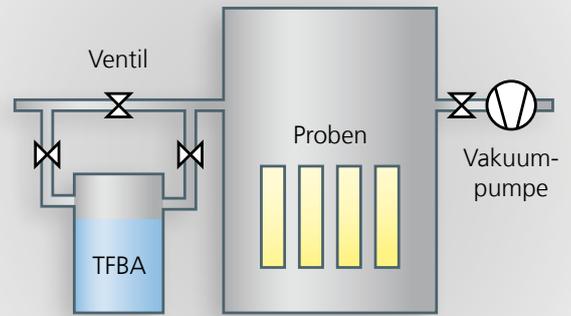


1



2

Auszug aus dem Jahresbericht 2018
Zur aktuellen Website: www.ist.fraunhofer.de

CHARAKTERISIERUNG BESCHICHTETER POLYMER-IMPLANTATSTRUKTUREN

3D-gedruckte poröse polymere Gerüststrukturen, sogenannte Scaffolds, sind ein interessanter neuer Ansatz zur Behandlung fehlender Knochenfragmente. Zum idealen Einwachsen neuer Knochenzellen ist eine chemische Modifizierung der Polymeroberfläche notwendig. Dies kann z. B. durch Beschichtung mit einem Atmosphärendruck-Plasmajet erfolgen, indem schichtbildende Präkursoren mit den gewünschten funktionalen chemischen Gruppen eingesetzt werden. Um die Abscheideprozesse zu optimieren und wichtige Einflussgrößen zu identifizieren, ist es notwendig, die chemischen Gruppen zu vermessen. Im Rahmen eines von der Europäischen Union geförderten Projekts hat das Fraunhofer IST daher Methoden zur Charakterisierung funktional beschichteter Polymere untersucht.

Der Ansatz

Nukleophile Gruppen wie Amine und Imine reagieren selektiv mit 4-Trifluormethylbenzaldehyd (TFBA). Dies kann ausgenutzt werden, um ihre Dichte auf Oberflächen zu bestimmen. Dazu werden die zu vermessenden Proben zunächst TFBA-Dämpfen ausgesetzt und anschließend belüftet (vgl. Abbildung 2). Die Anzahl verbliebener TFBA-Moleküle pro Fläche kann mittels verschiedener spektroskopischer Methoden wie der Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie mit abgeschwächter Totalreflexion (ATR-FTIR), Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS) oder Elektronenstrahlmikroanalyse (EPMA) analysiert werden und ist ein Maß für die Dichte der nukleophilen Gruppen. Bei dreidimensionalen, porösen Substraten sind darüber hinaus die Eindringtiefe der Beschichtung und die Homogenität in die Tiefe von großem Interesse. Zur Charakterisierung der Eindringtiefe von Beschichtungen mit 3-Aminopropyl-Trimethoxysilan (APTMS) in Scaffolds wurden diese direkt nach der Beschichtung mit TFBA derivatisiert und nachfolgend aufgeschnitten. Entlang der Schnittkante wurden sowohl die Schichtdicke als auch die Dichte der Gruppen mittels EPMA bestimmt.

Die Ergebnisse

Die Untersuchungen von APTMS-Beschichtungen am Fraunhofer IST haben gezeigt, dass 10 mm dicke Scaffoldstrukturen vollständig ohne eine signifikante Abnahme der Schichtdicke oder der Gruppendichte mit einem Plasmajet beschichtet werden können (vgl. Abbildung 1). Durch höhere Prozessgasflüsse werden höhere Schichtdicken erzielt.

Für die Untersuchung von elektrophilen MSA-VTMO-Schichten (Maleinsäureanhydrid und Vinyltrimethoxysilan als Plasma-Copolymer) wurden die beschichteten Proben mit Methylblaulösung eingefärbt. Dieser Farbstoff bindet über elektrostatische Wechselwirkungen an die Carboxylgruppen des MSA. Die Beschichtung durchdrang den Scaffold nicht ganz. Wie im Diagramm auf der nächsten Seite (unten) dargestellt, betrug die beobachtete Eindringtiefe lediglich 4 bis 6 Doppellagen der Scaffoldfilamente. Die Ursache könnte in dem wesentlich niedrigeren Dampfdruck des MSA liegen. Auch hier kann ein erhöhter Prozessgasfluss die Eindringtiefe erhöhen.

1 Durchdringung einer additiv gefertigten Struktur mit Plasma.

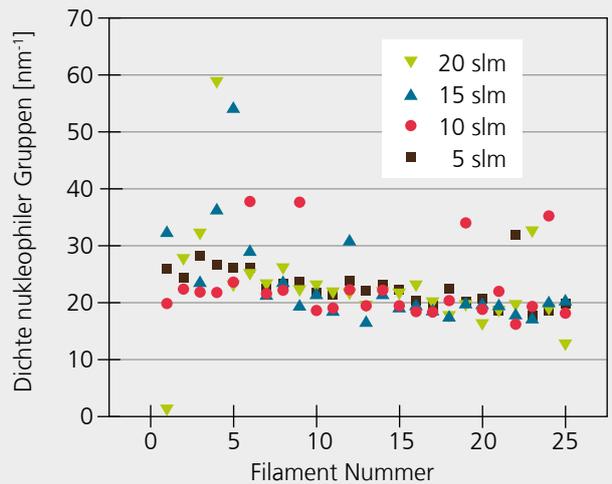
2 Versuchsaufbau zur TFBA-Derivatisierung.

Ausblick

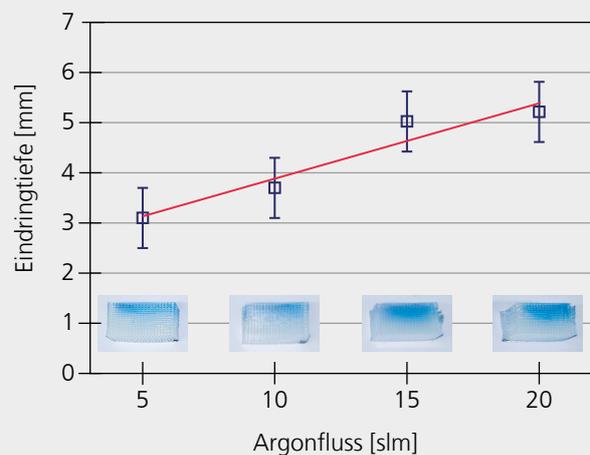
Mit den verwendeten Techniken konnten die Beschichtungen auf den Scaffoldstrukturen und auch deren chemische Aktivität nachgewiesen werden. Beides sind wichtige Voraussetzungen für eine weitere Optimierung der Prozessparameter und für weiterführende in-vitro und in-vivo Untersuchungen zum Zellwachstum.

Das Projekt

Das Projekt »Functionally graded Additive Manufacturing scaffolds by hybrid manufacturing«, kurz »FAST«, wurde über den Zuwendungsvertrag Nr. 689925 aus dem Forschungs- und Innovationsprogramm Horizont 2020 der Europäischen Union gefördert. <http://project-fast.eu/en/home>



pp-APTMS: Schichtdicke und Gruppendichte in Abhängigkeit der Eindringtiefe.



Mit Methylenblau gefärbte elektrophile MSA-VTMO-Schichten.

KONTAKT

Dr. Thomas Neubert
Telefon +49 531 2155-667
thomas.neubert@ist.fraunhofer.de