

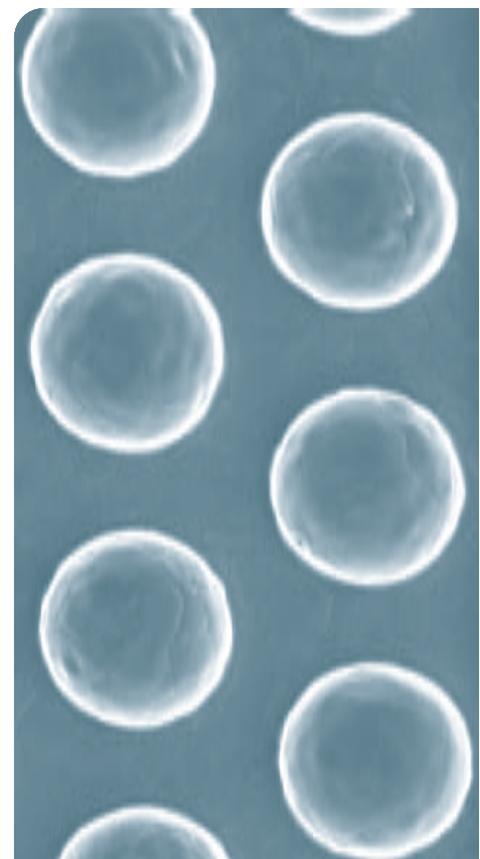
Anziehende Implantate

Forscher arbeiten an neuen Werkstoffen für künstliche Gelenke. Der Vorteil: Dank einer genoppten Oberfläche wachsen Zellen besonders gut am Implantat an.

Text: Jan Oliver Löffken



Serienfertigung eines winzigen Replikats des Gehörknöchelchens, dem Steigbügel. © Fraunhofer IFAM



Die Lebenserwartung in Deutschland steigt stetig. Mittlerweile werden Männer etwa 77 Jahre alt, Frauen können sogar auf mehr als 82 Lenze hoffen. Eine Grundlage für eine hohe Lebensqualität selbst im hohen Alter ist eine umfassende medizinische Versorgung. Dazu gehören auch langlebige Implantate für Hüft- oder Kniegelenke. Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung [IFAM](#) in Bremen entwickeln neue Materialien von Metallen über Kunststoffe bis zu Keramiken. Mit speziell konzipierten Produktionsverfahren soll so günstig der wachsende Bedarf an biologisch verträglichen Implantaten gedeckt werden.

Über 200 000 Patienten erhalten pro Jahr allein in Deutschland eine neue, künstliche Hüfte. Die Ersatzgelenke bestehen meist aus Titanlegierungen und verursachen nach der Operation nur selten Infektionen. »Ein Hüftgelenk muss möglichst frei beweglich und reibungsarm sein«, weiß IFAM-Forscher Philipp Imgrund. Dieses Ziel im Blick, will er das tägliche Zusammenspiel zwischen hartem, metallischem Implantat und weichem, biologischem Gewebe verbessern.

»Die Mikrostruktur der Oberfläche spielt eine wichtige Rolle dafür, dass die lebenden Zellen besser wachsen können«, sagt Imgrund. Dafür

werden Implantate heute noch aufwändig mit Ätz- und Sandstrahlverfahren nachbehandelt. Ganz ohne diese Nachbearbeitung kommen erste Werkstücke aus, die Imgrunds Arbeitsgruppe »Biomaterial-Technologie« in einem von der Volkswagenstiftung geförderten Verbundprojekt mit der Gruppe von Arie Bruinink

Kratzfeste Kunststoffe

Die Serienproduktion von mikrostrukturierten Werkstoffen ist nicht nur für medizinische Implantate geeignet. So entwickeln Philipp Imgrund und seine Kollegen zahlreiche neue Materialien, die Anwendungen vom Karosseriebau bis zum Computerchip finden können. Im Spritzguss gefertigte Kunststofflinsen lassen sich beispielsweise durch eine spezielle Rezeptur kratzfester gestalten. Wichtig ist dabei der Brechungsindex für Licht, der über die Größe und Menge der Zusätze variabel eingestellt werden kann. Dabei müssen die Linsen vollkommen durchsichtig bleiben.

Die Mikrostrukturen helfen auch, Kunststoffe auf der Basis von Chitosan – nutzbar für leichtere Autos oder Plastikgehäuse von Elektronikgeräten – bruchfester und an der Oberfläche widerstandsfähiger zu machen. Eine effizientere Ableitung von Wärme haben die IFAM-Forscher mit filigran strukturierten Spritzgussteilen aus Metallen wie Wolfram und Kupfer im Sinn. In Serie produziert, kann dies zu besseren Kühlkörpern für Computerchips oder Laserdioden führen.

am Materialforschungsinstitut EMPA in St. Gallen entwickelt hat. Gefertigt aus biokompatiblen Edelstahl, erheben sich auf der Oberfläche – symmetrisch angeordnet – zahlreiche winzige Noppen mit einem Durchmesser von nur 50 Millionstel Metern. Dadurch übt das Metall eine geradezu anziehende Wirkung auf lebende Zellen aus. »Die Zellen haften an der genoppten Oberfläche besser als auf glattem Metall. So lässt sich die Verträglichkeit eines Implantats verbessern«, erläutert Bruinink. Jüngst zeigten Versuche mit Zellkulturen an der EMPA die wachstumsfördernde Wirkung der Bremer Mikrostruktur-Oberflächen.

