

Von statischen zu adaptiven Produkten mit 4D-Textilien

Mit 3D-Druck in die vierte Dimension

Textile Strukturen können in allen Phasen ihrer Herstellung mit formverändernden Eigenschaften ausgestattet werden. Es entstehen sogenannte 4D-Textilien. Sie bieten beispielsweise für die Medizintechnik und für Schutzbekleidung große Vorteile. Herstellen lassen sie sich etwa durch das Bedrucken eines vorgespannten Textils mittels FDM-Druck.

Die Anforderungen an Produkte und Bauteile verändern sich laufend. Das erfordert anpassungsfähige Materialien und Strukturen. Gleichzeitig sollen Ressourcen geschont und somit weniger Material verwendet werden. Neuartige Werkstoffe müssen diesen Veränderungen

standhalten. Eine interessante Möglichkeit sind Strukturen, die so programmiert sind, dass sie aus den Veränderungen lernen und entsprechend reagieren. Textile Strukturen lassen sich in allen Phasen ihrer Herstellung programmieren: Funktionalität kann auf der Ebene der

Fasern, Garne und Gewebe und nachträglich durch additive Fertigung hinzugefügt werden. Darüber hinaus gibt es Textilien, die ihre Form oder Funktion durch einen äußeren Reiz verändern. Solche Textilien werden als 4D-Textilien (**Kasten vis-à-vis**) bezeichnet.

Ein Forschungsschwerpunkt am Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen lag in den letzten Jahren auf Multimaterialstrukturen, die aus textilen Membranen mit darauf 3D-gedruckten polymeren Balkenstrukturen bestehen. Die Textilmembran kann mechanische Energie speichern. Durch Freisetzung der gespeicherten Energie wird aus einer zweidimensionalen eine dreidimensionale Struktur mit bistabilem Verhalten. Dabei sind die stabilen Zustände zwei unterschiedliche dreidimensionale Formen der Struktur. Der Wechsel zwischen den stabilen Zuständen lässt sich durch äußere Reize wie Wärme, Elektrizität oder Feuchtigkeit aktivieren. Dadurch kann es zu einer Funktionsänderung kommen. Mittlerweile ist es möglich, solche Strukturen zu programmieren. Verbessert werden muss jedoch noch die Genauigkeit.

Herstellung der 4D-Textilien

Zur Herstellung der Strukturen kommen FDM-3D-Drucker (Fused Deposition Modeling) zum Einsatz (**Bild 1**). Jüngste Fortschritte am ITA wurden durch den Silikon-3D-Druck auf vorgespanntem Textil gemacht (**Bild 2**). In der bisherigen Forschung am ITA wurden bereits verschiedene Filamente wie Polylactid (PLA), Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) und thermoplastisches Polyurethan

