

Entwicklung eines Verfahrens zur flexiblen Ablage von Endlosfasern in additiv gefertigten Zellträgerstrukturen aus Kurzfasern

Alexander Busch*, Ronny Brünler, Dilbar Aibibu, Chokri Cherif

*Korrespondierender Autor; Kontakt: alexander.busch@tu-dresden.de

Herausforderung & Ziel

Der Bedarf an **Organ- und Gewebespenden** einer immer älter werdenden Weltbevölkerung mit verstärkt auftretenden Zivilisationskrankheiten lässt sich durch natürliche Organ- und Gewebespenden nicht decken¹.

Das am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden entwickelte **Fiber-based Additive Manufacturing (FAM)**^{2,3,4} ermöglicht die Herstellung individueller Zellkulturträger (**Scaffolds**) durch das mehrlagige punktuelle Verkleben kurz geschnittener Fasern. In einem anschließenden Prozessschritt werden diese mit Stammzellen besiedelt und als künstliches Gewebe in den menschlichen Körper transplantiert.

Die biokompatiblen FAM-Scaffolds dienen als Gerüst für das Zellwachstum. Dafür maßgebliche Eigenschaften lassen sich durch das FAM individuell einstellen⁵.

Zu große **mechanische Belastungen** verhindern derzeit noch den Einsatz von FAM-Scaffolds im Menschen. Um ihre Zugfestigkeit zu steigern, wurde ein Verfahren zur gezielten Einbringung von **Endlosfasergarnen** entwickelt.



Abb. 5: Fertiger Demonstrator

Ergebnisse

Um den Einfluss der Endlosfaserverstärkungen auf die mechanischen Eigenschaften von FAM-Scaffolds zu untersuchen, wurde das **Kraft-Dehnungsverhalten** von verstärkten und unverstärkten Probenkörpern mit einem Querschnitt von 5 x 8 mm ermittelt. Im Ergebnis zeigt sich bei den mit 16 Endlosfasergarnen verstärkten Proben eine um das **66-fache gesteigerte Zugfestigkeit** (Abb. 7).

Um die **Biokompatibilität** der hergestellten Probenkörper nachzuweisen, wurden Scaffolds mit L929 Fibroblasten punktuell besiedelt. Nach 72 Stunden ist eine räumliche Ausbreitung lebender Zellen nachzuweisen, die UV-Licht grün reflektieren (Abb. 8).

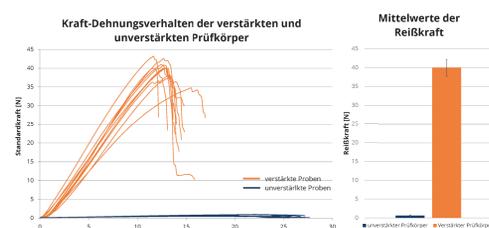


Abb. 7: Versuchsergebnisse

1 3D-Modell generieren

Erzeugung eines 3D-Scans und Überführung in ein virtuelles 3D-Modell zur Aufteilung in einzelne Schichten. Sie bilden die Lagen des FAM-Scaffolds



Abb. 2: 3D-Modell und Schnittansicht

Verfahrensschritte

Exemplarisch wird die Herstellung eines **Demonstrators** (Abb.1) in Form eines **Femurkopfes** (oberer Oberschenkelknochen) mit einer einlagigen Endlosfaserverstärkung erklärt.

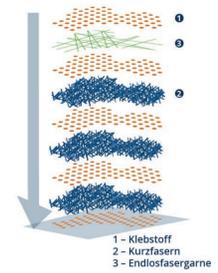


Abb. 1: Aufbau des Demonstrators

3 Maschinencode erzeugen

Erstellung einer Kontrollansicht durch ein Plug-In und Überführung in einen für die FAM-Anlage lesbaren G-Code. Dieser wird mit Code für Klebstoff- und Kurzfasernauftrag zusammengeführt.

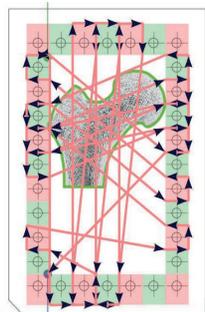


Abb. 4: Kontrollansicht in Inkscape

2 Fadenlauf konstruieren

Einzeichnen der gewünschten Verstärkungsstrukturen mit der Open Source-Software Inkscape. Als Vorlage dienen die Schichten des 3D-Modells und eine Draufsicht des Drucktisches (vgl. Abb. 6).

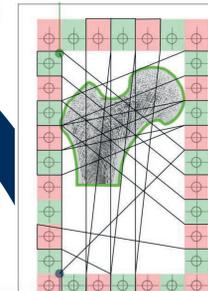


Abb. 3: Fadenlauf in Inkscape

Reinraumgerechte Maschinenkomponenten

Die für das automatisierte Einbringen von Endlosfaserverstärkungen entwickelten Anlagenkomponenten (Abb. 6) sind für den Einsatz in **Reinräumen** ausgelegt. Durch die Bewegung des **Drucktisches (1)** unter der **Einheit zur Endlosfaserablage (2)** wird das Endlosfasergarn um den Rahmen auf bereits hergestellte Lagen des Scaffolds abgelegt. Anschließend wird das Endlosfasergarn durch die Bewegung in die **Einheit zum Andrücken (3)** angedrückt und definiert am Ende getrennt.



Abb. 6: CAD-Modell

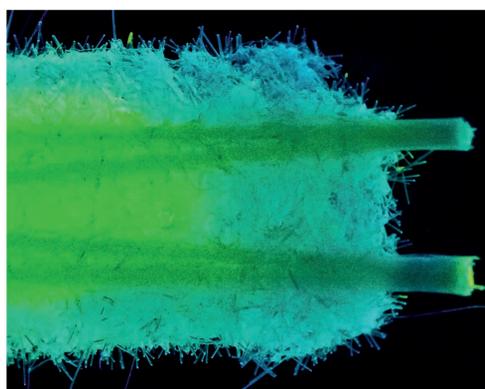


Abb. 8: Besiedelter Scaffold unter UV-Licht

Literaturangaben

- 1 DEUTSCHE STIFTUNG ORGANTRANSPLANTATION: Jahresbericht Organspende und Transplantation in Deutschland 2019. <https://www.dso.de/SiteCollectionDocuments/DSO-Jahresbericht%202019.pdf> (25.06.2020)
- 2 Schutzrecht. TU Dresden. (17.10.2005). Laourine, E.; Offermann, P.; Cherif, Ch.; Pusch, T.: DE 102005050560A1.
- 3 Schutzrecht. TU Dresden. (30.09.2010). Laourine, E.; Cherif, Ch.: DE 102009015791A1

- 4 BRÜNLER, R.; AIBIBU, D.; WÖLTJE, M.; ANTHOFER, A.; CHERIF, Ch.: In silico modeling of structural and porosity properties of additive manufactured implants for regenerative medicine. *Materials science & engineering. C, Materials for biological applications* 76(2017), pp. 810-817
- 5 HILD, M.; BRÜNLER, R.; JÄGER, M.; LAOURINE, E.; SCHEID, L.; HAUPT, D.; AIBIBU, D.; CHERIF, Ch.; HANKE, T.: Net Shape Nonwoven: a novel technique for porous three-dimensional nonwoven hybrid scaffolds. *Textile Research Journal* 84(2014)10, pp. 1084-1094. - ISSN 0040-5175