

LECHNOSCOOP

Welche Zukunft mit der Technik? Ein Beitrag der SATW zum Dialog mit der Jugend

Thema

Moderne Werkstoffe in der Medizin

Ulrich W. Suter, Professor für Polymerchemie im
Departement Werkstoffe der ETH Zürich

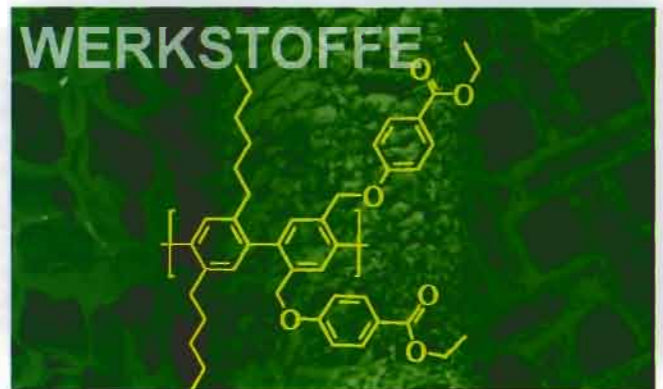
Die Medizin (vom lateinischen *medicare*, heilen) und besonders die Chirurgie (vom griechischen *cheirurgia*, Hand-Arbeit) hat schon im Altertum Werkstoffe aller Art benutzt, um ihr Ziel erreichen zu können, Menschen und Tiere von Leiden zu befreien und gesund zu erhalten. Es gibt eine unglaubliche Vielzahl verschiedener solcher Anwendungen von Werkstoffen, und man kann eine Idee davon nur in Beispielen geben. Eines sei hier genannt: Der Bedarf an besonderen Geräten, etwa besonders scharfen, sicheren und handlichen Schneideinstrumenten, ist gross. Hier wurde seit langer Zeit Hervorragendes geleistet; trotzdem entsteht dauernd neuer Bedarf: Die neuen Untersuchungsmethoden zum Beispiel, über die die Medizin heute verfügt, verlangen nach neuen Materialien. So stören etwa metallische Werkstoffe die Röntgenanalyse oder die Magnetresonanzuntersuchungen stark, und es braucht darum Werkzeuge aus neuen, nicht-magnetischen oder röntgen-transparenten Materialien.

Nähfäden sind seit langem in der Chirurgie im Einsatz. Sie sind ein Beispiel für Stoffe, die man zeitweilig im Körper belassen kann. Später kam dann der Wunsch hinzu, Stoffe zur Verfügung zu haben, die dauerhaft in den Körper eingepflanzt werden können. Das wohl für die älteren Menschen und viele Unfallopfer unter uns alljährlichste Beispiel ist der Zahnersatz, bei dem Teile der natürlichen Zähne durch Einlagen, Kronen, Brücken usw. dauerhaft ersetzt werden. Wir sind schon daran gewöhnt, vom Zahnarzt zu erwarten, dass jeder beschädigte Zahn für viele Jahre, vielleicht sogar für das ganze Leben, durch künstliches Material wiederhergestellt oder ersetzt werden kann. Wenn man sich vergegenwärtigt, welche Belastung ein solches künstliches Teil und der Werkstoff, aus dem es gefertigt ist, aushalten müssen, wird einem rasch klar, was hier geleistet wurde.

Tausende erhalten heute jedes Jahr allein in der Schweiz lasttragende Implantate eingepflanzt, die ihnen als künstliche Hüftgelenke oder Kniegelenke für viele Jahre die besten Dienste leisten. Solche Entwicklungen sind erst in den letzten Jahrzehnten durch das Aufkommen moderner Werkstoffe möglich geworden. Werkstücke aus Metall oder Keramik, manchmal auch aus Polymeren (Kunststoffen), sind hier in rasanter Entwicklung begriffen.