Bild 1. 4D-Textilien lassen sich etwa mit FDM-Druckern herstellen.
© Philip Lodd

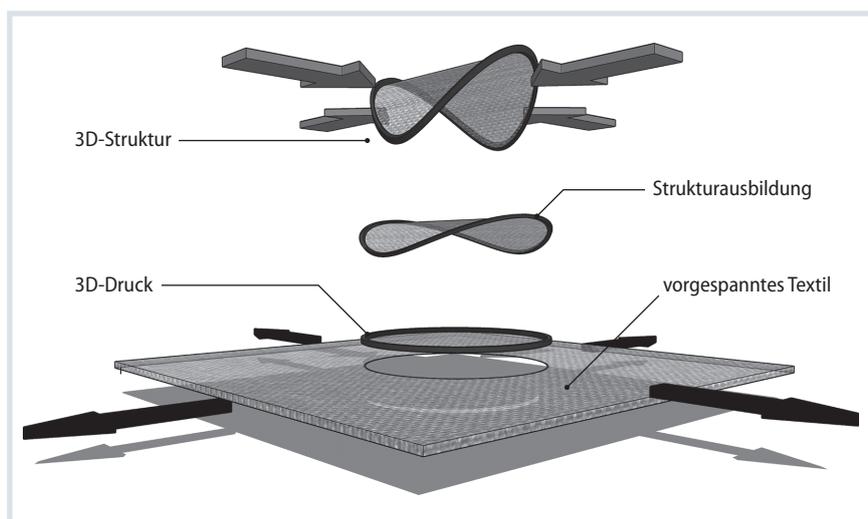
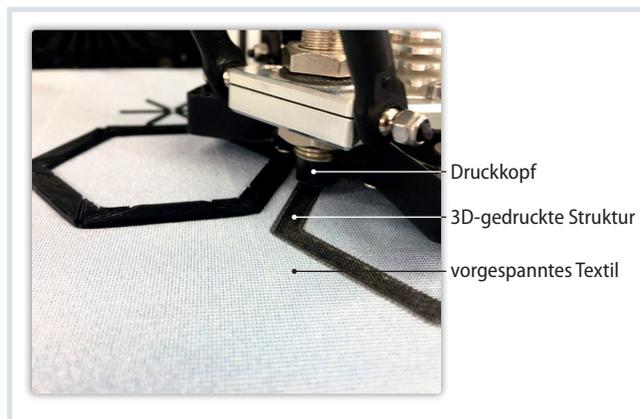
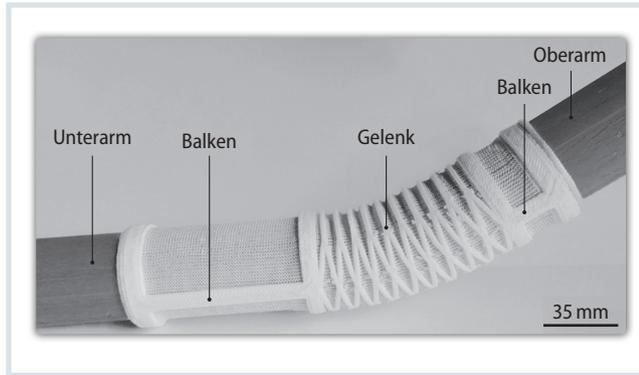


Bild 2. Bei der Herstellung der 4D-Textilien am ITA wird eine Struktur auf ein vorgespanntes Textil gedruckt. Die Form des Teils entsteht anschließend durch die Spannungsentlastung des Textils.

© David Schmelzeisen

Bild 3. Prototyp einer am ITA hergestellten 4D-Textil-Orthese für den Ellbogen: Sie lässt sich individuell auf Patienten zuschneiden und besitzt durch die Verwendung von Textilien einen hohen Tragekomfort.

© Miriam Dünzer



(TPU) für die Herstellung von 4D-Textilien verwendet.

Das am häufigsten verwendete thermoplastische Filament ist PLA. Das aus Milchsäuremolekülen aufgebaute Polymer zeichnet sich insbesondere durch seine biokompatiblen und bioabbaubaren Eigenschaften aus. Außerdem ist es aufgrund seines molekularen Aufbaus leicht recycelbar. Reines PLA erzeugt bei Degradation im Gegensatz zu vielen anderen Polymeren wie etwa ABS keine schädlichen Dämpfe. Das ist besonders für den Medizintechnikbereich von großer Bedeutung. Darüber hinaus weist der Druck mit PLA auf einem textilen Substrat nachweislich die höchste Haftung auf. Im Vergleich zu anderen Filamentarten ist PLA jedoch spröde, weshalb nach dem Druck leicht brechen kann.

Drucken mit TPE

Eine Alternative zu Thermoplasten stellen thermoplastische Elastomere (TPE) wie TPU dar. Sie sind im Vergleich zu Thermoplasten deutlich flexibler und haltbarer. Da Textilien sich durch ihre biegeschlaffen Eigenschaften auszeichnen, ist die Verwendung von TPE für die Herstellung von 4D-Textilien interessant.

Aufgrund der Elastizität kann sich die Struktur besser menschlichen Bewegungen anpassen, beispielsweise bei der Verwendung für Orthesen. Das erhöht den Tragekomfort.

Hybride Materialstrukturen wie 4D-Textilien sollen überall dort Anwendung finden, wo eine Formänderung des Bauteils oder Produkts notwendig ist. Aufgrund ihrer großen Anpassungsfähigkeit, Designfreiheit sowie Individualisierbarkeit verfügen sie über ein großes Anwendungspotenzial. Mögliche Einsatzbereiche sind etwa Konsumgüter, Fahrzeuginnenräume und Textilfassaden. Ein Forschungsschwerpunkt am ITA war in den letzten Jahren außerdem der Einsatz von 4D-Textilien in der Medizin, insbesondere bei Orthesen.

