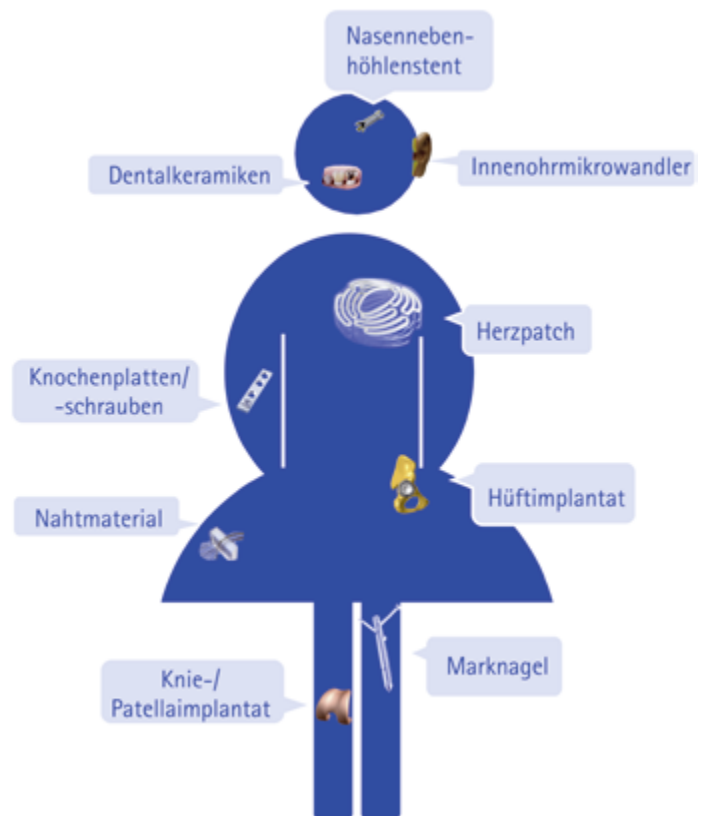


Vom Gehörgang bis zum Kniegelenk

WIE HIGHTECH AUS DEM MASCHINENBAU DEM MENSCHEN HELFEN KANN,
BESCHWERDEFREI ZU ALTERN

Die Medizintechnik in Deutschland gewinnt immer mehr an Bedeutung. Um Implantate für Patienten weiterzuentwickeln und zu optimieren, arbeiten Ingenieure vom PZH interdisziplinär mit Medizinern, Veterinären, Biologen, Physikern und Chemikern zusammen. Die Koordinatorin für Medizintechnik am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) gibt einen Überblick über die laufende Forschung.

Wenn ein Radiohörer Liedtexte missversteht, lässt sich das noch über die störende musikalische Begleitung oder mangelnde Englischkenntnisse erklären. Doch von angeborener Taubheit sowie von ernstzunehmender Schwerhörigkeit als Folge von Infektionskrankheiten, Vergiftungen oder Knalltraumata sind allein in Deutschland etwa 15 Millionen Menschen betroffen, berichtet das Deutsche Hörzentrum Hannover der MHH. Tom Creutzburg, Mitarbeiter am Institut für Mikroproduktionstechnik (IMPT), möchte künftigen Patienten mit einem Mikrosystem helfen, das als Hörgerät implantiert werden kann. Im gesunden Ohr regt die Gehörknöchelchenkette, bestehend aus Hammer, Amboss und Steigbügel, die Perilymphe an. Die so genannte Basilarmembran gibt die Schwingungen weiter, wodurch letztlich die Hörrezeptoren (Haarzellen) aktiviert werden. Um bei Schwerhörigen diesen Übergang von mechanischer Schwingung auf Nervensignale wiederherzustellen, soll ein elektromagnetischer Mikrowandler mittels einer Membran aus Polyimid, an die ein Stößel aus Silicium gekoppelt ist, die Perilymphe analog der Gehörknöchelchenkette zum Schwingen bringen. Eine erste Systemvariante wurde bereits entwickelt (Abbildung 1: Akteur fürs Innenohr), gefertigt und in vitro an Modellen der Hörschnecke getestet.



»Wir arbeiten zurzeit an einer leistungsfähigeren Weiterentwicklung des Systems«, schildert Creutzburg die Arbeit seines Teams. Dieser neue Wandler wird nach seiner Fertigstellung am humanen Schädelknochen sowie in Langzeitstudien am Tiermodell (Katze) untersucht.

