Forschung in 3D

Die Erwartungen an die Technologie des 3D-Printings sind hoch: Sie soll unseren Alltag erobern. Zwei Forschungsprojekte an der Universität Freiburg zeigen, wie die Methode am Anfang wichtiger Innovationen stehen kann. Reto Siffert

Der dreidimensionale Druck ist endgültig massentauglich: Mit Geräten die weniger als 2000 Franken kosten, kann heute jeder zuhause Objekte aus digitalen Daten drucken. Parallel zu dieser Demokratisierung schöpft auch die Wissenschaft die Möglichkeiten der Technologie immer mehr aus, wenn auch mit ungleich komplexeren Verfahren und teureren Geräten. An der Universität Freiburg stehen zwei 3D-Drucker im Dienste der Forschung.

Die Lunge nachbauen

Was in den Labors des Adolphe Merkle Instituts (AMI) in Marly getestet wird, könnte die Methoden der medizinischen Forschung grundlegend verändern. Unter der Leitung von Prof. Barbara Rothen-Rutishauser wird versucht, einen Teil der menschlichen Lunge künstlich herzustellen, um diese für die Risikoforschung und neue Behandlungsmethoden in der Medizin zu nutzen. So könnten im 3D-Lungengewebe schädliche Auswirkungen von Umweltpartikeln, aber auch Risiken von neu entwickelten Nanomaterialien analysiert werden. Zudem soll das Modell bei der Entwicklung von inhalativen Medikamenten zum Einsatz kommen. Wie ein herkömmlicher Bürodrucker arbeitet die hochspezialisierte Maschine des Freiburger Unternehmens *regenHU* mit Patronen, die das Material auf Befehl einer Software auf die Druckfläche verteilen. Als «Tinte» wird jedoch steriles Zellmaterial verwendet, das getrennt nach unterschiedlichen Zelltypen in die Patronen gefüllt wird. Dazwischen kommt eine Art Hydrogel aus biologischem Material, das dafür sorgt, dass die aufgetragenen Zellen haften können. Die so gedruckten Zellschichten sind 2-3 Mikrometer dünn. Zwar werden bereits seit einigen Jahren 3D-Zellkulturen mit der Pipette hergestellt – allerdings mit relativ dicken Membranen zwischen den Zellen und einer schlecht kontrollierbaren Verteilung der Immunzellen auf der Gewebeschicht.

Automatisierung macht den Unterschied

Die Präzisionsarbeit des Druckers bringt laut Rothen-Rutishauser den entscheidenden Vorteil: «Die gleichmässige Auftragung der Haftsubstanz ist manuell extrem schwierig. Mit dem Drucker können wir zudem einzelne Immunzellen innerhalb des Gewebes genau platzieren, wodurch wir viel näher an der echten Lunge sind. Damit erreichen wir die notwendige Automatisierung bei der Herstellung des Gewebes und für die Tests, es bedeutet aber auch einen enormen Zeitgewinn.» Bis anhin gelang der Druck mit zwei Zelltypen, das Ziel seien jedoch komplexere Modelle mit zusätzlichen Zelltypen. In einem weiteren Schritt wollen die Forschenden herausfinden, wie das Verfahren für Tests mit kranken Zellen oder anderen Organen adaptierbar ist. Wäre damit der Druck einer kompletten Lunge denkbar? Rothen-Rutishauser winkt ab: «Unsere Lunge besteht aus mehr als 40 unterschiedlichen Zelltypen, was dieses Vorhaben im Moment unmöglich macht. Doch für die Erforschung der Reaktionen des Zellgewebes auf bestimmte Nanomaterialien ist dies auch nicht nötig.»

Das Ende von Tierversuchen?

Für viel Aufmerksamkeit könnte ein Folgeeffekt des 3D-Modells sorgen: Tierversuche lassen sich deutlich reduzieren. Dafür gibt es diverse Gründe: Erstens wird das Lungenmodell mit humanen Zellen gedruckt und zweitens gelangen die Forschenden dank der Reproduzierbarkeit der Zellkulturen viel schneller zu Resultaten. Drittens wird besser

ersichtlich, wie Nanomaterialien innerhalb einer einzigen Zelle wirken – ein wichtiger Aspekt für die Entwicklung von neuen Materialien im medizinischen Bereich. Ganz ohne Tierversuche komme man in der Medikamentenentwicklung zwar nicht aus, aber das Modell könne bereits bei sehr komplexen Untersuchungen eine valable Alternative sein, so Rothen-Rutishauser.