Weil der Körper eine chemisch äusserst korrosive und mechanisch durch starke Wechsellasten ebenfalls schwierige Umgebung darstellt, und weil viele Werkstücke heute sehr lange im Körper eingepflanzt bleiben sollen, werden inerte Werkstoffe beforscht, d.h. solche, die nicht mit dem biologischen Organismus chemische Reaktionen eingehen. Als Beispiel erwähne ich hier sogenannte "stents", kleine Röhrchen, die dazu dienen, Blutgefässe offenzuhalten (zum Beispiel nach einer Erweiterung der Herzkranzgefässe mittels eines kleinen Ballons am Ende einer Sonde, die man ins Herz einführt) und die man während vieler Jahre im ungestörten Einsatz sehen möchte. Natürlich kann man dabei nicht einfach die in der Technik üblichen Wege gehen, sondern muss genauestens auf

die Verträglichkeit mit dem Körper achten. Stähle, die Nickel enthalten, sind zum Beispiel nicht für medizinische Implantate geeignet, obwohl Nickel hervorragend bei Stahl Korrosion verringert. Neue Werkstoffe sind da nötig. Wo die mechanische Belastung nicht zu gross ist, können Polymere eingesetzt werden; an anderen Stellen kommen hauptsächlich Metalle und Keramik zum Einsatz.



Schon um die Jahrhundertwende gab es einen Zweig der Chirurgie, der sich mit Operationen befasste, durch welche Substanzverluste, d.h. Gewebedefekte, ersetzt werden können. Dazu gehörte zum Beispiel die sogenannte Rhinoplastik oder Nasenbildung, die Kunst, verstümmelte Nasen wiederherzustellen. Die Perfektion solcher Methoden verlangte nach Werkstoffen und Oberflächenstrukturen, die mit dem Gewebe und den mit ihnen in Kontakt kommenden Zellen verträglich sind. Die neuesten Entwicklungen zielen hier auf Werkstoffe, die nur für kurze Zeit (Wochen und Monate) als "Platzhalter" und als Stimulatoren am Einsatzort bleiben und die mithelfen, neues Gewebe aufzubauen, welches dann auch die Werkstoffe selber ersetzt. Dieses Gebiet, das sogenannte "Tissue Engineering" erlebt gegenwärtig eine rasche Weiterentwicklung. Man kann sich vorstellen, dass in Zukunft ein schadhafter Körper in Gestalt eines geeigneten Werkstücks ein Neuteil erhält, welches für einige Zeit die Funktionen des ausgefallenen Teils übernimmt, dabei den Körper stimuliert, selber wieder aktiv zu werden, um sich nach gefaner Arbeit aufzulösen und, in unschädliche Bestandteile zerlegt, vom Körper ausgeschieden zu werden. Obwohl dieses Szenario reichlich utopisch erscheint, sind schon erste Erfolge ausgewiesen worden.

Die medizinische Werkstoffszene ist lebendig und in rasanter Entwicklung begriffen und ein tolles Gebiet für die Zukunft. Bionische Supermenschchen sind wohl weder realistisch noch wünschbar; die Werkstoffwissenschaften ermöglichen einen vernünftigen und allen nutzenden medizinischen Fortschritt.

If you think that you don't need medical materials, check if you are awake!



Prof. Dr. Ludwig J. Gauckler
Abteilung Nichtmetallische
Werkstoffe, ETH-Zürich

Mit Werkstoffen wie Stein, Bronze und Eisen verbinden wir ganze Zeitepochen. Dies zeigt, welche entscheidende Rolle den Werkstoffen für die Erhaltung und Entwicklung der menschlichen Zivilisation zukommt.

Derzeit wird die Welt durch eine Revolution neuer Werkstoffe verändert. Sie erfaßt alle Bereiche unseres Lebens und wird das wirtschaftliche Wohlergehen ganzer Nationen und Industrien nachhaltig beeinflussen. Immer kleinere und schnellere elektronische Bausteine der Computer- und Informationstechnologie beruhen ausschließlich auf verbesserten Werkstoffen. Neue Verbundwerkstoffe revolutionieren die Verkehrsmittel. Moderne metallische und keramische Werkstoffe sind aus Hochleistungsantriebswerken, Kraftwerken und aus der Medizintechnik nicht mehr wegzudenken. Die Palette biokompatibler Werkstoffe wird sich in gleichem Masse ausweiten, wie sich die molekulare Medizin der Physik und Chemie angleicht.

In der Industrie und an den Hochschulen besteht heute ein gravierender Mangel an Werkstoffingenieuren. Die Werkstoffwissenschaften sind eine der aussichtsreichsten Karrieremöglichkeiten für junge Menschen, als Spezialisten in einem Ihrer Teilgebiete oder als Generalisten. Die Werkstoffwissenschaften geben jungen Menschen nicht nur Einblick in Aufbau, Verarbeitung und Eigenschaften der Werkstoffe, sondern bieten ihnen auch alle Möglichkeiten, mit unseren Ressourcen ökologischer und ökonomischer zu haushalten. Die Werkstoffwissenschaften bieten also die größten Chancen für mehr Nachhaltigkeit.