Dem Ohr sehr nah liegt ein weiterer Bereich, der für chronische Entzündungen bekannt ist: die Nasennebenhöhlen. Geht die Schwellung der

Schleimhäute auch nach längerer medikamentöser Therapie nicht zurück, hilft häufig nur eine Operation, um den Ausführungsgang zu erweitern. Allerdings kann es – ausgelöst durch Narbenbildung und unterstützt von Infektionen oder Allergien – leicht wieder zu einer Verengung kommen. Um diesen Rückfall zu verhindern, werden unter anderem Stents aus Silikon eingesetzt, die den Bereich für die Belüftung und den Sekretabfluss offenhalten. Neben dem unan-

genehmen Geruch besitzen sie den weiteren Nachteil, dass sie in einer zweiten Operation wieder entfernt werden müssen. Dabei wird allerdings das gebildete Narbengewebe verletzt, was zu einem erneuten Verschluss der Nasennebenhöhlen führen kann. Günstiger wäre hier der Einsatz eines Materials, das sich nach lokaler Wundheilung selbst auflöst. An ebensolchen Legierungen auf Magnesiumbasis arbeiten die Wissenschaftler am

Ballons nach außen gebogen. Dieses System soll als neue Operationsmethode etabliert werden.

Etwas (Leichtmetall) auf dem Herzen zu haben, kann durchaus auch förderlich sein. Michael Bauer (IW) verwendet Magnesiumlegierungen für die Herstellung von Stützstrukturen, die zur Stabilisierung von frisch eingesetzten Herzwänden genutzt werden. Ein Ersatz dieser Wand durch

nehmendem Heilungsfortschritt auf.

Diese Eigenschaft macht Rainer Eifler (IW) für eine weitere Anwendung nutzbar. Er ist in der Lage, aus stranggepressten Magnesiumlegierungen über verschiedene Drahtzieh- und Verseilschritte so feines Garn zu erzeugen, dass es als Nahtmaterial Verwendung finden kann. »Die Biokompatibilität und damit Verträglichkeit solcher Magnesiumnähte ist deutlich höher als die von resorbierbaren Polymerfäden«, beschreibt er den großen Vorteil gegenüber dem heutigen Standard.

Nun geht es weg vom Einsatz im Weichgewebe hin zu einer Anwendung für degradierende – also sich auflösende – Implantate im Bereich der Osteosynthese. Mit Osteosynthese bezeichnet man die operative Versorgung von Knochenbrüchen. Gegenwärtig werden diese mit Platte-, Schrauben- oder Marknägelsystemen aus Titanlegierungen oder chirurgischen Stählen fixiert. Die deutlich höhere Steifigkeit dieser Metalle im Vergleich zum Knochen verhindert aber die Neubildung von stabiler Knochensubstanz, da sie die auf den Bruchbereich wirkenden Kräfte abschirmt, was wiederum dem Wachstum entgegenwirkt. Ein weiterer Nachteil ist: die zusätzliche Operation zur Entfernung der Metallteile. Während Jan-Marten Seitz (IW) an der passenden Zusammensetzung der Magnesiumlegierung feilt, beschäftigen sich Patrick Helmecke und Britta Hering am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) mit Zerspanprozessen, um die gewünschten Implantatgeometrien herzustellen. Sie versuchen beispielsweise, die Korrosionszeit durch Variation der Werkstoffrandzonen und der Oberflächeneigenschaften zu steuern. Abhängig davon, ob das Implantat in der Mark-

