



## Biointelligenter 3D-Druck

Klaus Jacob

Freier Journalist

Die Natur ist als Fabrikant unschlagbar: Sie produziert hundertprozentig umweltfreundlich und nachhaltig. Wie am Fließband stellt sie komplexe Strukturen her, sei es ein Gebäude wie ein Schneckenhaus, einen Sensor wie das Auge oder einen Computer wie das Gehirn. Sie verwendet dabei ausschließlich Ressourcen aus der unmittelbaren Umgebung und recycelt alle Abfälle restlos. Ihr Modell ist die Kreislaufwirtschaft, die aus sich selbst schöpft und von außen – bis auf die Sonnenenergie – keinerlei Nachschub braucht. Warum also nicht die Natur als Vorbild für menschliches Wirtschaften nehmen, um das Schlagwort Nachhaltigkeit mit Leben zu füllen? Die Fraunhofer-Gesellschaft geht diesen Weg und hat die »Biologische Transformation« zu einem Leitthema gemacht. Wie das konkret aussehen könnte, zeigt Oliver Schwarz.

### Nachhaltiger 3D-Druck

Der Wissenschaftler vom Fraunhofer IPA und Universitätsdozent für Bionik sprüht nur so vor Ideen. Bei seinem aktuellen Ansatz orientiert er sich besonders nah am natürlichen Vorbild. Produkte will er von selbst wachsen lassen, wobei der promovierte Technische Biologe das Holz eines Baums oder den Panzer eines Krebses im Auge hat. Ein 3D-Drucker soll die Strukturen, die sich dabei bilden, in die gewünschte Form bringen. Letztlich geht es darum, den 3D-Druck zu einer nachhaltigen Technologie zu machen. 3D-Drucker, die Formen aus Plastik herstellen, gibt es für den Hausgebrauch inzwischen schon für wenige hundert Euro zu kaufen. In der Industrie werden sie meist für Rapid Prototyping genutzt, um auf die Schnelle ein Produkt in der Hand halten zu können. So druckt etwa ein

Fahrradhersteller zunächst ein Plastikmodell in Originalgröße, stellt es in den Windkanal und lässt erst nach erfolgreichen Tests die teure Produktion aus Carbon anlaufen. Der Prototyp hat danach ausgedient und wandert auf den Müll, er ist ein Wegwerfartikel wie Einweggeschirr. Doch Plastik ist ein problematischer Abfall, der Ressourcen verbraucht und der Umwelt zusetzt.

### Lignin oder Chitin zum Verdrucken

Schwarz geht einen anderen Weg. Was aus seinem Drucker kommt, so sein Ziel, wird man guten Gewissens auf den Kompost werfen können. Dort würde das Naturmaterial ebenso rasch verrotten wie die abgeschnittenen Äste vom Obstbaum. Allerdings muss er dafür den 3D-Druck revolutionieren – und zunächst einige knifflige Probleme lösen. Vor allem braucht er einen Naturstoff, der sich als Baustein für die Bio-Druckerei eignet. Diese Substanz soll außerdem aus der Region stammen, um weite Transportwege zu vermeiden, die den ökologischen Ansatz konterkarieren würden. Zwei Materialien hat Schwarz in die engere Wahl gezogen: Lignin, ein Bestandteil von Holz, und Chitin. Holz ist überall verfügbar und wäre aus ökologischer Sicht ein konsequentes Material. Denn viele Gegenstände, die heute aus Kunststoff bestehen, waren früher aus Holz. Man könnte sogar Zellulosefasern als Bewehrung zugeben und so einen sehr robusten Verbundwerkstoff herstellen.