Imgrund macht allerdings nicht allein die Mikronoppen für diese Materialeigenschaft verantwortlich. »Wir haben ein Verfahren entwickelt, mit dem sich winzigen Nanoteilchen aus Eisen einbringen lassen, welche die Rauigkeit der metallischen Prototypen gezielt erhöhen«, sagt der Wissenschaftler. Dafür werden in das Basispulver für den biologisch verträglichen Edelstahl Eisenpartikel mit einem Durchmesser zwischen 17 Nanometern und 1,4 Mikrometern gemischt. Hieraus bereiten die Forscher mit Bindematerialien aus Wachsen und Polymeren eine Formmasse für die Weiterverarbeitung im Mikrospritzguss auf. »Die Kunst dabei ist es, die für den Mikrospritzguss ideale Mischung zu finden«, erklärt der IFAM-Forscher. Denn die Formmasse muss nicht nur rasch bis in die letzte Ecke der mikrostrukturierten Gussform fließen. Nach dem Guss soll sie sich auch leicht aus der Form lösen lassen.

Herzklappenringe aus Titan und der Steigbügel im Ohr

Ob die IFAM-Forscher das richtige Rezept wirklich gefunden haben, zeigt sich nach dem Sintern bei Temperaturen von bis zu 1200 Grad Celsius. Hierbei entsteht erst das stabile, um etwa 15 Prozent geschrumpfte und zugleich an der Oberfläche mikrostrukturierte Werkstück. Die zuvor zugesetzten Bindesubstanzen müssen durch die Hitze vollständig ausgetrieben werden. »Die gegossenen Spritzlinge einfach in den Ofen zu stecken, reicht nicht aus. Das Sintern ist eine Wissenschaft für sich«, sagt Imgrund.

Dass am IFAM die Wissenschaft um das Mikro-Metallpulver-Spritzgießen – kurz μ -MIM – mit anschließendem Sintern bis ins Detail beherrscht wird, beweisen anwendungsreife medizinische Implantate. Mit der Technologie werden filigrane Herzklappenringe aus Titan und sogar Nachbauten des kleinsten Knochens im menschlichen Körper, dem Steigbügel im Ohr, in großer Zahl produziert. Nach diesen Erfolgen will sich das Bremer Institut aber nicht auf reine Stahllegierungen beschränken.

»Wir haben alle drei Materialklassen – Metalle, Kunststoffe und Keramiken – für neue biomedizinische Werkstoffe im Blick«, sagt Kurosch Rezwan, Leiter der Arbeitsgruppe und Professor an der Universität Bremen. Vor allem hochfeste

Keramiken sind für zukünftige Implantate interessant. »Denn Keramiken kommen an den natürlichen Aufbau und die Eigenschaften von Knochen am nächsten«, sagt Rezwan. In seinem Fachgebiet »Biokeramik« an der Universität legt Rezwan die Grundlagen für bessere Implantatwerkstoffe, die in Zusammenarbeit mit dem IFAM an eine Serienproduktion für günstige medizinische Ersatzteile angepasst werden sollen.

Bessere Anpassung an die natürliche Umgebung

Die Chancen dieser Partnerschaft reichen weit. Rezwan kann sich nicht nur einen keramischen Knochenersatz für Operationen im Kieferbereich vorstellen. So haben mikrostrukturierte und sogar nanoporöse Keramiken das Potenzial, sich weit besser als Metalle an die natürliche Umgebung im Körper anzupassen. Sie könnten als Gerüst für nachwachsende Zellen dienen und dauerhaft ohne schädliche Nebenwirkungen im Körper eines Patienten verbleiben.

»Ich kann mir auch völlig neue Komposite aus Metallen, Keramiken und Kunststoffen vorstellen«, so Rezwan. Denn häufig sind keramische Werkstoffe allein zu spröde und bruchgefährdet. Mit Kunststoffen versetzt, ließe sich laut Rezwan die unerwünschte Sprödigkeit deutlich verringern. Auf der Basis neuer Komposite könnten auch sich selbst abbauende Schrauben möglich werden. Damit wären Folgeoperationen überflüssig, bei denen die heute nach komplizierten Knochenbrüchen verwendeten Titanschrauben wieder entfernt werden.

Rezwan und Imgrund erhoffen sich viel von ihrer Zusammenarbeit. Sobald der Experte in seinem Team für Biokeramiken an der Universität Bremen vielversprechende Kandidaten für neue Implantate und Werkstoffe ausgemacht hat, wird zusammen mit den IFAM-Spezialisten an der günstigen Serienproduktion geforscht. »Die Kompetenzen dafür sind alle vorhanden. Und unsere Spritzgussverfahren eignen sich für alle drei Materialklassen«, sagt Imgrund. Dabei hat er immer ein offenes Ohr für die Wünsche seiner Zielgruppe, die Implantathersteller. Denn die Labormuster aus den neuen Werkstoffen sollen keine unerschwinglichen Einzelteile bleiben, sondern in Zukunft möglichst vielen Patienten das Leben erleichtern. ■