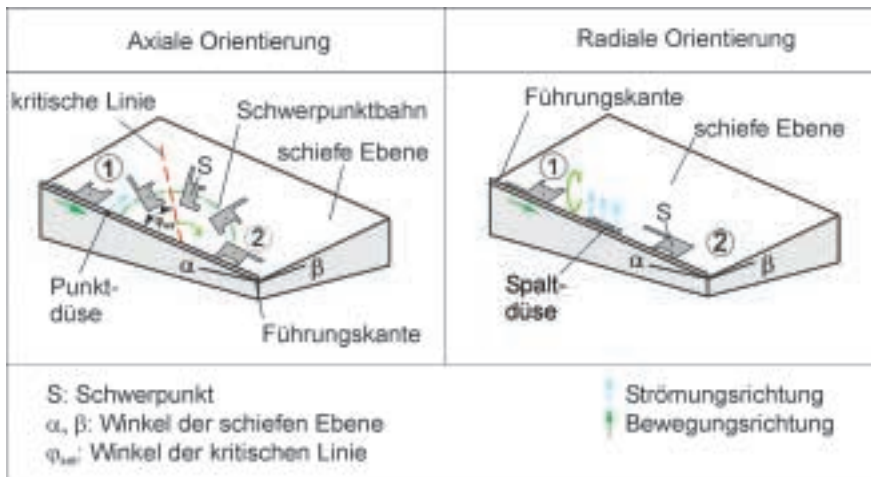
Bei der Orientierung durch spezielle Luftströmungen rutschen die Teile eine um zwei Achsen geneigte, schiefe Ebene hinunter. Sie passieren dabei eine spezielle Luftströmung, durch die sie orientiert werden. Es wird hierbei zwischen einer axialen und radialen Orientierung unterschieden. Bei der axialen Orientierung erfolgt die Ausrichtung der Teile über eine Achse senkrecht zur Transportrichtung und bei der radialen über eine Achse parallel zur Bewegungsrichtung. Die Werkstücke rutschen in mindestens zwei verschiedenen Orientierungen die Ebene hinunter und passieren dabei die Luftströmung. Abhängig von dem genutzten Effekt werden die in der Orientierung befindlichen Werkstücke beim Passieren der Strömung gedreht, während die anderen die Strömung ohne Drehung durchqueren. Besondere Bedeutung hat hierbei die Düsengeometrie, die von den jeweiligen Werkstückeigenschaften abhängt. Die Luftströmung ist nicht geregelt und fließt kontinuierlich, also unabhängig von der Werkstücklage.

Frischer Wind bringt neue Möglichkeiten

Vielfältig wie die Werkstücke selber sind auch die Möglichkeiten der aerodynamischen Zuführtechnik. Durch die Kombination der Verfahren lassen sich verschiedenste Werkstücke aus dem ungeordneten Zustand in eine definierte Lage überführen. Die Leistung der Zuführanlagen beträgt, abhängig von den Werkstückeigenschaften, über 1000 Stück pro Minute. In den bisherigen Forschungsarbeiten wurden Werkstücke aus beliebigen Materialien mit einer Masse von ca. 1 bis 100 g und einer Länge von bis zu 10 cm orientiert. Auch vormontierte oder schon verpackte Werkstücke können zugeführt werden.

Die potenziellen Einsatzgebiete der aerodynamischen Zuführanlagen liegen in allen Bereichen der Industrie, in denen Massenprodukte mit hoher Geschwindigkeit und Prozesssicherheit zugeführt werden müssen.

Torsten Fiege und Andreas Rybarczyk, IFA



Orientierung der Werkstücke auf der schiefen Ebene.

sogenannte offene Systeme sind aerodynamische Zuführsysteme wenig störungsanfällig. Es wird so weit wie möglich auf mechanische Komponenten verzichtet, so dass eine Staubbildung oder ein Verkleben von Teilen nicht möglich ist. Falsch orientierte Teile fließen im Teilestrom mit, bis sie nach der Prüfung, zum Beispiel durch ein Bildverarbeitungssystem, aussortiert werden.

