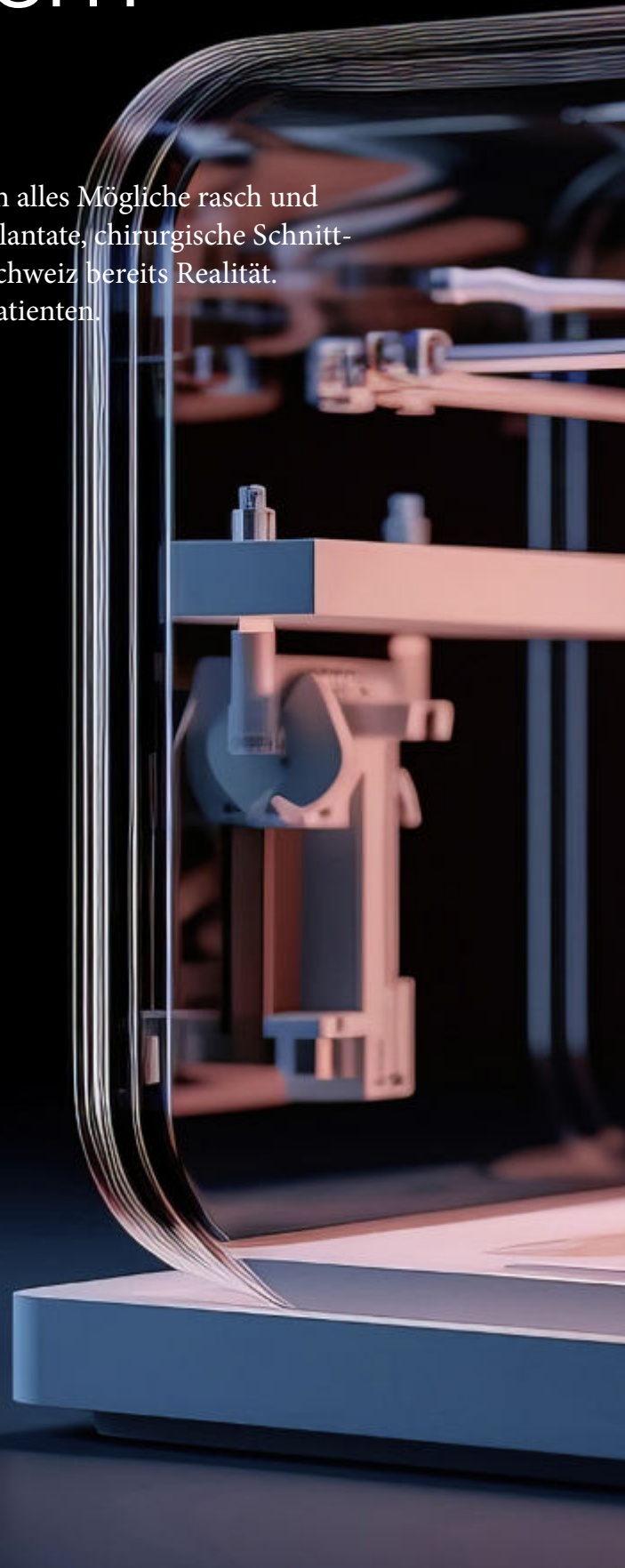