Nutzen wir sie!

Künstliche Gelenke von Sulzer

In den Sechziger Jahren nahm man staunend zur Kenntnis, dass Menschen, die an Hüftarthrose litten, ein „Sulzer-Gelenk“ erhalten hatten und sich damit wieder schmerzfrei bewegen konnten. Damals schien es merkwürdig, dass das Winterthurer Unternehmen, das sich mit Webmaschinen einen Namen gemacht hatte und später Dieselmotoren für Schiffsantriebe in die ganze Welt exportierte, nun auch künstliche Gelenke anbot. Inzwischen hat sich, was im kleinen begonnen hatte, zur Sulzer Medica gemausert, einem Unternehmen, das orthopädische Chirurgen und Patienten in über 80 Ländern mit Spitzenprodukten in den Bereichen Orthopädie, mit Herzschrittmachern und Kreislaufimplantaten versorgt. 1997 betrug der Anteil von Sulzer Medica am Konzernumsatz von 6 Mia. Franken knapp ein Viertel.

Sulzer Medica ist ein klassisches Beispiel für die Umsetzung von in „life sciences“ gewonnenen Erkenntnissen in die Praxis zur Erhaltung und Wiedererlangung von Lebensqualität. Für die Forschung wurden 1997 rund 144 Mio. Franken aufgewendet. Die zentrale Bedeutung wissenschaftlicher Arbeit kommt auch darin zum Ausdruck, dass von den über 4500 Mitarbeitern viele ein akademisches Studium absolviert haben, vor allem in den Disziplinen Maschinenbau, Chemie, Biologie, Werkstoffe und Betriebswirtschaft. In ihrer beruflichen Tätigkeit haben sie faszinierende Möglichkeiten zur fachübergreifenden Zusammenarbeit über alle Grenzen hinweg. Die wichtigsten Forschungs- und Produktionsstätten befinden sich in der Schweiz und in den USA sowie in Deutschland und Schottland.

1938 erhielt erstmals ein Mensch ein künstliches Hüftgelenk. Die seither auf dem Weg zu immer besseren und dauerhafter funktionierenden Implantaten erzielten Fortschritte sind in hohem Masse der Entwicklung geeigneter Werkstoffe zu verdanken. Deren Wahl ist neben dem optimalen Design und sorgfältiger Herstellung eines der drei entscheidenden Erfolgskriterien. Sulzer hatte 1965 das erste künstliche Gelenk aus Metall produziert und hat seither an diesem Material festgehalten. Eine wesentliche Qualitätssteigerung in der Fertigungstechnik brachte der Wechsel vom Guss zur Schmiedelegierung.



Wagner-Hüftprothesensystem
für zementfreie Verankerung.



MS-30 Hüftprothese mit Pressfit-
Cup. Der Schaft wird mit
Knochenzement verankert.

Entwicklung, Produktion und Vertrieb von künstlichen Hüft- und Kniegelenken stehen bei Sulzer Medica weiterhin im Mittelpunkt des Bereiches Orthopädie, der 52 Prozent zum Umsatz beiträgt. Daneben ergänzen zahlreiche Kleingelenke, wie z.B. Finger-, Handgelenk-, Ellbogen-, Schulter- und Rückenimplantate das Angebot. Sulzer Medica zählt aber auch weltweit zu den drei führenden Herstellern von

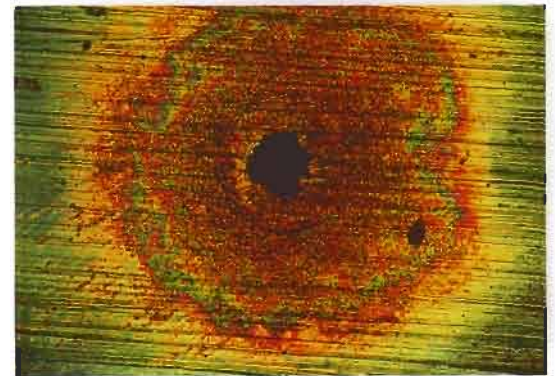
Herzschrittmachern. Ein dritter Bereich umfasst künstliche Blutgefäße sowie mechanische und biologische Herzklappen, wovon schon über 200 000 implantiert wurden.