Bei der aerodynamischen Zuführtechnik werden passive und aktive Verfahren un-

terung ein, die sich durch ihren lageabhängigen Luftwiderstand oder die Schwerpunktlage ergibt. Liegt der Schwerpunkt der Werkstücke außerhalb der geometrischen Mitte und hat der c_w -Wert keinen Einfluss auf die Ausrichtung, so richtet sich das Werkstück wie ein Schiff im Wasser mit dem Schwerpunkt nach unten aus. Bei mittiger Schwerpunktlage und lageabhängigem c_w -Wert nimmt das Werkstück schwebend die Orientierung des maximalen Luftwiderstandes ein.

Die Realisierung dieses Verfahrens stellt erhebliche Anforderungen an das Luftkissen. So kann es z. B. je nach Werkstück

Designpreis für Wasserstrahlskalpell

In der Ausgabe 1/2002 wurde dem Leser an dieser Stelle ein neues Verfahren vorgestellt, welches es ermöglicht, Knochen mit Hilfe von Wasserstrahlen zu schneiden. Das „Wasser-Abrasive-Strahl-Verfahren“ wurde in einer Kooperation zwischen dem Institut für Werkstoffkunde (IW), und der Orthopädischen Klinik der Medizinischen Hochschule und der Orthopädischen Klinik des Allgemeinen Krankenhauses Barmbek (Hamburg) entwickelt und optimiert. 2001 gewann das



Die beiden Jungdesigner Ralf Baumunk und Joachim Möllmann.

Verfahren den „Technological Advancement Award“ beim Deutschen Orthopädenkongress in Berlin.

Zur visuellen Umsetzung eines chirurgischen Arbeitsplatzes, an dem diese innovative Technik verwendet werden kann, wurde von zwei Industriedesign-Studenten jetzt eine Designstudie erstellt. Ralf Baumunk und Joachim Möllmann stellten nach einer sechsmonatigen Machbarkeitsstudie einen Entwurf vor, der den Handlungsablauf während der Operation unterstützt, die allgemeinen OP-Bedingungen erfüllt und den hohen gestalterischen Erwartungen an moderne Medizintechnik entspricht.

Die Diplomanden entwarfen ein Operationssystem für die Endoprothetik (Einsetzen von Kniegelenkprothesen), bei dem ein robotergeführter Wasserabrasivstrahl mit einer hohen Präzision Teile des Kniegelenkknorpels für die spätere Verwendung von Implantaten bearbeitet.

Mit Unterstützung von Dipl.-Des. (FH) Hans-Joachim Mühlhausen, Lehrender

des Fachbereichs Design und Medien der Fachhochschule Hannover, wurden während der Studie eine Vielzahl gestalterische Konzepte und Lösungsansätze gefunden, die immer wieder Abgleichung mit den Projektpartnern fanden.

Der endgültige Entwurf besteht im Wesentlichen aus nur vier Elementen: ein Robotermodul mit integrierter Absaugung, einer mobilen Steuereinheit zur Überwachung der Operation, der „Cuttingbox“ und einer mobilen Hochdruckpumpe.

Besondere Beachtung verdient die so genannte „Cuttingbox“, ein neues Systemelement, in dem die eigentliche Operation durchgeführt wird. In ihr wird das zu operierende Körperteil fixiert und die Schneiddüse mittels eines Roboterarms eingestellt. Die Cuttingbox dient außerdem als Auffangbecken für das Schneidfluid und zum Schutz für die Operateure und den Patienten.



Das Operationssystem für das „Wasser-Abrasive-Strahl-Verfahren“ mit „Cuttingbox“ entworfen von den Jungdesigner Ralf Baumunk und Joachim Möllmann.