Das passende Material für Orthesen

Aufgrund des demografischen Wandels der Bevölkerung vor allem in den westlichen Industrienationen steigt die Nachfrage nach Orthesen stetig. Im Unterscheid zu einer Prothese, einer künstlichen Gliedmaße, ist eine Orthese ein Hilfsmittel in der Medizin. Orthesen werden ähnlich wie Bandagen, bei Erkrankungen und Verletzungen von

Gliedmaßen oder vom Rumpf eingesetzt. Ihre Funktionen reichen von Stabilisierung über Entlastung bis hin zu Korrektur und Fixierung. Im Vergleich zu konfektionierten Orthesen, die in Massenproduktionen maschinell hergestellt werden, nimmt die Fertigung individualisierter Orthesen mehrere Wochen Handarbeit in Anspruch. Sie ermöglichen jedoch auch eine passgenaue Tragedauer von mehreren Monaten.

Im Zuge der Forschung am ITA wurde die Herstellung einer konfektionierten und individualisierten Orthese mittels 3D-Scan und 3D-gedruckter 4D-Struktur entwickelt (**Bild 3**). Die Gliedmaßen werden dabei in wenigen Sekunden zur Generierung eines CAD-Modells für eine individuelle Orthese eingescannt. Im Anschluss wird die Struktur im FDM-Verfahren produziert. Speziell bei der Herstellung ist dabei der Druck »

4D-Textilien

4D-Textilien sind Textilien oder textile Produkte, die über die Zeit ihre Funktion oder Form verändern können. Diese Änderung wird durch einen externen Stimulus angeregt. Anwenden lassen sie sich beispielsweise in der Reha-medizin. Körpernah getragene und adaptiv auf wechselnde Anforderungen reagierenden Unterstützungsstrukturen können mittels 3D-Druck individuell auf die Tragenden angepasst werden. Textilien erhöhen zusätzlich den Tragekomfort. Hergestellt werden 4D-Textilien in der Fläche durch das Bedrucken eines vorgespannten Textils mittels FDM-Druck. Durch die Spannungsentlastung des Textils nach der Herstellung entsteht aus einer zweidimensionalen eine dreidimensionale Form, die Bistabilität aufweist.



© Fotolia.de | Coprid | tanatat

Kunststoffe.de

Das 1x1 der Kunststoffe:
www.kunststoffe.de/basics

Info

Text

Hannah Carlotta Kelbel, M.Sc., forscht seit 2018 an der Entwicklung von 4D-Textilien. Seit 2020 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Textiltechnik (ITA); hannah.kelbel@ita.rwth-aachen.de

Dipl.-Des. Helga Ahrens-Wels arbeitet seit 2019 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am ITA im Bereich Additive and Joining Technologies; helga.ahrens-wels@ita.rwth-aachen.de

Katarina Winands, M.Sc., ist seit 2021 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am ITA im Bereich Additive and Joining Technologies tätig; katarina.winands@ita.rwth-aachen.de

Dank

Die Autoren danken Schneider Technologies für die ausgezeichnete Zusammenarbeit.