Weitere Informationen sind erhältlich bei Jo Steiner, Sulzer Orthopedics Ltd. in Winterthur, Tel. 052 262 53 29. Bei Voranmeldung sind auch Betriebsbesichtigungen möglich.

Stabilität hochbeständiger Werkstoffe

Stabilität, Lebensdauer und Funktionalität metallischer Werkstoffe werden stark durch deren Korrosionsverhalten beeinflusst, d.h. durch die Reaktivität des Metalles in seiner Umgebung. Dies gilt speziell für metallische Werkstoffe, welche als Implantate im menschlichen Körper eingesetzt werden. Eine besondere Herausforderung an die Korrosionsforschung stellt dabei die Erkenntnis dar, daß schon kleinste Mengen von Metallen zu toxischen oder allergischen Reaktionen im menschlichen Gewebe führen können.

Die ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit moderner hochbeständiger Legierungen basiert auf der spontanen Bildung eines schützenden Oxidfilms, des sogenannten Passivfilms, welcher trotz der in vielen Fällen geringen Dicke von nur einigen Nanometern als eine äußerst effiziente Barriere zwischen der Metalloberfläche und der aggressiven Umgebung wirkt. Daher spielt die Beständigkeit dieser Oxidfilme gegen Auflösungsvorgänge eine zentrale Rolle für die Gefährdung eines Implantatsystems durch Korrosion. Abgesehen von der Korrosionsgeschwindigkeit muß auch der Auflösungsmechanismus ermittelt werden, da je nach Mechanismus unterschiedliche Reaktionsprodukte gebildet werden. Im weiteren können passive Oxidfilme eine Neigung zu lokalen Korrosionserscheinungen (Lochfrass oder Spaltkorrosion) haben, die zu starken Angriffen an spezifischen Stellen auf der Oberfläche führen.



Korrosionsloch auf der Oberfläche von nichtrostendem Stahl

In der Gruppe Metallische Hochleistungswerkstoffe im Departement für Werkstoffe an der ETH Zürich untersuchen Wissenschaftler unter der Leitung von Prof. S. Virtanen die Bildung sowie Veränderungen und Eigenschaften von Passivfilmen auf hochbeständigen Werkstoffen, u.a. Titan und Titan-Legierungen, wie sie in biomedizinischen Anwendungen schon weit verbreitet sind. Ziel der Arbeiten ist ein besseres Verständnis dieser Prozesse. Es werden modernste Methoden zur Abklärung der Reaktionsmechanismen herangezogen, teilweise in Zusammenarbeit mit anderen Forschungsinstituten im In- und Ausland (z.B. Brookhaven National Laboratory, N.Y., USA). Dies nicht nur, um die Werkstoffe gezielt einsetzen zu können, sondern auch, um Verfahren zur Erzeugung angepaßter Oberflächen zu entwickeln.

Anfang der 90er Jahre berichteten amerikanische Wissenschaftler über Korrosionserscheinungen, welche sie an aus dem Körper entfernten Gelenkprothesen entdeckt hatten. Vorwiegend Gelenke aus verschiedenartigen Metalllegierungen (Titan - CoCr), aber auch aus identischen Werkstoffen (Titan - Titan und CoCr - CoCr) zeigten teilweise nach Jahren im Körper Korrosionserscheinungen. Um Praxisrelevanz und effizienten Technologietransfer zu gewährleisten, besteht enger Kontakt zur Industrie, z.B. zu Sulzer Orthopedics, einem führenden Hersteller für biomedizinische Implantate. Die Forschungsarbeiten sind sehr anspruchsvoll, weil neben rein elektrochemischen Vorgängen auch die mechanischen Bewegungen das System beeinflussen. Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion, ETH-Hönggerbeg, 8039 Zürich

Zahnersatz: Vollkeramik statt Metall-Porzellan

Üblicherweise bestehen Zahnbrücken heute aus Metall und Porzellan: ein lasttragendes metallisches Gerüst wird, wegen der Ästhetik, mit Porzellan-schichten überzogen. Solche Metall-Porzellan-Zahnbrücken haben eine durchschnittliche Lebensdauer von 7 bis 10 Jahren. Ihre grössten Nachteile sind die Verwendung umstrittener Metalle, die zu Allergien führen können, und ihr Aussehen, das den ästhetischen Ansprüchen vieler Patienten nicht mehr genügt.

