

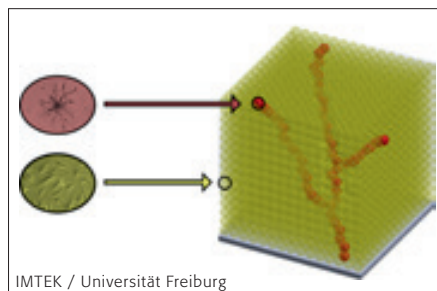
» Additive Fertigung

Lebendige Knochen aus dem 3D-Drucker

Der additiven Fertigung scheinen kaum Grenzen gesetzt zu sein. Vor allem in der Medizintechnik lassen neueste Entwicklungen immer wieder aufhorchen. So wollen Freiburger Wissenschaftler Gewebe mit eingebauten Blutgefässen drucken. Das VDI-Zentrum zeigte auf der Hannover Messe wie neue Wirbelkörper im Drucker entstehen und Zahnmediziner der Uni Mainz bilden individuelle Körperteile exakt nach.

Knochen mit eigenen Blutgefässen könnten künftig mit dem 3D-Drucker hergestellt werden. Freiburger Wissenschaftler entwickeln jetzt ein Druck-Verfahren, das aus Zellen von Knochen und Blutgefässen funktionsfähige Knochen erzeugt. Die Gefässzellen sollen die Durchblutung des Gewebes verbessern, indem sie eine Verbindung zum Blutkreislauf des Patienten herstellen. Für die Entwicklung dieser 3D-Druck-Methode erhalten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine dreijährige Förderung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) in Höhe von 460 000 Euro. Sollte sich das Verfahren bewähren, könnten damit auch grössere Kunstgewebe gedruckt werden, bis hin zu ganzen Organen.

«Bei der Entwicklung von künstlichem Knochengewebe ist die Frage der Blutversorgung noch immer weitgehend ungelöst. Dadurch ist sowohl die Grösse als auch der Typ des Gewebes stark beschränkt», sagt Prof. Dr. Günter Finkenzeller, Forschungs-Sektionsleiter an der Klinik für Plastische und Handchirurgie des Universitätsklinikums Freiburg. Er leitet das Projekt gemeinsam mit Dr. Peter Koltay, leitender wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK) der Universität Freiburg. Bekannt ist, dass sich die Blutversorgung eines künstlich erzeugten Gewebes durch sogenannte Endothelzellen verbessern lässt. Diese Zellen kleiden die Gefässe aus und können auch selbst neue bilden. Doch bisher stirbt ein Grossteil der Knochenzellen aufgrund von Sauerstoffmangel, bevor die Zellen Gefässe gebildet haben. «Unser Ansatz sieht vor, dass wir die Endothelzellen genauso wie die Knochenzellen per 3D-Druck im Gewebe an die Stelle platzieren, wo sich die Gefässe



IMTEK / Universität Freiburg
Künstliches Knochengewebe mit angelegten Blutgefässen. Grün: Knochenzellen; rot: Endothelzellen.

ausbilden sollen», sagt Prof. Finkenzeller. «Die Gefässe des künstlichen Gewebes könnten dann zeitnah nach der Operation mit den Gefässen des umgebenden gesunden Gewebes zusammenwachsen und so die Blutversorgung des Kunstgewebes sicherstellen», erläutert der Wissenschaftler weiter.

Mit Spezialdruckern ist es bereits heute möglich, kleine und relativ einfach strukturierte Gewebeeinheiten zu drucken. Dafür werden dem Körper Zellen entnommen, in einer Nährlösung vermehrt und mit einem 3D-Drucker in eine Trägermatrix eingebracht. Diese wird dann implantiert. «Der 3D-Druck von lebendigem Hautgewebe könnte in fünf bis sieben Jahren klinisch Bedeutung erhalten», sagt Prof. Finkenzeller. «Bei der Herstellung und Implantation von Knochengewebe wird es allerdings länger dauern, da dafür noch zentrale Fragen der Gewebe-Abstossungs-Reaktion geklärt werden müssen.»