Künstliche Defekte, die viel bewirken

Im Gegensatz zum 3D-Drucker des AMI dient der Printer der Forschungsgruppe von Prof. Frank Scheffold am Physikdepartement der Universität Freiburg vorläufig der reinen Grundlagenforschung. Das Hightech-Gerät für über 300'000 Franken ermöglicht es, mit einer nochmals deutlich höheren Auflösung zu drucken. Somit können bestimmte theoretische Annahmen im Bereich der Photonik (optische Verfahren für die Übertragung, Speicherung und Verarbeitung von Information) experimentell untersucht werden. Eine andere Methode gäbe es dazu bislang nicht, erläutert Nicolas Muller, der im Rahmen seiner Doktorarbeit mit dem Drucker arbeitet. Im Nano- und Mikrometer-Bereich werden photonische Kristalle – eine Art Gitterstrukturen – gedruckt, die das Licht von allen Seiten reflektieren und wie dreidimensionale Spiegel funktionieren. Dabei wird flüssiges Kunstharz verwendet, das mit einem gepulsten Laserstrahl ausgehärtet wird. Nicolas Muller erklärt, was der Druck dieser Strukturen bezweckt: «Wir versuchen in den Modellen künstliche Defekte zu integrieren, damit das Licht in diesen Stellen quasi aufgesogen wird und viel länger mit dem Material interagiert. Diese Interaktion von Licht und Material ist etwa bei Solarzellen von Bedeutung, denn sie führt zu einer höheren Nutzung des Lichts und damit zu mehr Energieproduktion.» Als weiteren möglichen Anwendungsbereich nennt Muller die Herstellung von photonischen Chips, wie sie in der Informationstechnologie verwendet werden könnten. Durch die Verwendung von Photonen statt Elektronen könnte die Wärmeentwicklung reduziert und die Geschwindigkeit der Chips deutlich erhöht werden. In Zukunft wird es darum gehen, elektronische Signale auf diese optischen Strukturen zu bringen und zu verarbeiten. Ein solches Gittermodell wird allerdings nicht mal eben rasch gedruckt: «Wir benötigten ein ganzes Jahr um die Herstellung bestimmter Strukturen zu optimieren, da es zahlreiche Parameter zu beachten galt. So mussten wir uns dem funktionstüchtigen Print-Produkt erst einmal annähern.»

Mithilfe eines Bioprinters wird im Adolphe Merkle Institut 3D-Lungengewebe hergestellt. Foto: Sandor Balog.

Impulse für Forschungsstandort Freiburg

Bei den medizinischen Anwendungen des 3D-Printings mischt die Universität Freiburg mit dem «Lungenmodell» an vorderster Front der Innovation mit. Andere Schweizer Projekte betreffen 3D-Nachahmungen der Haut sowie von Knorpel- und Knochengewebe. Dr. Marc Pauchard, Leiter des Technologie-Transfers beim AMI, sieht die Schweiz deshalb in einer Vorreiterrolle. Auch weil in den USA, die sonst im 3D-Printing sehr aktiv sind, das Argument des Tierversuch-Ersatzes eine geringere Rolle spiele. 2012 kam es ausserdem zu einer Zusammenarbeit von Forschern des AMI mit der *Firma 3D Systems*, dem Marktführer in der schnellen Herstellung von 3D-Modellen (*Rapid Prototyping*). Dabei trugen die Material-Wissenschaftler mit ihrem Knowhow zur Verbesserung der Materialien bei, die beim *Rapid Prototyping* eingesetzt werden. Ebenso gefragt ist das Wissen der Scheffold-Gruppe, die je nach Machbarkeit auch für andere Forschungsgruppen die oben beschriebenen Strukturen druckt. Die dazugewonnene Expertise im 3D-Druck könnte Freiburg als Forschungsstandort zu noch mehr Strahlkraft verhelfen. Die Projekte zeigen, dass die Industrie bei komplexen Fragestellungen nicht ohne das Knowhow der Forschung auskommt. Marc Pauchard fasst den Verdienst der 3D-Drucker so zusammen: «Als Forschungsinstitut wollen wir uns zwar nicht an eine einzelne Technologie binden, durch die Nutzung der Printer entstehen aber weitere Ideen, wo die Methode ebenfalls hilfreich sein könnte. So können wir vielleicht schneller als andernorts die nächsten Fragestellungen angehen.» ■