

Bioinspirierte Zukunftsmaterialien: vom Laborleder bis zum Superholz

Zusammenfassung

Was haben Laborleder, plastikfressende Bakterien und Superholz gemeinsam? Diese neuen Entwicklungen basieren auf Prinzipien, die der Natur entstammen bzw. die von biologischen Materialien, Prozessen und Funktionsweisen inspiriert sind (siehe Thema [Biomimikry](#)). Die Bandbreite dieser sogenannten „bioinspirierten“ Materialien reicht vom Einsatz natürlicher Komponenten, wie z. B. schnellwachsenden Holzsorten, die in einem neuartigen, chemischen Verfahren und durch Ausnutzung von Nanostrukturen zu härterem und stabilerem Superholz umgewandelt werden, bis hin zu genetisch veränderten Bakterien, die Kollagen als Ausgangsstoff für die Herstellung von Laborleder produzieren. Der mögliche Beitrag von bioinspirierten Materialien zur Transformation einer erdölbasierten Ökonomie hin zu einer nachhaltigen Bioökonomie ist groß. Als Querschnittsmaterie bietet die Materialforschung Anknüpfungspunkte in den unterschiedlichsten Bereichen, angefangen von medizinischen Biomaterialien, über organische Verpackungsmaterialien bis hin zu synthetischen Nahrungsquellen. Die Forschung an bioinspirierten Materialien für die weiße Biotechnologie ermöglicht es, im großen Stil herkömmliche Stoffe durch erneuerbare Ressourcen zu ersetzen und damit industrielle Prozesse kostengünstiger und ökologischer zu gestalten. Der Einsatz bioinspirierter Materialien könnte zukünftig einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der UN-Nachhaltigkeitsziele¹ zum Klimaschutz und zu nachhaltigen Konsum- und Produktionsbedingungen leisten.

Überblick zum Thema

Die Anwendung von bioinspirierten Materialien hat v. a. in der Medizin eine lange Tradition. Dabei geht es um die gezielte Entwicklung und Modifikation von Materialien in Hinblick auf ihre funktionellen Eigenschaften. Dieser Paradigmenwechsel hin zu „Designed Biomaterials“ bzw. „Smart Materials“ lässt neben den klassischen Ansätzen aus Medizin und Materialwissenschaft vor allem neue Ideen aus der Biologie in Erscheinung treten (Ratner et al. 2013).

„Designed Biomaterials“
„Smart Materials“

Biobasierte Materialien umfassen das Design und die Modellierung von neuen Werkstoffen nach dem Vorbild der Natur. Die stoffliche Ausgangsbasis kann natürlich (z. B. Biopolymere, wie Proteine, Zellulose, DNA) als auch synthetisch (Kunststoffe, Verbundwerkstoffe) sein und organische wie anorganische Komponenten enthalten. Methodische Treiber für die Entwicklung von bioinspirierten Materialien sind z. B. Genom-Editierung oder

Vorbild Natur

¹ un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/.

3D-Druck. Die Genom-Editierung ermöglicht die zielgerichtete Veränderung von Bakterienkulturen, die in weiterer Folge spezielle Enzyme produzieren (wie im nachfolgend angeführten Beispiel „Laborleder“), spezifische Formen annehmen oder anorganische mit organischen Materialien verbinden können (Cao et al. 2017). Das 3D-Druck-Verfahren erlaubt z. B. die Nachbildung von reaktivem Muskelgewebe für Roboter (Schaffner et al. 2018). Neben der Medizin und der Robotik sind die Bereiche Fertigung, Energie(-speicherung), Umwelttechnologien und IKT weitere Anwendungsfelder für bioinspirierte Materialien. Ein spezieller Einsatzbereich für bionisch inspirierte Materialien sind Oberflächenstrukturen: angefangen von flüssigkeitstransportierenden, über reibungsvermindernde bis hin zu selbstreinigenden Oberflächen können dem Beispiel der Natur folgend hergestellt werden (Bernhard et al. 2019). Nachfolgend werden vier aktuelle Anwendungsbeispiele für bioinspirierte Materialien vorgestellt: Superholz, plastikabbauende Enzyme, Myzeltextilien und Laborleder aus synthetisch erzeugten Proteinen.

Superholz Superholz bezeichnet einen neuen Werkstoff, der in einem zweistufigen Verfahren aus weichen Holzsorten hergestellt wird. In einem ersten Schritt wird das Holz durch chemische Behandlung aufgespalten, das Lignin und die Hemicellulose entfernt; dann wird das behandelte Holz heiß gepresst. Dadurch brechen die natürlichen Zellwände zusammen und es entstehen spezielle Nanofasern aus der Zellulose (Song et al. 2018). Das entstehende Material ähnelt Holz, ist aber um ein Vielfaches härter und zäher. Aufgrund des Gewichtsvorteils gegenüber Stahl könnte Superholz in der Flugzeug- und Automobilherstellung oder generell als nachhaltiger Baustoff eingesetzt werden².