Digitalversion

Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv

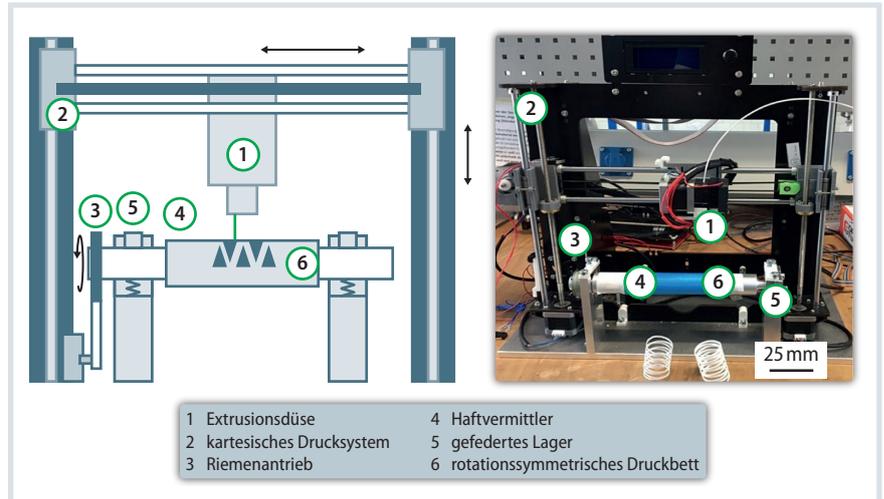


Bild 4. Bei der Herstellung der 4D-Textilien kommt ein 3D-Drucker mit zylindrischem Druckbett zum Einsatz. © ITA

auf ein Rundgewirk. Der Drucker besitzt dafür anstelle des Druckbetts eine Rundwelle (**Bild 4**).

Bisher kann mit dem entwickelten Verfahren nur im kleinen Maßstäben hergestellt werden. Ziel ist es daher künftig, sowohl die Produktion als auch die Effekte zu skalieren. Das würde es ermöglichen, die Prototypenphase zu überwinden, und industrielle Anwendungen zu entwickeln. Dafür müssen jedoch noch Herausforderungen über-

wunden werden. Dazu zählen unter anderem die Druckbettgröße, die Zuführung des Textils in prozesstypischen Verfahren und Maßen, die Realisierung der Vorspannung über eine große Fläche und der Einsatz vielfältiger Materialien im 3D-Druck. Außerdem sollen auch Nachhaltigkeitsaspekt berücksichtigt werden. Die bisherigen Ergebnisse zeigen jedoch bereits: Für 4D-Textilien bieten sich sehr viele technische Innovationsmöglichkeiten. ■

PP-Compounds für Sichtbauteile

Einwandfreie Oberflächen im Schaumspritzgießen

Sabic hat Polypropylen-Compounds (PP) speziell für das Schaumspritzgießen (SSG) vorgestellt. Die mineralverstärkten Typen PPc F9005, PPc F9007 und PPc F9015 eignen sich dem Kunststoffhersteller zufolge zur Fertigung von Sichtbauteile im Fahrzeuginnenraum wie Türpaneele, Seitenverkleidungen und Mittelkonsolen. Im Gegensatz zu üblichen im SSG verwendeten Materialien, soll es mit ihnen nicht zu den typischen Oberflächendefekten kommen. Stattdessen lassen sich laut Sabic damit ähnlich gleichmäßige Oberflächen erzeugen wie bei kompakten Spritzgussteilen.

„Die Automobilindustrie sucht laufend nach neuen Leichtbaulösungen, um Energieeffizienz und Nachhaltigkeit zu steigern. Das Schaumspritzgießen liefert zwar die erwünschten Gewichtseinsparungen, die Hersteller mussten dabei bisher jedoch

Abstriche in der Ästhetik in Kauf nehmen. Wir haben unser Fachwissen in Schaumtechnologie genutzt, um das Problem der Oberflächenqualität“, erklärte Abdullah Al-Otaibi, General Manager für ETP & Market Solutions bei Sabic. Eine von dem



Durch die PP-Compounds sollen die typischen Oberflächendefekte beim Schaumspritzgießen entfallen. © Sabic

Konzern durchgeführte Cradle-to-Grave-Lebenszyklusanalyse hat demnach ergeben, dass sich durch das Material die CO₂-Emissionen von Bauteilen um bis zu 15 % reduzieren lassen.

Welche Gewichtseinsparungen mit den PP-Compounds möglich sind, hängt Sabic zufolge unter anderem von der verwendeten SSG-Technik ab. Mittels Teilfüllung der Kavität ist demnach eine Reduzierung des Stückgewichts um bis zu 10 % möglich. Das Compound PPc 9007 ist für SSG-Teilfüllung und mäßig schlagzähe Anwendungen formuliert. Bei dem Core-Back-Verfahren mit Schieberwerkzeug ist laut Sabic eine Gewichtseinsparung von bis zu 30 % möglich. Sowohl PPc 9005 als auch PPc 9015 sind für das Core-Back-Verfahren ausgelegt.

www.sabic.com