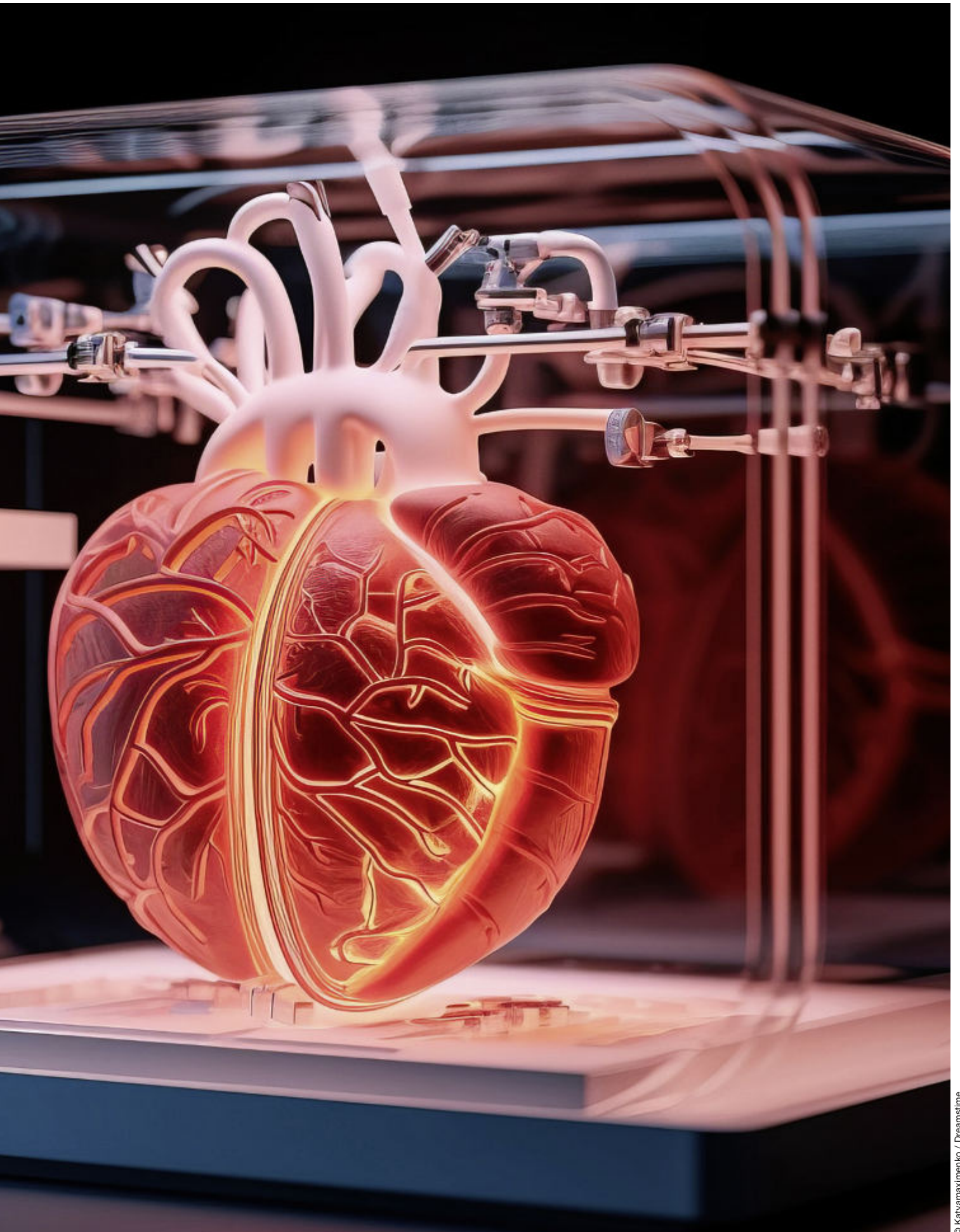