Leder aus dem Labor Leder ist ein Kuppelprodukt, das zu 99 % von Tieren stammt, die für die Woll-, Milch und/oder Fleischerzeugung gehalten wurden (COTANCE/IndustriALL 2012). Obwohl die Ledererzeugung ein europäisches Traditionshandwerk darstellt und der natürliche Rohstoff kostengünstig verfügbar ist, wird Leder zu einem Großteil aus Billiglohnländern importiert. Der Grund dafür liegt in der hohen Umweltbelastung des Herstellungsprozesses, der in Europa zu strengen Auflagen und einer nachteiligen Position im globalen Wettbewerb geführt hat.

Eine Alternative zu herkömmlichem Leder und dem traditionellen Gerbungsprozess stellt im Labor gezüchtetes Leder dar. Hergestellt wird Laborleder durch veränderte Hefezellen, die flüssiges Kollagen produzieren, welches anschließend in Form gebracht wird und in einem vereinfachten und umweltfreundlichen Gerbvorgang fertiggestellt wird. Laborleder könnte einerseits eine konstante Qualität garantieren und wäre andererseits nicht mit der hohen Schadstoffbelastung der traditionellen Lederverarbeitung verbunden. Durch kontrollierte Verfahren ist eine zeitgerechte Verfügbarkeit gegeben; zurzeit dauert es rund zwei Wochen, ein kuhhautgroßes Stück Laborleder wachsen zu lassen. Innovationen in der Verar-

² wired.de/collection/science/super-dicht-super-stark-wissenschaftler-stellen-super-holz-her/.

beitungsindustrie könnten sich dadurch ergeben, dass sich vielfältige Eigenschaften des Werkstoffes, z. B. die mechanischen Eigenschaften wie die Steifigkeit, durch die Nährstoffe, die zur Produktion eingesetzt werden, bestimmen lassen (Haneef et al. 2017).

Myzelien (Geflechte aus Pilzfäden) sind Kunststoffen aus fossilen Polymeren sehr ähnlich und gleichen äußerlich expandiertem Polystyrol (EPS). Sie bestehen aus Biopolymeren, wie z. B. Zellulose, Chitin und Proteinen. Derzeit werden Stoffe aus Myzelien vor allem in der Kunst (Moonboots aus Myzelien im MoMA New York) und als Verpackung eingesetzt³. Bis-her ist aus Myzelien erzeugtes Material ein teures Nischenprodukt. Zukünftig wird dem bioinspirierten Material hohes Potenzial, vor allem in der Anwendung als Baustoff, zugeschrieben. Nicht nur die Myzelien, auch die Pilzhaut verspricht hohes zukünftiges Anwendungspotenzial: Als flexible Leiterplatten könnten sie einen Beitrag zu nachhaltiger Elektronik leisten.⁴

Myzeltextilien

Plastik ist ein vielseitig einsetzbarer Werkstoff, der die Industrieproduktion des 20. Jahrhunderts wesentlich geprägt hat. Die Resistenz des Materials gegenüber natürlichen Abbauvorgängen macht die Entsorgung von Plastik zu einem globalen Umweltproblem, vor allem für marine Ökosysteme. Vor einigen Jahren entdeckten japanische Forscher Bakterien, die Kunststoff allmählich zersetzen können und entwickelten diese weiter. 2018 haben britische und US-WissenschaftlerInnen eine optimierte Enzymvariante gefunden, die PET um ein Vielfaches schneller zerstört. Nun versuchen sie das Enzym für das bioinspirierte Recycling von Plastik nutzbar zu machen (Austin et al. 2018).

Plastikabbauende Enzyme

Relevanz des Themas für das Parlament und für Österreich

In den Medien sind neue bioinspirierte Materialien mit weitreichenden Zukunftsversprechungen verknüpft. Die Erwartungen an diese Materialien umfassen die vollständige Substitution erdölbasierter Materialien, bis hin zur Reinigung der Meere von Plastikteilen. Wenig Aufmerksamkeit kommt den unter Umständen weitreichenden Konsequenzen einer Verbreitung von bioinspirierten Materialien zu, die eng mit dem Diskurs über Gen- und Nanotechnologie verbunden sind. Was sind beispielsweise die Langzeitfolgen, die sich aus der Anwendung von genetisch veränderten Stoffen ergeben (gerade im Bereich Ernährung und Gesundheit)?