Vollkeramische Zahnbrücken sind dagegen ästhetischer, haben ein viel geringeres Allergiepotehtial, lösen geringere Heiss-Kalt-Überempfindlichkeit beim Patienten aus, sind biokompatibel und für die zahnärztliche Röntgendiagnose transparent. Und damit nicht genug: die neue Hochleistungskeramik glänzt auch durch hervorragende mechanische Eigenschaften. Im Vergleich zu den heute verwendeten Zahnporzellanen und -kunststoffen ist sie bis zu dreimal höher belastbar. Deshalb eignet sie sich besonders für Anwendungen in der Zahnmedizin, die bisher metallischen Werkstoffen vorbehalten waren.



Um Zahnbrücken und -kronen aus Hochleistungskeramik herzustellen, haben Forscher der Abteilung für Werkstoffe der ETH Zürich unter Leitung von Prof. Dr. Ludwig Gauckler ein neues Verfahren entwickelt. Mit "Direct Ceramic Machining" (DCM) lassen sich komplizierte dreidimensionale Objekte wie z.B. Zahnbrücken problemlos und schnell anfertigen. Das keramische Grundmaterial ist Zirkonoxid, das auch schon für Hüftgelenkimplantate eingesetzt wird. Aus diesem Material wird ein Zwischenzustand erzeugt, aus dem sich in kurzer Zeit und mit geringem Aufwand Zahnbrücken einfach herstellen lassen. Diese werden anschliessend bei hohen Temperaturen gebrannt. Ihre Oberflächenform erhält die Zahnbrücke durch mechanisches Abtasten eines Kunststoffmodells. Die so gewonnenen Daten werden digitalisiert, analysiert und dann im Design entsprechend ausgelegt. Um das Schrumpfen während

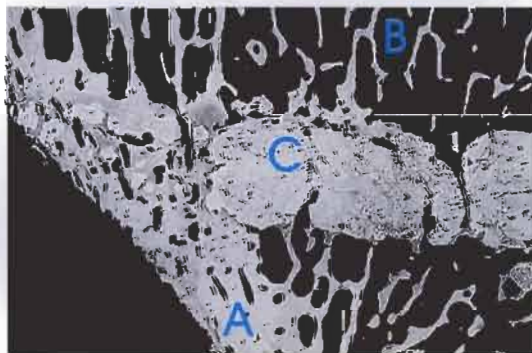
des Brennens aufzufangen, muss die Form des Modells linear vergrössert werden. Dann passt die Zahnbrücke nahtlos in die Lücke, ohne dass weitere Bearbeitungsschritte erforderlich sind. Den Glanz gesunder Zähne erhält sie durch eine Glasur, die der Farbe der übrigen Zähne angepasst wird. Solche Brücken haben sich als wesentlich belastbarer als andere Vollkeramiklösungen und Vollkunststoffbrücken herausgestellt!

Derzeit führen die Werkstoff-Fachleute der ETH-Zürich zusammen mit dem Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Zürich klinische Studien durch, die der Beurteilung der vollkeramischen Zahnbrücken und deren Herstellungsverfahren dienen. Aufgrund der Ergebnisse lassen sich der Herstellungsmodus verfeinern und das Design der Zahnbrückengerüste verbessern. Für die Zahntechniker wird später nur die Anschaffung eines kleinen Zusatzgerätes erforderlich sein, das die Bearbeitung des keramischen Werkstoffes modellgerecht übernimmt. Immerhin liess die zur Zeit laufende Studie bereits erkennen, dass die Herstellungskosten vollkeramischer Zahnbrücken nicht höher sein werden als die der bisher üblichen aus Metall-Porzellan. In ein bis zwei Jahren sollen die vollkeramischen Zahnbrücken dann die Märkte erobern - das Interesse ist schon heute riesengross.

E-Mail: gauckler@nonmet.mat.ethz.ch

Abbaubare Knochenzemente

STRATEC Medical ist ein führender Hersteller von Implantaten für die Knochenbruchheilung, welche in enger Zusammenarbeit mit Chirurgen und dem AO-Forschungsinstitut in Davos entwickelt werden. Neben Platten und Schrauben, mit denen gebrochene Knochen fixiert werden, werden auch künstliche Knie- und Hüftgelenke hergestellt, welche die Bewegungsmöglichkeit und damit die Lebensqualität des Patienten erhalten oder verbessern können. Ausser den bisher verwendeten Knochenzementen auf Kunststoffbasis zur Verankerung von Hüftimplantaten werden nun auch Knochenzemente entwickelt, die mit der Zeit abgebaut und durch natürlichen Knochen ersetzt werden.