«Das Forschungsprojekt könnte erheblich zum Fortschritt der Forschung und Technologie im Bereich der Gewebeersatzforschung und des Tissue Engineering beitragen», sagt Dr. Koltay. In einem ersten Schritt wird ein spezieller «BioPrinter» ge-

baut. «Wir können schon heute Zellen lebend und schonend gezielt drucken», sagt Dr. Koltay. «Jetzt müssen wir das Verfahren so anpassen, dass damit Knochenzellen und Blutgefässzellen verarbeitet werden können und diese einen funktionsfähigen Gewebeverband bilden.» In einem späteren Schritt erfolgt dann die Überprüfung der Methode anhand chirurgischer Modelle.

Wirbelkörper individuell hergestellt

Über Zukunftsweisendes in Sachen 3D-Druckverfahren berichtet auch das VDI Technologiezentrum. Schicht um Schicht entsteht ein neuer Wirbelkörper im Drucker. Reintitan dient dafür als «Tinte», der Originalwirbel als Vorlage. Denn der Wirbelkörper soll bei Patienten eingesetzt werden, deren bisher einzige Alternative festgeschraubte Metallimplantate sind, mit denen die Wirbelsäule sich jedoch versteift. Im 3D-Druckverfahren wird ein mit dem menschlichen Original vergleichbarer Wirbelkörper individuell gestaltet. Er verhält sich wie der eigene Knochen. Vor allem die Beweglichkeit bleibt erhalten. Implantate, Prothesen und Orthesen, die im 3D-Drucker hergestellt werden, haben viele Vorteile: Sie werden individuell für jeden Patienten massgeschneidert und aus den unterschiedlichsten Materialien wie Kunststoffen, Biomaterialien oder Metallen gedruckt. Damit können sie den jeweiligen medizinischen Ansprüchen gerecht werden. Zudem kann die Herstellung individueller Medizinprodukte durch additive Verfahren häufig kostengünstiger erfolgen, da eine Serienproduktion in vielen Fällen nicht nötig ist. Wie das funktioniert, machte der VDI auf

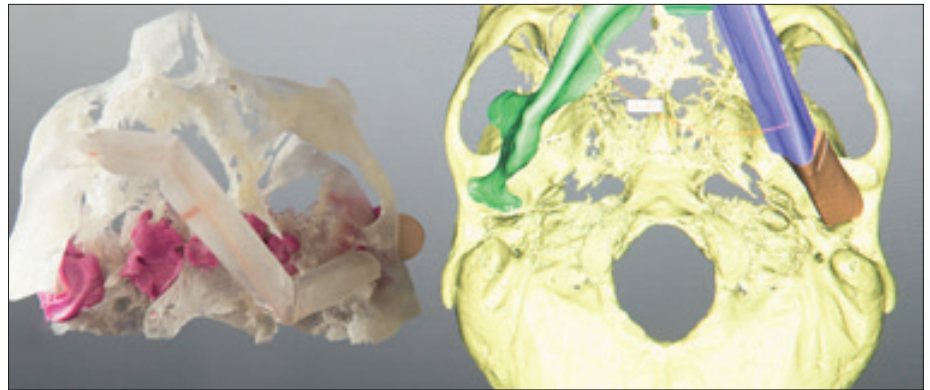
der Hannover Messe auf dem Gemeinschaftsstand der VDI Technologiezentrum GmbH (VDI TZ GmbH), des VDI Zentrum Ressourceneffizienz (VDI ZRE) und des Bereichs Technik und Wissenschaft des VDI e.V. «beGreifbar». Die Entstehungsprozesse konnten live aus nächster Nähe betrachtet werden: Herzklappen-Prototypen, Fussprothesen und der Sirex-Knochenbohrer, allesamt medizintechnische Exponate aus dem Drucker. Mit dem Thema additive Fertigungsverfahren in der Medizintechnik zeigte der VDI, wie seine Gruppen und Beteiligungsgesellschaften eng verzahnt an bedeutenden Innovationen der Zukunft zusammenwirken.

Nicht geklont, aber rekonstruiert

In der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (MKG) der Universitätsmedizin Mainz wird Science-Fiction zur Realität: Hier entstehen individuelle dreidimensionale Patientenmodelle aus dem eigenen 3D-Drucker, die selbst kleinste anatomische Strukturen wie fein verästeltes Knochengewebe abbilden. Anhand dieser Modelle können die Mediziner nun beispielsweise durch Tumorleiden bedingte Kiefer-, Kopf- oder Gesichtrekonstruktionen operativ besser planen und Transplantate präziser anpassen.