Öffentlicher Diskurs

Je nach Herstellungsverfahren und Anwendungskontext stehen unterschiedliche ethische Fragen zur Debatte. Wenn es um Biomaterialien zum Einsatz in der Medizin geht, ist die Frage der Tierversuche zentral, die zur Erprobung der Verträglichkeit neuer Stoffe notwendig sind. Ebenso relevant ist die Frage der Patentierung und Kommerzialisierung von lebensrettenden bzw. -verlängernden Materialien in Hinblick auf ihre Verfügbarkeit. Bioinspirierte Materialien, wie z. B. das Laborleder, können dagegen zu Fertigungsprozessen beitragen, die auf Tierversuche verzichten kön-

Ethische Fragen

³ ecovativedesign.com.

⁴ science.orf.at/stories/3216022.

**Bestehende
Wissensbasis/
ExpertInnenpool**

nen, ökologisch verträglich sind und langfristig eine Abkehr von der erdöl-basierten Produktion hin zu einer Bioökonomie bedeuten.

In Österreich hat die Materialforschung Tradition und eine starke Wissens- und Forschungsbasis. Während im Wood-K-Plus-Zentrum an der Entwicklung von Holz-Verbundwerkstoffen geforscht wird, befassen sich ForscherInnen der Montanuniversität mit Metallurgie und der Weiterentwicklung von metallischen Rohstoffen. Die Universität für Bodenkultur hat einen Forschungsschwerpunkt im Bereich der biotechnologischen Materialien, die Johannes-Kepler-Universität Linz beforscht bioinspirierte Materialien und Sensoren, sowie biokompatible Oberflächen und die Universität Innsbruck untersucht die Gesamtheit an Materialien unter dem Titel „Advanced Materials“. Das Ausnutzen und Vernetzen dieser bestehenden Wissens- und Forschungsbasis könnte Österreich zu einer Vorreiterrolle im Bereich der bioinspirierten Materialien führen.

Vorschlag weiteres Vorgehen

Für das Thema „Bioinspirierte Materialien“ wäre eine Zusammenschau der unterschiedlichen Werkstoffbereiche (Holz, Metall, Kunststoff etc.), die bioinspirierte Materialien beforschen, in Form einer Kurzstudie interessant. Anhand einer Intensivierung der Interdisziplinarität und eines Austauschs über die wissenschaftlichen Felder (angefangen von Medizin bis hin zur Verbundwerkstofftechnik) hinweg, könnten zusätzliche Potentiale von bio-inspirierten Materialien ausgelotet werden. Im Rahmen einer Langstudie könnte eine Stakeholderanalyse durchgeführt werden und ein partizipativer Prozess zur Identifikation von Zukunftspotentialen für bioinspirierte Materialien in Österreich könnte neue Impulse für die Forschung setzen und das Beschreiten neuer Innovationspfade in Hinblick auf die Anwendung von bioinspirierten Materialien motivieren.

Zentrale weiterführende Quellen

- Austin, H. P., Allen, M. D., Donohoe, B. S., et al., 2018, Characterization and engineering of a plastic-degrading aromatic polyesterase, *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- Bernhard, K., Leitner, P. und Peyrl, R., 2019, Smarte Oberflächen: Auf das Äussere kommt es an, Oberösterreichische Zukunftsakademie.
- Cao, Y., Feng, Y., Ryser, M. D., et al., 2017, Programmable assembly of pressure sensors using pattern-forming bacteria, *Nature Biotechnology* 35, 1087, dx.doi.org/10.1038/nbt.3978.
- COTANCE und IndustriALL, 2012, Sozial und Umweltbericht. Die Europäische Lederindustrie, Brüssel, cotance.com/socialreporting/SER/ESERGerman.pdf.
- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A. und Athanassiou, A., 2017, Advanced Materials From Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties, *Scientific Reports* 7, 41292, dx.doi.org/10.1038/srep41292.

- Ratner, B. D., Hoffman, A. S., Schoen, F. J. et al., 2013, Biomaterials Science. An Introduction to Materials in Medicine, 3rd ed.: Academic Press, [sciedirect.com/science/article/pii/B9780080877808001480](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080877808001480).
- Schaffner, M., Faber, J. A., Pianegonda, L., et al., 2018, 3D printing of robotic soft actuators with programmable bioinspired architectures, *Nature communications* 9(1), 878, doi.org/10.1038/s41467-018-03216-w.
- Song, J., Chen, C., Zhu, S., Zhu, M., et al., 2018, Processing bulk natural wood into a high-performance structural material, *Nature* 554, 224, dx.doi.org/10.1038/nature25476.