Ausschnitt eines Mikroradiogramms, eines Knochenquerschnitts. Neben dem kompakten Rand des Knochens (A) sind die Knochenbälkchen des natürlichen Knochens sichtbar (B), welche an den Knochenzement (C) anwachsen. Deutlich lässt sich der Zerfall des Zements und die Knochenneubildung erkennen.

Die Knochenzemente aus dem Kunststoff PMMA (Polymethylmethacrylat) härten durch eine Polymerisationsreaktion aus, wobei eine sehr hohe Reaktionswärme (über 90°C) entsteht, die an den Knochen abgegeben wird. Derartige Zemente werden im Körper nicht abgebaut; sie werden dort zur Fixierung von Gelenken wie Hüftimplantaten verwendet, wo eine Langzeitfixierung durch den Zement erwünscht ist. Bei Kompressions- oder Trümmerfrakturen hingegen werden die Knochenanteile durch lasttragende Metallimplantate fixiert, um dem Patienten sein Bewegungsvermögen möglichst bald



Interview mit Prof. Dr. Erich Wintermantel, ETH-Zürich

Was sind eigentlich "Biokompatible Werkstoffe"?

Biokompatible Werkstoffe sind Festkörper, die in direktem Kontakt zur Natur stehen. Das kann die Umwelt oder der menschliche Körper sein. Hierzu gehören zum Beispiel alle Implantate, seien sie orthopädisch, für Herz, für Gefässe oder Gehirn sowie Trägerwerkstoffe für die Medikamentenherstellung, aber auch Trägermaterialien für Zelltransplantationen, womit man versuchen wird, Organtransplantationen in Zukunft abzulösen.

Welche Bedeutung haben diese Werkstoffe für die Wirtschaft und die Industrie der Schweiz?

Der Werkplatz Schweiz ist ein Modellwerkplatz für Biomaterialien. Hier gibt es die Schwerindustrie, die grosse lasttragende Bauteile aus Metall herstellen kann, aber auch Industrieunternehmen, die in der Feinmechanik sowie der Mikro- und Nanotechnologie spezialisiert sind. Diese Extreme spannen den Bogen über das gesamte übrige Feld der schweizerischen medizinaltechnisch orientierten Industrie. Für die über 600 Firmen, die sich diesem Themenbereich widmen, ergeben sich fantastische Ausblicke, vor allem wenn sie sich mit der Forschung der Universitäten und der Eidgenössischen Technischen Hochschulen verknüpfen. Dieser Bereich ist nicht nur besonders geeignet, neue Arbeitsplätze mit hohem Innovationspotential zu schaffen, sondern es lassen sich hier auch Produkte herstellen, die hohe Margen erzielen. Die Zukunftschancen sind also ausgezeichnet, man muss sie nur nutzen und nicht daran vorbeilaufen.

Soll sich ein junger Interessent in seiner Ausbildung vorwiegend der Medizin oder der Technik zuwenden?

Ich habe in meinem Werdegang drei verschiedene Disziplinen kombiniert: die Medizin (klinische Medizin inklusive chirurgischer Ausbildung), das Maschineningenieurwesen und die Werkstoffwissenschaften. Im Bereich der Medizin ist die Erfahrung im Umgang mit menschlichem Gewebe

Fortsetzung Interview auf der letzten Seite

zurückzugeben. In der Bruchzone fehlendes Knochenmaterial wird heute vor allem mit Knochenmaterial aus dem Beckenkamm des Patienten aufgefüllt, das dann mit den Bruchenden des Knochens derart verwächst, dass das Metall wieder entfernt werden kann. Da die Knochenentnahme am Beckenkamm für den Patienten mit Schmerzen verbunden ist, versucht man sie, wo möglich, zu vermeiden und Knochenersatzstoffe zu verwenden. Die heute übliche Verwendung von menschlichen Knochenbanken wird wegen möglicher Infektionsrisiken immer mehr kritisiert, sodass die Entwicklung synthetisch funktioneller Knochenersatzstoffe immer wichtiger wird.