Medizin aus dem 3D-Drucker

Personalisierte Medizin Mit 3D-Druckern lässt sich alles Mögliche rasch und massgeschneidert herstellen. Wieso also nicht auch Implantate, chirurgische Schnittblöcke und Zellen? Was futuristisch klingt, ist in der Schweiz bereits Realität. Und teilweise schon im Einsatz bei Patientinnen und Patienten.

Simon Koechlin





© Katyamaximenko / Dreamstime

Die Geschichte des 3D-Druckers ist jene aller grossen Erfindungen: Zuerst, vor ungefähr 40 Jahren, beschäftigten sich einige neugierige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit der Frage, ob sich bestimmte Materialien Schicht für Schicht zu einer dreidimensionalen Struktur drucken lassen könnten. Sie entwickelten Techniken, bauten Prototypen. Doch obwohl der erste 3D-Drucker im Jahr 1980 patentiert wurde [1], dauerte es eine Weile, bis sich das Verfahren durchsetzen konnte. Mit ein Grund waren die anfangs exorbitanten Kosten für ein solches Gerät: Wer in den 1980er Jahren einen 3D-Drucker kaufen wollte, musste 300 000 Dollar oder mehr auf den Tisch legen [2].

Mit der Zeit erkannten immer mehr Menschen die Vorteile der neuen Technik. Die Nachfrage wuchs, die Geräte wurden besser – und günstiger. Heute gibt es 3D-Drucker ab 200 bis 300 Franken im Verkauf. Und es werden mit ihnen Dinge gedruckt, die einen nur staunen lassen: Fussballschuhe, ein Laptop, ein fast zehn Meter langes Boot, ein Haus. Im März dieses Jahres hob sogar eine praktisch vollständig mit 3D-Druckern gebaute Rakete vom Weltraumbahnhof Cape Canaveral in Florida ab [3].

Ab den 1990er Jahren hielt der 3D-Druck auch in der Medizin Einzug. «Eigentlich steckt die Technik noch im Geburtsprozess, sie ist Ausdruck des digitalen Wandels, in dem die Branche steckt», sagt Nicolas Bouduban, Geschäftsführer des Swiss 4m4 Centers in Bettlach SO. Das

Center ist aus einer Initiative des Bundes zur Förderung des Technologietransfers entstanden. Als Inkubator wird damit die Medizinindustrie dabei unterstützt, sich diese Technik anzueignen. Die Mitarbeitenden des Centers beraten und schulen Kunden, erstellen auf Projektbasis selbst Fertigung

Nicolas Bouduban beobachtet zwei grosse Trends beim Einsatz des 3D-Drucks in der Medizin.

gen oder übernehmen Machbarkeitsabklärungen. Die Kunden seien kleine und mittlere Unternehmen aus der Medizintechnik, die Herstellungsprozesse mittels 3D-Druck verbessern möchten oder die mit dem 3D-Druck in eine neue Technik einsteigen möchten, sagt Bouduban.

Hilfsmittel für personalisierte Medizin

Bouduban beobachtet zwei grosse Trends beim Einsatz des 3D-Drucks in der Medizin. Zum einen sei der 3D-Druck ein Treiber auf dem Weg zur personalisierten Medizin. Implantate beispielsweise können aufgrund von radiologischen Daten massgeschneidert gefertigt werden. Und australische Forschende zeigten kürzlich (anhand von Koffein-Tabletten), dass 3D-Drucker sich eignen könnten, um Pillen mit exakt auf den Körper abgestimmten Wirkstoffmengen zu produzieren [4].

Die zweite wichtige Richtung, in welche der 3D-Druck in der Medizin geht, ist die Herstellung extrem komplexer anatomischer Formen – zum Beispiel für die Operationsplanung. «Mit einem 3D-Drucker lassen sich in einem Arbeitsschritt Formen erstellen, für die man mit herkömmlichen Fertigungsmethoden wie Drehen oder Fräsen viele Schritte benötigt», sagt Bouduban.

Europaweite Premiere

Eine Vorreiterrolle für den 3D-Druck im Schweizer Spitalalltag nimmt das Universitätsspital Basel (USB) ein. Dort haben der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurg Prof. Dr. med. Dr. dent. Florian Thieringer und der Radiologe Dr. med. Philipp Brantner vor beinahe zehn Jahren das «3-D Print Lab» gegründet. Was als eine Art kleines Start-up in einem Abstellraum startete, ist heute ein Projekt mit mehreren Standorten und etwa drei Dutzend 3D-Druckern, die zahlreiche Materialien in verschiedensten Kompositionen verarbeiten können.

«Sehr viele Objekte, die wir täglich herstellen, sind anatomische Anschauungsmodelle für die Operationsplanung», sagt Florian Thieringer, Chefarzt Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am USB. Basierend auf den radiologischen Bilddaten einer Patientin oder eines Patienten entstehen exakte Kopien ihrer Anatomie. «Das ermöglicht es, vor Eingriffen jeden Schritt perfekt zu planen, Standardimplantate perfekt anzupassen und die Operationszeit deutlich zu verkürzen.» Bei Augenhöhlenverletzungen zeigten Thieringer und sein Team in wissenschaftlichen Studien, dass die Operationsergebnisse durch solche Verfahren sehr gut sind und die Operationszeit um über einen Drittel verringert werden kann [5, 6].