Der Diplomentwurf der zwei Studenten gewann in diesem Jahr den ersten Preis der Mia Seeger Stiftung Stuttgart und wurde außerdem mit dem „iF design award 2003“ des „International Forum Design“ ausgezeichnet.

Weitere Informationen zu der Studie und zu anderen Projekten der Jung-Designer unter www.jojorama.de. Weitere Informationen zu dieser in der Entwicklung befindlichen Operationstechnik erteilt Dipl.-Ing. Frank Pude, IW, Telefon (0511) 762 4404, wlh@iw.uni-hannover.de

Schlesinger-Preis für Professor Hans Kurt Tönshoff



Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Hans Kurt Tönshoff wird für seine wissenschaftliche Leistungen auf dem Gebiet der Produktionstechnik ausgezeichnet.

Am 17. Juli 2003 hat der Senat von Berlin den Georg-Schlesinger-Preis, einen der weltweit renommiertesten Preise der Produktionswissenschaft, an Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Hans Kurt Tönshoff, Hannover, und Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Weck, Aachen, verliehen. Mit der Auszeichnung, die 1979 zum 75-jährigen Bestehen des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der TU Berlin gestiftet wurde, ehrt das Land Berlin alle drei Jahre einen Forscher, der sich durch wissenschaftliche Leistungen auf dem Gebiet der Produktionstechnik und durch die gesellschaftliche Bedeutung seines Wirkens ausgezeichnet hat. Das wissenschaftliche Werk von Professor Hans Kurt Tönshoff, der das Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen bis zum Jahre 2002 geleitet hat, zeichnet sich durch einen Systemansatz aus, in dem Fertigungsprozesse, Maschinen und Steuerungen sowie das organisatorische Umfeld von produzierenden Systemen ganzheitlich verbunden werden.

Weitere Informationen:
IFW, Dr.-Ing. Kirsten Tracht,
Telefon (0511) 762-4989

Neue Institute in der PHI

Seit der aktuellen Ausgabe wird das Redaktionsteam der beteiligten Institute an der PHI von zwei weiteren Partner unterstützt.

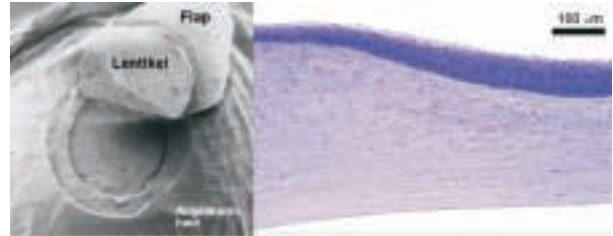


Das Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer, und das Institut für Mikrotechnologie (IMT) unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Hans Heinrich Gatzten werden sich in Zukunft an der Erstellung der PHI beteiligen. Damit sind acht produktionstechnische Institute aus Hannover in der Redaktion der PHI vertreten.

Nähere Informationen zu den zwei neuen Instituten gibt es unter www.ita.uni-hannover.de und unter www.imt.uni-hannover.de

Vierversprechende Resultate in der Augenchirurgie

Am Laser Zentrum Hannover e.V. wurden mit einem Ultrakurzpuls-Lasersystem (Pulsdauern 120 Femtosekunden) erstmals erfolgreich refraktiv-chirurgische Eingriffe an den Augen lebender Kaninchen durchgeführt. Bei der sogenannten fs-LASIK wird mit einem Femtosekundenlaserstrahl der Augenhornhaut eine Linse (Lentikel) ausgeschnitten. Die Brechkraft dieser Linse entspricht der Fehlsichtigkeit des behandelten Auges.



Eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines mit fs-Laserpulsen präparierten Hornhautlentikels (links) und Schnittbild einer behandelten Hornhaut 14 Tage nach der OP (rechts). Die Verringerung der Hornhautdicke ist deutlich zu erkennen.