In einem gemeinsamen Projekt mit der Dr. h.c. Robert Mathys Stiftung in Bettlach und der EPFL in Lausanne entwickelt STRATEC Medical solchen Knochenzement, der als Knochenersatzstoff für die Frakturheilung eingesetzt werden kann. Dieser Knochenzement aus Calciumphosphaten wird intraoperativ gemischt und kann über eine Spritze in den Knochen eingespritzt werden, wo er innerhalb von ca. 12 Minuten ohne die nachteilige Wärmeentwicklung aushärtet und nach ein paar Stunden voll druckbelastet werden kann. Der eigentliche Werkstoff wird dabei erst nach der Aushärtung im Knochen gebildet. Dort wird er im Gegensatz zu PMMA in den natürlichen Knochenstoffwechsel eingebunden und langsam abgebaut. Die Abbauprodukte begünstigen dabei die Knochenneubildung, weil sie aus den chemischen Verbindungen bestehen, welche für die Mineralisation des neuen Knochens benötigt werden.

Dieses Projekt ist ein typisches Beispiel für den interdisziplinären Charakter der Medizintechnik, wo Chemiker, Biologen, Werkstoffwissenschaftler, Ingenieure und Mediziner an neuen Lösungen arbeiten.

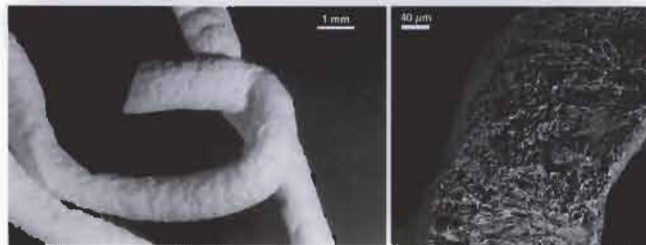
STRATEC Medical, 4436 Oberdorf, Dr. Sandro Matter, 061/965 63 99 oder sandro.matter@stratec.com

Abbaubare Polymere für die Medizin

Jede medizinische Anwendung eines Werkstoffs verlangt nach einem anderen Eigenschaftenspektrum. Einmal sollen die Stoffe weich, dann hart sein, meistens entsprechend dem natürlichen Material, mit dem der Werkstoff in innigem Kontakt ist, dann sollen die Oberflächen benetzbar sein oder nicht. Und oft soll der Zeitraum, während dem das Werkstück seine Funktion im Körper wahrnimmt, wählbar sein, d.h. dass nach einem bestimmten Zeitpunkt das Werkstück nicht mehr im Körper vorhanden sein soll.

Für letztere Anforderung kann man natürlich ein Implantat nach dem gewünschten Intervall operativ wieder entfernen (in einer sogenannten Sekundär-Operation); das bringt aber eine Belastung des Patienten und Kosten mit sich, die man zu vermeiden trachtet. Zu diesem Zweck werden nun Werkstoffe entwickelt, die "abbaubar" sind, Werkstoffe, die sich, nachdem sie ihre medizinische Funktion wahrgenommen haben, im Körper auflösen und als unschädliche Fragmente auf natürlichem Wege ausgeschieden werden.

Abbaubare Stoffe in der Medizin sind vor allem Polymere, d.h. Werkstoffe, die aus Makromolekülen bestehen und meist organisch-chemischer Natur sind. Diese Materialien ermöglichen einen modularen Aufbau, bei dem z.B. die mechanischen Eigenschaften (hart oder weich, elastisch oder spröde) unabhängig von der Erweichungstemperatur sind. Dies ist wichtig für die Verarbeitung, weil solche Werkstoffe meist als Schmelze in ihre Anwendungsform gebracht werden und weil Polymere nicht zu heiss gemacht werden dürfen. Und auch die Abbaubarkeit kann weitgehend unabhängig von anderen Eigenschaften eingestellt werden. In der Gruppe für Polymer-Chemie an der ETH sind Polymere entwickelt worden, die einstellbar innerhalb von Wochen bis Jahren zu harmlosen Fragmenten abgebaut werden. Diese Materialien sind sogenannte Multi-Block-Copolyester, die aus sorgfältigst ausgewählten natürlichen Substanzen (z.B. aus bakteriell hergestellter Polyhydroxybuttersäure) und synthetischen Ausgangsstoffen chemisch zu Werkstoffen umgesetzt werden. Die chemischen Namen sind sehr unpraktisch, wir haben darum den "Fami-liennamen" DegraPol für diese Polymere gewählt.



