

Prothetik: Neue biobasierte, 3D-druckfähige Werkstoffe und digitale Herstellungsverfahren

Weltweit benötigen viele Millionen Menschen aufgrund körperlicher Einschränkungen eine Prothese. Im Projekt NaRo-3D entwickelten drei Partner ein effizientes, digitales Herstellungsverfahren für Prothesenschäfte mit klimafreundlichen, biobasierten Werkstoffen, die im 3D-Druck verarbeitbar sind. Der Ansatz kann Zeit und Kosten einsparen und das Maßnehmen am Patienten vom Ort der Herstellung räumlich entkoppeln - relevant überall dort, wo es zu wenig Orthopädietechniker gibt.

Sehr gute Extrusionsfähigkeit und mechanische Kennwerte

Beteiligt waren das Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, der Biowerkstoffhersteller Tecnaro und das Orthopädie-Unternehmen DOI ortho-innovativ. Das Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) förderte das Vorhaben über den Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). Der Abschlussbericht steht auf fnr.de unter dem Förderkennzeichen 2220NR251A-C zur Verfügung.

Biobasierte Werkstoffe

Für die Entwicklung der 3D-druckfähigen Bio-Compounds verarbeitete Tecnaro Bio-Polyolefine, Bio-Polyester, Bio-Polyamide, Bio-TPU (Thermoplastisches Polyurethan) und Cellulosederivate mit verschiedenen Füllstoffen und Additiven in diversen Rezepturen. Die besten Varianten punkteten zum einen mit guter Fließfähigkeit der Schmelze - wichtig für die Herstellung des sogenannten Monofil, des fadenförmigen Polymers für den 3D-Druck. Zum anderen zeigten sie gute mechanische Kennwerte, die teilweise besser als die der erdölbasierten Vergleichsprodukte ausfielen. Zwei Varianten wiesen den Charakter von Hochleistungswerkstoffen auf.

3D-Druckversuche

Das Orthopädietechnik-Unternehmen DOI ortho-innovativ verarbeitete eine Auswahl der besten Biocompounds per 3D-Filament-Druck am Beispiel von Schäften für Unterschenkelprothesen. Dabei kristallisierten sich zwei Compounds als besonders geeignet heraus: Ein Biopolyester mit einem biobasierten Kohlenstoffanteil von 78 Prozent und ein zu 100 Prozent biobasiertes Biopolyamid. Außerdem fiel ein Filament aus Cellulosederivaten und Biopolyester mit einem biobasierten Kohlenstoffanteil von 46 Prozent auf, das sich aufgrund seiner leichten Transparenz gut für die Herstellung von Testschäften eignet. Insgesamt bewertete DOI die Druckversuche als sehr vielversprechend.

Digitale Mess- und Modellierungsverfahren

Das Fraunhofer IPA entwickelte eine virtuelle Schaftplanungsplattform, die eine durchgängig digitale Planung, Auslegung und Fertigung von Prothesenschäften ermöglicht. Sie setzt auf die Bildgebungsverfahren MRT, Laserscanner und Ultraschall, mit deren Daten CAD- und Finite-Elemente(FE)-Modelle von Stumpf und Schaft erstellt werden. Mithilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) kann das FE-Modell die Tragfähigkeit und das Komfortverhalten von Prothesenschäften in Wechselwirkung mit dem Stumpf bestimmen und Schaftgeometrie und Wandstärke entsprechend

optimieren. Neben den volumetrischen Spannungen gehen auch die Schubspannungen des Stumpfs in die Bewertung von Komfortkriterien und Biomechanik des Schafts ein – ein Novum in der Auslegung von Prothesen.

Zwei langjährige Prothesenträger erprobten als Probanden schließlich Versuchsprothesen, die nach dem Fraunhofer-Verfahren aus den favorisierten Bio-Compounds hergestellt wurden. Das positive Feedback der Nutzer unterstreicht das Potenzial des Ansatzes.

Ausblick

Digitale Verfahren von der Bemessung bis zum 3D-Druck sind in der Prothetik noch nicht überall verbreitet, jedoch auf dem Vormarsch. Die klassische Fertigung per Gipsabdruck und anschließendem Ausgießen des Schaftes mit Gießharzen bedeutet stundenlange Handarbeit. Dem gegenüber spart der digitale Ansatz Zeit, Material und Kosten und ist weniger abhängig von der orthopädischen Expertise vor Ort. Denn digitale Messdaten vom Patienten lassen sich theoretisch ohne Zeitverlust an jedem Ort der Welt weiterverarbeiten. Das ist insbesondere in Entwicklungsländern relevant, wo es vielerorts, vor allem auf dem Land, an gut ausgebildeten Orthopädietechnikern mangelt. Karl-Heinz Trebbin, Orthopädietechnik-Meister und DOI-Geschäftsführer mit langjährigen Erfahrungen in der orthopädischen Ausbildung und Versorgung in Südamerika, Afrika und Asien erklärt: „Wir verbinden mit den Projektergebnissen nicht zuletzt die Hoffnung, über optimierte digitale Ansätze die orthopädische Betreuung in diesen Ländern zu verbessern.“ Er ergänzt: „Digitale Verfahren sollen orthopädisches Wissen nicht ersetzen, sondern sinnvoll ergänzen. Im Idealfall bleibt mehr Zeit für die individuelle Patientenbetreuung.“

Das Fraunhofer IPA strebt an, seine virtuelle Bemessungsplattform Anwendern wie Sanitätshäusern oder orthopädietechnischen Betrieben zugänglich zu machen. „Da für die Nutzung derzeit noch spezielle Programmkenntnisse notwendig sind, unterstützen wir Sanitätshäuser mit gezielten Pilotprojekten, die innovativen, digitalen Verfahren erfolgreich in ihre internen Prozesse zu integrieren“, so Projektleiter Dr.-Ing. Okan Avci vom Fraunhofer IPA.

Tecnaro will die Markteinführung der neuen Compounds zügig vorantreiben und diese nicht nur für orthetische und prothetische Anwendungen und im 3D-Druckbereich einsetzen, sondern zusätzlich auch für diverse spritzgegossene Endprodukte, bei denen eine hohe Wärmeformbeständigkeit und Schlagzähigkeit gefordert ist. Die Monofilamente sind in Kürze über den Vertriebspartner Albis Distribution erhältlich (www.albis.com).

Hintergrund:

Prothesenschäfte bestehen in der Außenschicht häufig aus nicht recyclebaren, fossilbasierten Gießharzen. Bei 3D-Druckverfahren kommen grundsätzlich wiederverwertbare, fossile Thermoplaste wie Polyamid oder Polypropylen zum Einsatz. Aber auch deren Recycling ist in der Praxis aufgrund von Materialalterung, mangelnder Sortenreinheit oder Restriktionen im Medizinproduktebereich schwierig. In der Regel werden Prothesen deshalb am Produktlebensende über die Müllverbrennung entsorgt. Hier sind biobasierte Werkstoffe grundsätzlich im Vorteil, da sie sich bei einer Verbrennung weitgehend klimaneutral verhalten.

Weitere Informationen:

<https://www.fnr.de/presse/pressemitteilungen/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-nachricht/prothetik-neu-e-biobasierte-3d-druckfaehige-werkstoffe-und-digitale-herstellungsverfahren>

<https://www.albis.com/de>

<https://projekte.fnr.de/projektverzeichnis?fkzserie=2220NR251>