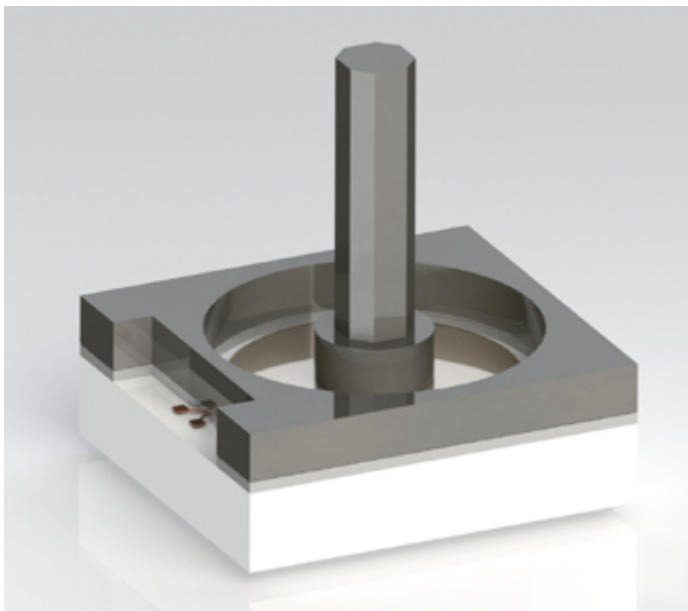


Abbildung 1
Aktor fürs Innenohr

Institut für Werkstoffkunde (IW). Die Abbaugeschwindigkeit (Korrosionsverhalten) ist durch das Zulegieren anderer Metalle steuerbar. Der große Vorteil liegt in der guten Verträglichkeit der Abbauprodukte. So sind Magnesiumionen ohnehin für verschiedene Stoffwechselfvorgänge des Körpers unerlässlich und müssen als essentielles Spurenelement zugeführt werden. Neben der Materialentwicklung gilt es außerdem, das passende Design zu entwerfen. Der Stent soll langzeitstabil positioniert werden, zum Beispiel durch abspreizbare Flügel. Sobald das Röhrchen in den zuvor erweiterten Gang eingebracht worden ist, werden diese durch Aufblasen eines

entsprechend aufgearbeitete Dünndarm- oder Magenschleimhaut ist nötig, wenn durch einen Herzinfarkt ein Teil der Herzmuskelzellen stirbt, da das geschädigte Areal nicht selbstständig ausheilen kann. Die Pumpleistung des Herzens reicht dann nicht mehr aus, um den Patienten ausreichend mit Sauerstoff zu versorgen. Der als AutoVaM (autologe vaskularisierte Matrix) bezeichnete Flicker wird über die ursprünglichen Gefäße mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt und kann durch Herzmuskelzellen besiedelt werden. Letztlich kann das neue Herzwandstück die Pumpleistung also wieder erhöhen. Das stützende Geflecht löst sich im Idealfall mit zu-

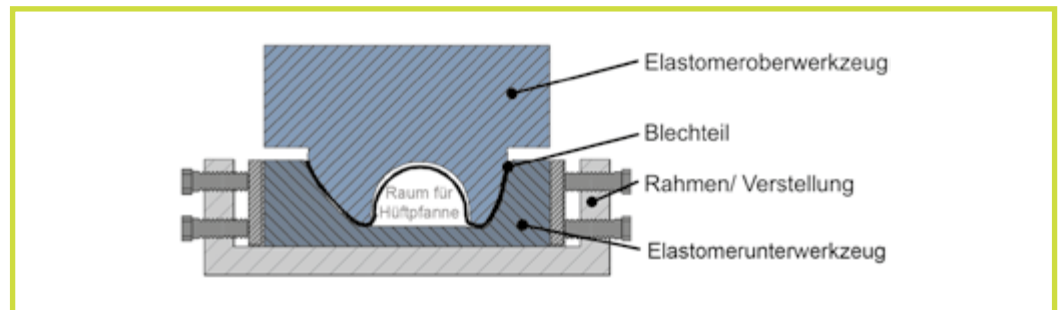
höhle oder an der Außenseite des Knochens eingesetzt wird, herrschen unterschiedliche Bedingungen, was in entsprechenden Degradationsuntersuchungen nachgeahmt wird. Solche Versuche sind den Experimenten am Tiermodell (in vivo) vorgeschaltet. In vivo Untersuchungen sind aber dennoch unerlässlich, wenn es um die Gesundheit von Menschen geht.

Osteosynthese-Systeme sollen zeitlich befristet eine Bruchstelle fixieren. Dauerimplantate als Hüft- oder Kniegelenkersatz müssen dagegen mög-

gliedmaßen über ein Mehrkörpersimulationssystem (MKS) generiert, in das sie die Daten von Ganganalysen verschiedener menschlicher Probanden einfließen lassen. Damit können Hüftgelenksbelastungen bei unterschiedlichen Bewegungen ermittelt werden, die einerseits einen Effekt auf Knochenumbauprozesse und andererseits auf den Verschleiß der Prothese haben. Grundlage für diese Rechnungen bilden die Arbeiten von Anas Bouguecha. Er hat die numerische Abbildung der langfristigen Interaktion zwischen Knochen und Implantat

Von der Hüfte zum Knie: Eine Verbesserung des Tragekomforts durch Personalisierung strebt auch Volker Böß (IFW) an. In seinem Projekt geht es um Implantate auf der Rückseite von Kniescheiben (Patella). Diese werden beim Einsatz künstlicher Kniegelenke bei Bedarf mit einem Polyethylenkissen versehen. Auch hier soll eine Anpassung an die Anatomie und die Bewegungsdynamik des Patienten in Verbindung mit einer navigationsgestützten Positionierung post-operative Schmerzen im vorderen Patellabereich verhindern.