Drucken wir bald Ersatzgewebe?

Für den 3D-Druck eignen sich die unterschiedlichsten Materialien, sogar lebende Zellen. Das macht sich das sogenannte Bioprinting zunutze. Dabei wird eine Mischung aus lebenden Zellen und einem Biomaterial wie etwa Gelatine gedruckt. Mit ganz bestimmten Techniken bringen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler dieses Vorgewebe dazu, zu einem Gewebe heranzureifen. Die Technik stecke noch in der Forschungsphase, sagt Marcy Zenobi-Wong, Professorin für Tissue Engineering und Biofabrikation an der ETH Zürich. Marktreife Anwendungen gebe es ihres Wissens noch nicht.

Zenobi-Wong ist mit ihrem Team auf die Regeneration von Knorpelgewebe spezialisiert und erforscht dafür auch verschiedene 3D-Bioprinting-Ansätze [8]. Knorpel sei dafür geeignet, weil es im Vergleich zu anderen Geweben oder Organen viel weniger komplex sei, sagt Zenobi-Wong. «Knorpelgewebe dient nur als Stütze und Schmiermittel. Und es enthält wenige Zellen, die man relativ einfach am Leben erhalten kann, weil ihr Stoffwechsel- und Sauerstoffbedarf gering ist.»

Zwar ist der Weg bis zu einem Einsatz von Bioprinting in der Medizin noch weit. Aber Zenobi-Wong glaubt, dass es irgendwann möglich sein könnte, dass Ärztinnen und Ärzte den Patientinnen und Patienten beschädigte oder kaputte Gewebe – zumindest einfache und dünne wie Knorpel oder Haut – direkt aus dem 3D-Drucker ersetzen.

Auch patientenspezifisch geformte Implantate aus dem 3D-Drucker werden am USB eingesetzt. «In der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie ist ihr Einsatz inzwischen etabliert», sagt Thieringer. Bisher liess das Spital die Implantate von externen Industriepartnern drucken. Ende

Das 3D Print Lab startete als eine Art kleines Start-up in einem Abstellraum. Heute ist es ein Projekt mit mehreren Standorten.

August aber gelang es dem Team um Thieringer als erstem Spital überhaupt in Europa, einem Patienten eine selbst gedruckte Schädelplatte einzusetzen [7].

Dem Erfolg war eine mehrjährige Forschungs- und Entwicklungsphase vorausgegangen, wie Thieringer erzählt. Zum einen sei der Herstellungsprozess selbst eine Herausforderung gewesen. «Wir brauchten mehrere Jahre, bis wir aus dem Hochleistungs-Kunststoff PEEK qualitativ hochwertige Implantate drucken konnten.» PEEK (Polyetheretherketon) ist biologisch kompatibel, gut verträglich und hat viele Eigenschaften, die menschlichem Knochen

ähnlich oder gar überlegen sind. Es leitet beispielsweise im Gegensatz zu Metallen keine Wärme und verursacht deshalb als Implantat im Winter keine Beschwerden.

Zum anderen galt es, die Vorschriften der Zulassungsbehörden zu erfüllen. In Zusammenarbeit mit externen Partnern und 3D-Drucker-Herstellern wurden Bildgebungs-, Druck- und Designprozesse bis hin zum fertigen Implantat perfektioniert und technisch dokumentiert. Die wichtigsten Vorteile des Implantate-Eigendrucks am Spital sind laut Thieringer die Geschwindigkeit und die Möglichkeit, noch besser auf die Bedürfnisse der Patientinnen und Patienten einzugehen. «Durch sehr kurze Kommunikationswege ist ein schneller Austausch möglich.»