Ein Schlauch aus geschäumtem, offenporigem DegraPol. Links, was man im optischen Mikroskop sieht; der Schlauch erscheint weiss, weil die feinen, mikrometer-grossen Poren mit Luft gefüllt sind und das Licht stark gestreut wird. Rechts, ein Bild aus dem Raster-elektronenmikroskop, auf dem man einen Teil des Schlauchquerschnitts sieht. Aus der Dissertation von Dr. Rémy C. Stall an der ETH Zürich, 1997.

Die DegraPol-Polymere haben alle eine Schmelztemperatur von etwa 130 °C, sind in ihrem mechanischen Verhalten zwischen sehr weich (etwa wie ein gekauter Kaugummi) und hart (etwa wie ein Klötzchen Kunststoff) frei einstellbar und verändern ihre Eigenschaften im Bereich der Körpertemperatur nicht. Unabhängig von diesen Eigenschaften kann die Abbauezeit im Körper in weiten Grenzen variiert werden. Es ist uns gelungen, aus DegraPol dünnwandige, weiche Röhrchen herzustellen, die Chirurgen zur Reparatur zertrennter Nerven einsetzen können (nerve conduits) und die innerhalb eines Jahres, nachdem der Nerv wieder zusammengewachsen ist, praktisch vollständig aus dem Körper verschwunden sind. Daneben konnten wir aus DegraPol offeneporige Schäume herstellen (die im Elektronenmikroskop aussehen wie etwa altertümliche Badeschwämme), auf denen alle möglichen Zell-Typen sich gerne niederlassen und vermehren, die sich in einigen Monaten im Körper abbauen und die elastisch sind, etwa wie ein Matratzen-Schaumgummi, und die als Gerüst für Zellkulturen anwendbar sind. Wir entwickeln gegenwärtig mit Zuversicht verschiedene DegraPol-Typen für bestimmte chirurgische Anwendungen.

Ulrich W. Suter, Professor für Polymerchemie im Departement Werkstoffe der ETH Zürich, Email: suter@ifp.mat.ethz.ch

Fortsetzung des Interviews

besonders wichtig. Nach guter Kenntnis des Ausbildungsplatzes Schweiz scheint es mir allerdings sinnvoller, zunächst ein Ingenieursstudium abzuschliessen und dieses um die entsprechenden medizinischen Qualifikationen, wie die Arbeit im Operationssaal beispielsweise, zu ergänzen, statt den umgekehrten Weg zu gehen und nach einem langen Medizinstudium noch ein Maschineningenieurstudium zu absolvieren.

Welche Voraussetzungen sind gefragt?

Die wichtigste persönliche Eigenschaft, um eine so breite Ausbildung in Angriff zu nehmen, lässt sich mit dem einfachen Wort "Mut" umschreiben. Es braucht etwas Mut, in die Kultur der Nachbardisziplin einzudringen. Molekularbiologen, Kliniker und Maschinenbauingenieure sprechen unterschiedliche Sprachen und sind in unterschiedlichen Kulturen zuhause. Wer es nicht mag, über Kulturgrenzen hinweg zu pendeln, wird es in diesem Gebiet schwer haben. Wer aber spürt, wie reizvoll es ist, in eine Nachbarkultur einzudringen, der sollte diesen Schritt tun, es lohnt sich. Bereits als Schüler sollte man sich dann nicht nur von der schulischen monodisziplinären Prägung des Physik- oder Mathematiklehrers leiten lassen, sondern aktiv in den Nachbardisziplinen hausieren gehen, in Dialoge eintreten und so erfahren, dass sich alles, was in der Mathematik und Physik gelernt wurde, mit anderen Fachbereichen kombinieren lässt. Wer die Vernetzung der Disziplinen einmal zustande gebracht hat, der kann im internationalen Wettbewerb bestehen. Man muss den Mut zum ersten Schritt haben.

E-Mail: wintermantel@biocomp.mat.ethz.ch

homepage: <http://www.biocomp.mat.ethz.ch>

TechnoScop / Impressum

Redaktion

Dr. Claudia Reinke, Pharmazeutisches Institut der Universität Basel, Margret Martin, Büro für Kommunikation, Basel, Dr. Walter Graf, Amt für Mittelschulen, Solothurn, Hanspeter Schneider, Contraves Space, Zürich, Walter Schiesser, ehem. Redaktor NZZ, Beride (TI).

Gestaltung

Schmid Computer Grafik, Basel

Kontaktadresse

Dr. Claudia Reinke
Pharmazeutisches Institut der Universität Basel
Totengässlein 3, 4051 Basel

<http://www.technoscop.ch> <http://www.satw.ch>