Abbildung 2
Gummiziehverfahren



lichst lange intakt bleiben. Bei jüngeren, aktiven Menschen genügt die durchschnittliche Lebensdauer eines Gelenkersatzes von rund 15 Jahren nicht. Neben Infektionen, Verschleiß und Bruch stellt die Lockerung des künstlichen Gelenkes sowie die damit verbundene Verschiebung ein Hauptproblem dar. Letztere wird durch die veränderten mechanischen Bedingungen verursacht. »Ein weiteres Problem: Bei der Anpassung des Implantates muss gesundes Knochenmaterial abgetragen werden, um eine Verankerung zu realisieren«, erläutert Stefanie Betancur vom Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM). Gemeinsam mit ihren Kollegen Amer Almohallami und Henning Niemeier will die Wissenschaftlerin dem Problem mit individuellen Hüftprothesen begegnen. Sie haben ein Skelett-Muskelmodell der Becken-

am Beispiel verschiedener Hüftprothesen im Hinblick auf postoperative Knochenumbauprozesse aufgegriffen. Ziel ist dabei die Entwicklung und Etablierung einer simulationsgestützten Methode auf Basis der Finite-Elemente-Methode (FEM), mit der schon vor der klinischen Studie die Wirkung der neuartigen Prothese vorhergesagt werden kann. Ausgehend von den Ergebnissen dieser Rechnungen hat das IFUM Team ein neuartiges Konzept zur Herstellung individueller Prothesenpfannen entwickelt. Die Idee dabei ist, in einem ersten Schritt normierte Titanblechkomponenten zu erstellen, die im zweiten Schritt über ein so genanntes Gummiziehverfahren (Abbildung 2: Gummiziehverfahren) maßgerecht geweitet werden. Dank dieses Fertigungsverweges lässt sich Patientenindividualität kostengünstig realisieren.

Anke Turger (IFW) indes beschäftigt sich mit der Bearbeitung von vollkeramischem Kniegelenkersatz. Der Bedarf an diesen Implantaten steigt stetig. Allein in Deutschland wuchs die Zahl der Operationen von 80 000 im Jahr 2003 auf 170 000 im Jahr 2008, wie dem Barmer GEK Krankenhausreport 2010 zu entnehmen ist. Konventionelle Implantate bestehen aus metallischen Legierungen und werden mit Kunststoffinlays kombiniert. Der hohe Verschleiß führt allerdings oft zu Problemen beim Patienten. Abriebpartikel können zu Entzündungsreaktionen sowie gesteigerter Aktivität von knochenabbauenden Zellen führen, wodurch letztlich eine Lockerung der Prothese hervorgerufen wird. Turger möchte daher die Metalle und Kunststoffe durch hochfeste, verschleißresistente Biokeramiken ersetzen. Um auf diesen Keramiken möglichst

