

# PLASMAJET ZUR BESCHICHTUNG MIT FUNKTIONELLEN GRUPPEN

Ein neuer Ansatz zur medizinischen Behandlung von fehlenden Knochenfragmenten ist das Implantieren von 3D-gedruckten und biologisch abbaubaren Polymergerüsten, sogenannten Scaffolds. Diese haben die Aufgabe, als Gerüst für neu wachsende Knochenzellen zu dienen und sich dann mit der Zeit im Körper abzubauen. Für das optimale Wachstum der neuen Knochenzellen muss die Oberfläche des Polymers chemisch mit nukleophilen und elektrophilen Gruppen versehen werden. Am Fraunhofer IST werden dazu während des 3D-Druckvorgangs mit einem Plasmajet Schichten mit geeigneten chemischen Gruppen mittels Atmosphärendruck-PECVD abgeschieden.

## Entwicklung der Technologie

Für die Abscheidung der PECVD-Schichten kommt am Fraunhofer IST ein auf einem Roboter montierter Plasmajet zum Einsatz (vgl. Abbildung 1). Dem verwendeten Argonplasma wird ein schichtbildender Precursor zugefügt, was zu einer lokalen Schichtabscheidung in direkter Nähe der Plasmadüse führt. Der gerichtete Gasstrom soll ein Eindringen der Beschichtung in die poröse Scaffoldstruktur ermöglichen (vgl. Abbildung 2).

Durch Variation verschiedener Prozessparameter wie Precursorgas, Gasflüsse, elektrische Leistung, Sauerstoffzufuhr, Pulsmuster oder Substrattemperatur wurde der Einfluss der einzelnen Parameter auf die Schichteigenschaften genauer untersucht. Der verwendete Plasmajet bewirkt nur einen sehr geringen Energieeintrag von maximal 4 W auf das zu beschichtende Substrat, sodass durch den Beschichtungsprozess Substrattemperaturen von 60 °C nicht überschritten werden. Somit ist die Versuchsanordnung auch für die Beschichtung von temperaturempfindlichen, porösen Polymerstrukturen sehr gut geeignet.

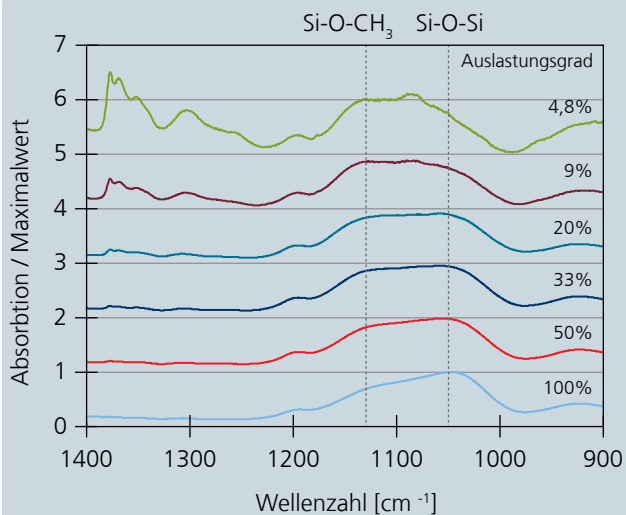
## Ergebnisse

Mit dem beschriebenen Ansatz konnten Schichten mit verschiedenen Precursoren wie z. B. HMDSO, TMS, APTMS, GMA und MSA-VTMS abgeschieden werden. Insbesondere für nukleophile pp-APTMS-Schichten wurde dabei deutlich, dass das Pulsmuster einen großen Einfluss auf die Dichte der nukleophilen Gruppen besitzt. Werden die Schichten mit einem geringen Duty Cycle, d. h. einem geringen Verhältnis von Puls- zu Periodendauer abgeschieden, so bleibt die molekulare Struktur des Precursors besser erhalten, und es werden Schichten mit höheren Gruppendichten erzeugt (vgl. nebenstehende Grafiken). Ebenfalls positiv auf die nukleophilen Gruppendichten der pp-APTMS-Schichten wirkte sich eine moderate Erhöhung der Substrattemperatur auf ca. 70 °C während des Abscheidvorgangs aus. Darüber hinaus konnte die Schichtabscheidung erfolgreich von planaren Substraten auf 3D-Scaffoldsubstrate übertragen werden.

## Ausblick

Im Fokus aktueller und zukünftiger Untersuchungen zu dem Thema stehen vermehrt Analysen der Schichtstabilität in Abhängigkeit von der Lagerung und den Sterilisationsprozessen. Zudem ist geplant, Studien zum Zellwachstum auf beschichteten Substraten durchzuführen.

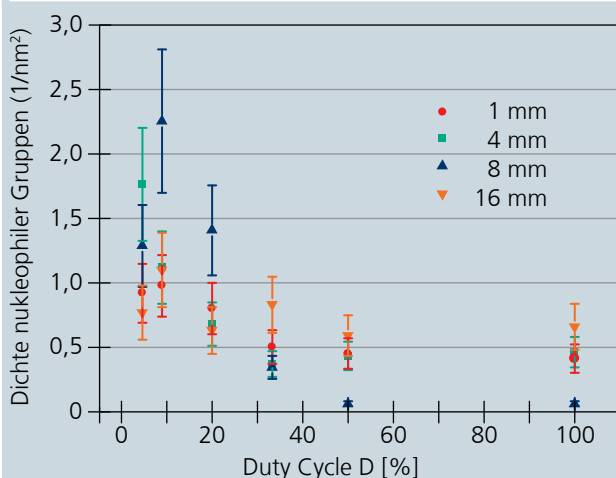
ATR-FTIR-Spektren von pp-APTMS-Schichten für verschiedene Duty Cycle.



1 Roboterarm mit Plasma-  
jet im Betrieb.

2 Plasmajet zur  
Schichtabscheidung.

Dichte nukleophiler Gruppen als Funktion des Duty Cycles.



Die beschriebenen Ergebnisse wurden durch das »Horizon 2020 research and innovation programme« der EU gefördert (grant agreement No. 685825).

## KONTAKT

Dr. Thomas Neubert

Telefon +49 531 2155-667

thomas.neubert@ist.fraunhofer.de