### Aus Pilzen gewonnenes Chitin

Schwarz hat sich aber für Chitin als erste Präferenz entschieden. Denn „Chitin hat eine antibakterielle und heilungsfördernde Wirkung, sodass man es in der



Dr. rer. nat. Oliver Schwarz arbeitet am Fraunhofer IPA in der Abteilung Biomechanische Systeme. Der Wissenschaftler forscht an den Themen Biomedizinische Technik, Biomedical Engineering, Biotechnologie, Prothetik, Medizintechnik und Bionik. Außerdem lehrt er an der Universität Stuttgart über Bionik und an der Steinbeishochschule Berlin Bionikmanagement. (Quelle: Fraunhofer IPA)

Medizin einsetzen kann“, wie der Wissenschaftler sagt. Außerdem ist das Material relativ haltbar und verrottet nicht schon beim ersten bakteriellen Angriff. Als erste Anwendungen schweben ihm medizintechnische Instrumente wie Pinzetten oder Griffe von Chirurgenbesteck vor. Seit einem Jahr läuft das Projekt. Chitin ist in der Natur das zweithäufigste Biopolymer nach Cellulose. Es steckt vor allem im Exoskelett von Insekten und Krebstieren. Derzeit wird es meist aus den Schalen von Garnelen gewonnen und dient vor allem als Fettblocker in der Ernährung oder als Filtermaterial zur Wassergewinnung. Da Schwarz aber eine regionale Produktion anstrebt, möchte er es aus Pilzen extrahieren, die ebenfalls erhebliche Mengen davon enthalten. Die entsprechenden Pilze könnte jeder Bauernhof kultivieren.

## Enzyme als Biokatalysatoren

Aber wie lassen sich die Chitin-Bausteine verbinden, damit sie zu einer definierten Form heranwachsen? Die heutigen 3D-Drucker arbeiten mit Hitze. Schwarz orientiert sich dagegen konsequent an der Natur: Enzyme sollen diesen Part übernehmen und die Moleküle miteinander verketteten. Solche Biokatalysatoren sind in der Technik längst weit verbreitet: Sie machen etwa das Leder weich, lassen bei der Käseproduktion die Milch gerinnen oder lösen im Waschmittel Fette aus dem Gewebe. Meist spalten sie allerdings Moleküle, doch beim Enzym-Drucker sollen sie biologische Bausteine miteinander verketteten. Nach einem derartigen geeigneten Enzym suchen Schwarz und seine Arbeitsgruppe gerade.

## Enzym-3D-Druck

Der eigentliche Druckvorgang wirkt dann fast konventionell: Zunächst wird ein Pulverbett aus Chitin-Monomeren in der Druck-Kammer aufgetragen, dann träufeln Düsen Enzyme auf alle Stellen, die fest werden sollen. So wächst die gewünschte Form Schicht für Schicht heran. Ein zusätzlicher Vorteil dieser biologischen Methode: Das Pulver muss

nicht vollkommen rein sein, denn die Enzyme docken ganz von selbst an den »richtigen« Substanzen an. So entsteht auf jeden Fall ein fester Verbund. Zudem hofft Schwarz, die Festigkeit der gedruckten Gegenstände je nach Anforderungen verändern zu können. Seine Idee: Wenn er die Reaktion der Enzyme vorzeitig stoppt, etwa durch Hitze, bleibt das Produkt relativ weich.

## Ein Bioreaktor gehört zur Ausstattung

Fernziel des Projekts ist ein 3D-Drucker, der nicht nur die gewünschten Gegenstände nach CAD-Anweisung herstellt. Er soll auch die Bausteine, die für die Produktion nötig sind, selbst erzeugen. Dazu dient ein kleiner Bioreaktor, der die Enzyme erbrütet. Über einen Bypass soll er dem Drucker kontinuierlich Nachschub liefern – eine Technologie, die allerdings noch nicht ausgereift ist. Wenn der Drucker ausgeschaltet wird, so die Vorstellung, geht auch der Reaktor in den Schlafmodus, etwa indem die Zufuhr an Nährstoffen unterbunden wird. Schwarz ist überzeugt, dass so ein Enzymdrucker das Zeug dazu hat, zum Allerweltsprodukt zu werden: „Er könnte in vielen Haushalten stehen.“ Den Einwand, dass ein Fermenter vielleicht

manchen Nutzer überfordert, lässt er nicht gelten: „Schließlich brauen auch manche Leute ihr Bier selbst.“