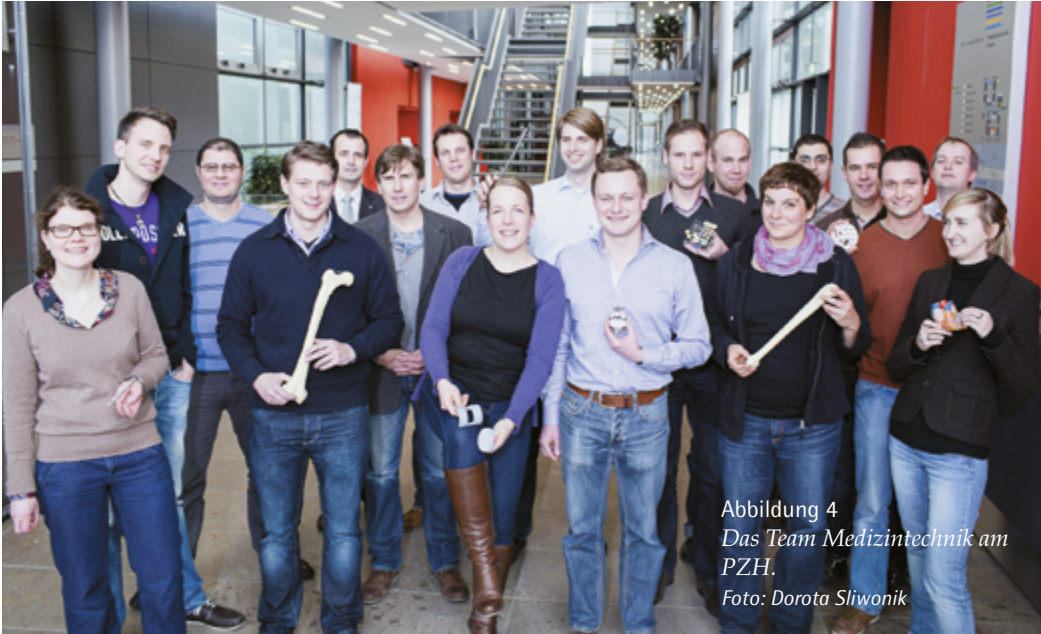


Abbildung 4
Das Team Medizintechnik am PZH.
Foto: Dorota Sliwonik



Dr. Britta Hering

Jahrgang 1981, ist seit Oktober 2012 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW). Zuvor promovierte sie am Institut für anorganische Chemie an der Leibniz Universität Hannover bei Prof. Peter Behrens und war dort anschließend als Lehrkraft für besondere Aufgaben tätig. Ihr Arbeitsschwerpunkt ist momentan ein Biomedizintechnikprojekt sowie die Koordination der Medizintechnik am IFW. Kontakt: hering@ifw.uni-hannover.de

glatte Oberflächen zu erzielen, wird der Implantatrohling zunächst mehrschichtig geschliffen und im Nachgang poliert. Die Annahme ist hierbei, dass eine definierte Rauheit der Gleitflächen den Verschleiß begrenzt.

Zum Schluss nun noch einige Neuheiten über Keramiken, die in der Zahnrekonstruktion Verwendung finden. Allein in Deutschland werden jährlich etwa eine Million dentale Implantate eingesetzt. Die Anforderungen beschränken sich dabei nicht auf die Langzeitstabilität, die neuen Zähne sollen auch dem ästhetischen Anspruch der Patienten genügen. »Zirkoniumdioxid ist fest, bruchzäh und dem Zahn sehr ähnlich – ein eigentlich geeigneter Kandidat also«, begründet Christoph Hübsch vom IW die Wahl des Werkstoffs. »Allerdings verändert es sich bei leicht erhöhter Temperatur insbesondere in Kombination mit Feuchtigkeit – also unter Bedingungen der Mundhöhle.« Der Wissenschaftler forscht daher an Methoden, die Oberfläche entsprechend zu modifizieren, damit diese ihre mechanischen Eigenschaften erhält.

Auch dentale Werkstoffe glänzen im Idealfall mit einer möglichst geringen Rauheit. Das zu erreichen, ist die Mission von Andi Wippermann (IFW). Zusammen mit einem Industriepartner entwickelt er neuartige Polierwerkzeuge. Diese Werkzeuge sind nachgiebig und passen sich der komplexen Geometrie des Zahnes an. Hierdurch kann gewährleistet werden, dass bei der Bearbeitung des Zahnes keine lokalen Konturabweichungen entstehen. Lediglich die Unebenheiten der Oberfläche sollen geglättet werden, um Verunreinigungen und Bakterien keine Chance zu lassen.

Die Herausforderungen der Biomedizintechnik sind in der Produktionstechnik und insbesondere im PZH also gut aufgehoben, da hier nicht nur Experten aus der Mikroproduktionstechnik, der Werkstoffkunde sowie der Fertigungs- und Umformtechnik mit den entsprechenden Simulationsverfahren arbeiten, sondern die Ingenieure und Naturwissenschaftler darüber hinaus in vielen interdisziplinären Teams mit Tier- und Humanmedizinern anderer

Einrichtungen kooperieren. Schließlich ist nichts so kompliziert und wertvoll wie der Mensch – von Kopf bis Knie.