Die ersten Wundheilungsstudien verliefen äußerst vielversprechend. So zeigten die behandelten Kaninchenaugen selbst bei der Korrektur von extrem hohen Fehlsichtigkeiten, und damit der Entnahme von relativ viel Hornhautgewebe, überraschend wenig Wundheilungsreaktion. 14 Tage nach der OP waren die Hornhäute klar und ohne Narbenbildung. Die histologische Analyse der Augen zeigte einen

entsprechenden Wundheilungsverlauf, wie man ihn von der bislang erfolgreich eingesetzten Excimerlaserbehandlung kennt. Der Vorteil der fs-LASIK gegenüber anderen Laserarten liegt in einer einfacheren chirurgischen Handhabung und in einem breiterem Anwendungsspektrum für mikrochirurgische Eingriffe am Auge.

Kontakt: LZH, Dr. H. Lubatschowski, Telefon (0511) 2788-279, hl@lzh.de

Integral II: Virtuelles Lehrsystem

Seit Mitte 2001 beschäftigen sich 14 Hochschulinstitute mit der Entwicklung, Erprobung und Evaluation des multimedialen Lehrsystems „INTEGRAL II“ zur Vermittlung von arbeitswissenschaftlichen und betriebsorganisatorischen Lehrinhalten. Gefördert wird das Projekt von dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Förderbekanntmachung „Neue Medien in der Hochschullehre“.

Das Lehrsystem „Integral II“ wird exemplarisch für die arbeitswissenschaftliche Lehre entwickelt, da sie ein zentraler Bestandteil ingenieurs-, betriebs- und sozialwissenschaftlicher Studiengänge ist. Ziel ist es, die Präsenzveranstaltungen der Universitäten mit dieser virtuellen Plattform zu unterstützen und mit Hilfe

simulierter Anwendungen praktische Elemente in das konventionelle Lehrsystem zu integrieren. Darüber hinaus besitzen die zu vermittelnden Lehrinhalte eine hohe praktische Bedeutung für die zukünftige berufliche Arbeit der Studierenden und sollen in weiteren Schritten auch für die Weiterbildung von Praktikern zur Verfügung gestellt werden.

„INTEGRAL II“ ist modular aufgebaut, so dass unterschiedlichste Aspekte der Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation multimedial aufbereitet werden. Ein Modul ist der sogenannte Reorganisationssimulator. Dieser beschäftigt sich explizit mit der Reorganisation im betrieblichen Umfeld. An der Entwicklung des Reorganisationssimulators sind das Forschungsinstitut für Rationalisierung

(FIR) der RWTH Aachen, das Institut für Arbeitswissenschaft (IAW) der RWTH Aachen, das Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA) der Universität Hannover, das Institut für Technologie und Arbeit (ITA) der Universität Kaiserslautern sowie der Lehrstuhl für Industriebetriebslehre und Arbeitswissenschaft (LIA) der Universität Kaiserslautern sowohl konzeptionell als auch umsetzend beteiligt.

Interessierte Leser haben die Gelegenheit unter folgender Webadresse den Reorganisationssimulator auszuprobieren: www.integral2.iaw.rwth-aachen.de Login: gast, Passwort: gast

Kontakt und weitere Informationen: IFA, Rouven Nickel, Telefon (0511) 762-19811

vorschau

Die nächste Ausgabe der *phi* erscheint im Januar 2004



Qualität und Präzision

Glasklare Sache – Glasbearbeitung mit dem Laser

Tot oder lebendig – Mikromagnetik

Qualität für Zulieferer

Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser !

Inline Prüfung in der Fertigung

Das Eisen schmieden, solange es heiß ist!

Maßabweichungen kaltgestellt

Beteiligte Institute

Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Universität Hannover

IFA

Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Universität Hannover

IFW

Institut für Mikrotechnologie der Universität Hannover

mt

Institut für Transport- und Automatisierungstechnik der Universität Hannover

ITA

Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Universität Hannover

IFUM

Institut für Werkstoffkunde der Universität Hannover

IW

IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

IPH

Laser Zentrum Hannover e.V.

LZH