Was ihm dagegen noch Kopferbrechen bereitet, ist die Qualitätssicherung. Die Natur arbeitet nicht so exakt wie eine Maschine, wie jeder Fabrikant weiß: So machen am Fließband Menschen mehr Fehler als Roboter. Das Enzym ist die kritische Stelle in seinem Projekt, denn es kann in falscher Konzentration aus dem Reaktor kommen oder mit Bakterien kontaminiert sein. Selbst wer die Temperatur und den pH-Wert im Fermenter optimal einstellt, sieht dem Enzym nicht an, in welchem Zustand es ist und ob es korrekt arbeitet. Hier ist eine zusätzliche Qualitätsprüfung nötig. Schwarz denkt daran, zunächst einen winzigen Probekörper zu drucken, der rasch aushärtet und optisch kontrolliert werden könnte – ähnlich wie man im herkömmlichen Tintenstrahldrucker zur Kontrolle einen Probeausdruck macht. Ob sein Enzym-Drucker aber tatsächlich einmal auf den Markt kommen wird, lässt sich noch nicht absehen. Unternehmen, die an einer Kooperation interessiert sind, dürfen sich gerne melden.

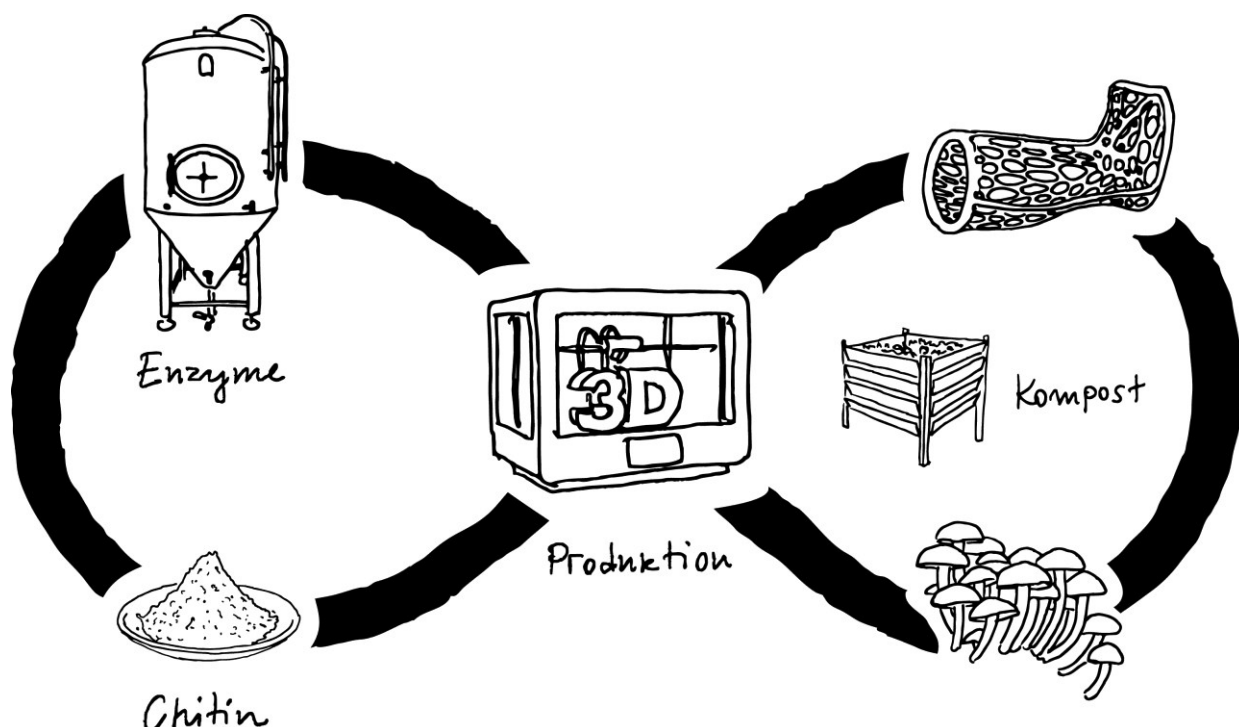


Abbildung: Nikola Kaloyanov / Fraunhofer IPA