Das neuartige Vorgehen optimiert die individualisierte Medizin in der MKG und hat sowohl für die Patienten als auch für die Mediziner Vorteile: Die Operateure kennen ihr Operationsfeld bereits und können dank optimierter Planung und vorgefertigter Schablonen quasi originalgetreu arbeiten. Dadurch reduziert sich die Operations- und Narkosezeit für den Patienten, seine Genesung beschleunigt sich und Funktion und Ästhetik verbessern sich. Zudem schont das Verfahren Knochensubstanz, umliegendes Gewebe und Zahnfleisch. Es ist für jede Patientengruppe anwendbar, jedoch insbesondere für Fehlbildungschirurgie und Kieferdefekte geeignet.

Das zugrundeliegende Verfahrensprinzip ist relativ simpel: Basierend auf Aufnahmen aus medizinischen Bildgebungsverfahren wie der Computertomographie (CT), Röntgen oder MRT lassen sich exakte patientenspezifische Modelle und



Dreidimensionales Modell und Abbildung der virtuellen Planung einer Kieferrekonstruktion.

damit exakte Schablonen erstellen und dreidimensional drucken. Bei einer Kieferrekonstruktion beispielsweise, bei der ein Stück des Wadenbeins entfernt wird, um die Lücke im Kiefer zu schliessen, druckt der 3D-Drucker ein exaktes Modell des Kiefers und des Wadenbeins. Daran kann der behandelnde Arzt die Operation im Vorfeld gedanklich detailgetreu durchspielen. Dies ermöglicht ihm die Rekonstruktion ganz individuell auf den Patienten abgestimmt zu planen und diese Planung mit Hilfe von Schablonen während der Operation umzusetzen. Direkt vor Ort angewendet, bringt der Einsatz dieser Technik zudem zeitliche Vorteile: Die Mediziner der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (MKG) der Universitätsmedizin Mainz können mittels ihres eigenen, neu angeschafften 3D-Druckers nun bereits innerhalb von vier Tagen eine Defektrekonstruktion planen. Bislang benötigten solche Verfahren durch die Zusammenarbeit mit externen Unternehmen in der Regel mehrere Wochen.

Wissenschaftlich interessant ist die 3D-Drucktechnik zudem für den Bereich regenerative Medizin. Dessen zentrale Forschungsfrage lautet: Wie interagieren Gewebe und Zellen mit körperfremden Materialien und Oberflächen? Noch stellt die Wechselwirkung von künstlichen Implantaten mit dem menschlichen Körper für fast alle chirurgischen Disziplinen eine grosse Herausforderung dar. Denn sowohl eine zu schwache oder fehlende Anhaftung der Implantate als auch Abwehrreaktionen des Körpers können den Behandlungserfolg beispielsweise von künstlichen Gelenken, Herzschrittmachern, Gefäßprothesen oder von Zahnersatz beeinträchtigen.

An der Universitätsmedizin Mainz hat sich in den vergangenen Jahren eine Reihe von Arbeitsgruppen klinisch und wissenschaftlich tätiger Chirurgen etabliert, die sich in interdisziplinären und translationalen Projekten mit der Interaktion von Geweben und Zellen mit körperfremden Materialien befassen. Gemeinsam mit den Materialwissenschaftlern des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung, dem Institut für Angewandte Struktur und Mikroanalytik und dem Institut für Physiologische Chemie und Pathobiochemie erforschen sie im Rahmen des Forschungsschwerpunkts 'BiomATICS - Biomaterials, Tissues and Cells in Science' anwendungsorientiert den funktionellen Einsatz, die Geweberegeneration und responsive Systeme.

Kontakte

Universitätsklinikum Freiburg
Prof. Dr. Günter Finkenzeller
Telefon +49 (0)761 270-63670
guenter.finkenzeller@uniklinik-freiburg.de

Universität Freiburg
Dr. Peter Koltay
Telefon +49 (0)761 203-73240
koltay@imtek.uni-freiburg.de

VDI Technologiezentrum GmbH
Dr. Anja Mikler
Telefon +49 (0)211 6214-401
vditz@vdi.de, www.vditz.de

Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Prof. Dr. med. dent. Bilal Al-Nawas
Telefon +49 (0)6131 17-3752
bilal.al-nawas@unimedizin-mainz.de
www.unimedizin-mainz.de

Bild: Peter Pulkowski, Universitätsmedizin Mainz