Schnittblöcke aus dem Drucker

Auch die Universitätsklinik Balgrist in Zürich setzt schon seit mehreren Jahren auf 3D-Druck. Hier stehen nicht die Implantate selbst im Mittelpunkt, auch wenn das hauseigene Zentrum für 3D-OP-Planung und 3D-Druck schon patientenspezifische Implantat-Platten geplant und extern gedruckt hat. Wichtig sei die 3D-Druck-Technik am Balgrist vor allem zur Unterstützung der Behandlung und Korrektur von Knochen-Fehlstellungen, sagt Prof. Dr. med. Sandro Fucentese, Leiter Kniechirurgie. Aufgrund von CT-Aufnahmen erstellt das Zentrum für solche Eingriffe nämlich Schnittblöcke. Der Operateur oder die Operateurin

bringt diese «Schablonen» auf der Eingriffsstelle an, wo sie der exakten Schnittführung dienen. So kann der Eingriff deutlich schneller und präziser vorgenommen werden. Für die Patientin oder den Patienten bedeutet das weniger Schmerzen, weniger Blutverlust und eine kürzere Operationszeit.

Allerdings gibt es auch Grenzen und Bremsfaktoren. So werden etwa die Kosten für 3D-Druck-Implantate selten von den Krankenkassen übernommen.

Eine zweite wichtige Anwendung des 3D-Drucks am Balgrist ist die Eingriffsplanung mittels dreidimensionaler anatomischer Modelle. «Es ist eine grosse Hilfe, wenn man ein solches Modell in der Hand hält und von allen Seiten anschauen kann», sagt Sandro Fucentese. Gerade in der Tumorchirurgie können die anatomischen Verhältnisse zuweilen sehr komplex sein.

Die medizinische Fachkompetenz ersetzen, können die Hilfsmittel aber nicht. «Es braucht ein Zusammenspiel von Chirurgen und Technikern», sagt Bastian Sigrist, stellvertretender Leiter des Zentrums für 3D-OP-Planung und 3D-Druck am Balgrist. Sein Team nehme immer Rücksprache mit den Medizinerinnen und Medizinern. «Denn es gibt immer wieder Fälle, in denen man nachjustieren muss – beispielsweise, wenn die Chirurgin oder der Chirurg merkt, dass man mit einem geplanten Schnitt in einen Konflikt mit einem Blutgefäss gerät.» Auch Rückmeldungen aus der Praxis seien für ihn als Ingenieur wichtig: Zu erfahren, was funktioniert hat und was nicht, helfe bei der steten Weiterentwicklung.

Kassenübernahme ist noch selten

Die Weiterentwicklung der Technik ist auch am Universitätsspital Basel ein grosses Thema. Florian Thieringers nächstes Ziel ist es, neben Schädeldachimplantaten auch Implantate für die Gesichtsrekonstruktion und für die Wirbelsäule im Haus zu drucken. Zudem denkt Thieringer bereits über neue Materialien nach: «Wir möchten künftig auch Titan für die Herstellung von Implantaten am Spital einsetzen.» Und spannend seien resorbierbare Materialien – also solche, die sich beispielsweise nach dem Zusammenwachsen eines Knochens im Körper auflösen und eine Folgeoperation zur Entfernung des Implantats überflüssig machen könnten.

Allerdings gibt es auch Grenzen und Bremsfaktoren für die vielversprechende Technik. Zum einen, sagt Nicolas Bouduban vom Swiss 4m4 Center, seien bei grossen Produktionsvolumen andere Fertigungsarten günstiger. Zum anderen sind die Kosten von 3D-Druck-Implantaten hoch. Nur in seltenen Fällen übernehmen die Krankenkassen die Kosten, sagt Florian Thieringer. «Das führt dazu, dass man in vielen Fällen diese vorteilhafte Behandlung nicht durchführen kann oder die Behandlung nicht kostendeckend über die Fallpauschalen abwickeln muss.» Er fordert deshalb, dass diese Art der Behandlung zukünftig bei der Tarifgestaltung berücksichtigt wird.



Literatur

Vollständige Literaturliste unter www.saez.ch oder via QR-Code