# Silicone Additive Manufacturing bioinspirierter Herzklappen

preeflow® eco-PEN300 „druckt“ synthetisches Implantat

In einem Additive Manufacturing Prozess werden unter anderem mit Hilfe von CT Vermessung und einem preeflow eco-PEN300 1K Dispenser virtuelle Herzklappenmodelle erstellt: Fergal Coulter von der "Complex Materials Group" der ETH Zürich unternahm Forschungen für die Medizintechnik – genauer für die additive Herstellung künstlicher Herzklappen. Für die Produktion wurden kundenspezifische Polysiloxane in medizinischer Qualität, mit Chemikalien, verwendet, die nach UV-getriggerter Polymerisation zu steifen, mittleren oder weichen Silikonen werden. Diese Materialien entsprechen den Biokompatibilitätsnormen für Zytotoxizität sowie Irritation und Hautsensibilisierung. (Quellenverweis: <https://www.cell.com/matter/fulltext/S2590-2385(19)30038-4>)

Ein Prozess für personalisierte Ergebnisse

Mittels CT eines Patienten wird ein personalisierter, 3D gedruckter Dorn angefertigt. Mit dem eco-PEN Dispenser wird – als einer von mehreren Fertigungsschritten – darauf ein Teil der künstlichen Herzklappe aufgetragen. Ebenso werden mit dem Dispenser Verstärkungsfasern aus Silikon auf die Faltblätter aufgedruckt und anschließend die Kanten verstärkt. Die Bereiche der Klappe (die „intraaortalen Dreiecke“) werden entsprechend dem Scan der Aorta-Wurzel des Patienten aufgebaut. Dann wird das Silikon mit UV-Licht vernetzt. Im zweiten Schritt wird eine Silikonform der Aorten Wurzel erstellt. Ein Alginat wird zum vorübergehenden Einkapseln des Ventils verwendet: Diese Kappe schützt das Ventil und ermöglicht die Auftragung eines überhängenden künstlichen Gefäßsystems und eines integrierten Stents. Dafür wird die Baugruppe mit einem 1-dimensionalen Laser gescannt. Per Computer wird die Oberfläche virtuell nachgebaut. Und die Werkzeugwege für eine auxetische Stent-Geometrie werden berechnet. Danach wird wieder mit dem eco-PEN300 gedruckt: Die gedruckten Streben sind ungefähr 0,3 mm dick. Jetzt kann der Ventildorn entfernt werden. Die Alginat Kappe wird durch Dehydrierung im Ofen entfernt. Je nachdem, ob als Zwischenschritt eine Beschichtung aufgesprüht wurde oder nicht, ist das End-Ergebnis eine patientenspezifische künstliche Herzklappe mit einem abgedeckten oder gefensterten Aorten-Stent.

Das Design der fertigen Herzklappen ist von der Biologie des Menschen inspiriert (3-segelige Klappe). Je nach Bedarf wird eine individuelle Geometrie umgesetzt, um ein maßgeschneidertes synthetisches Produkt zu erhalten. Durch die digitale Herstellung (digital fabrication) entsteht eine Klappenprothese als funktionales Implantat. Im Gegensatz zu den bestehenden mechanischen Herzklappen und Klappen aus Gewebe wird dieses Verfahren als vielversprechend für zukünftige Anwendungen gesehen.

Vielversprechend für zukünftige Anwendungen – die Gründe:

* Es sind absolut individuelle Herzklappen möglich (auf Basis einer CT Aufnahme der jeweils eigenen Herzklappe der Patienten).
* Die Produkte sind günstig in der Herstellung.
* Aufgrund der verwendbaren Materialien kann ggf. zukünftig auf Immunsuppressoren oder Blutverdünner verzichtet werden.
* Nicht nur die Bauart bzw. die Geometrie der gedruckten Herzklappe ähnelt dem biologischen Pendant, sondern auch die Funktionalität, die in den Versuchen Coulters ausführlich am physiologischen Blutdruck geprüft wurde.
* Die gedruckte faserverstärkte Herzklappe hat eine geringere mechanische Beanspruchung und herausragende Hämodynamik (= Lehre von der Bewegung des Blutes im Gefäßsystem).

eco-PEN druckt Herzklappe und Stent

Aufgabe des eco-PEN Dispensers ist es, die Stabilität der Herzklappe und der Segelklappen sicherzustellen. Damit das System bei der Verwendung unter physiologischen Bedingungen nicht kollabiert. Wie oben beschrieben, druckt der eco-PEN300 sowohl einen Teil der Herzklappe als auch einen Stent (= medizinisches Implantat zum Offenhalten von Gefäßen oder Hohlorganen) bzw. eine Stent-ähnliche Struktur zur Stabilität. Der eco-PEN errichtet also auch das Gerüst für die Herzklappe.

Wichtig für die Umsetzung in diesem sensiblen Bereich ist eine absolut gleichbleibende Präzision im Bereich der Mikrodosierung: Die Wiederholgenauigkeit bei so geringen zu dosierenden Mengen muss garantiert sein. Hier konnten die leichten preeflow Dispenser überzeugen. Ergänzt wird die preeflow Dosiertechnik durch ein wendiges Robotersystem. Denn die Nadel muss immer lotrecht auf den exakt gefertigten Dorn zeigen.

Fergal Coulter über die Arbeit mit dem preeflow Dispenser: „Der eco-PEN ist ein ausgezeichneter Extruder zum Drucken von mehreren verschiedenen Materialien, die unterschiedliche Viskositäten und rheologische Eigenschaften haben. Die präzise volumetrische Dosierung des Dispensers beseitigt Schwankungen im Fluss des Materials während langwieriger Drucke und reduziert den Zeitaufwand für die Anpassung von Druckprofilen, um einen konstanten Materialfluss zu erreichen.

Vorteile der hochpräzisen preeflow Dispenser in dieser Anwendung auf einen Blick:

* Einfach und flexibel an individuelle Geometrien anpassbar
* Einfache Integration (der eco-PEN300 wird mit einem Abstand von 300 µm und lotrecht zur Krümmung der aufzutragenden Oberfläche verwendet)
* Kleinste Dosiermengen bei absoluter Wiederholgenauigkeit von > 99 %

Im Video ist der Prozess anschaulich dargestellt: <https://youtu.be/dvGsNAQ_yVA?t=40>

Um den Anforderungen des 3D Druck Marktes gerecht zu werden, hat ViscoTec im Jahr 2016 ein eigenes [Business Development Additive Manufacturing](https://www.viscotec.de/branchenanwendungen/3d-druck/) ins Leben gerufen. Das Portfolio wurde erweitert: Denn mittlerweile entstanden daraus verschiedene [3D Druckköpfe](https://www.viscotec.de/produkte/3d-druckkoepfe/), die sowohl ein- als auch zweikomponentige Fluide und Pasten drucken können und sich noch besser für die Additive Fertigung eignen.

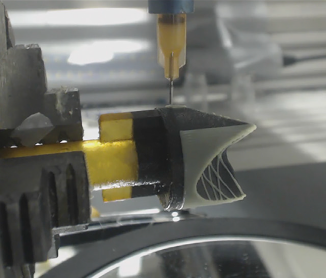
Vision für die Zukunft

Eine Vision von Fergal Coulter für zukünftige Forschungen: Es soll möglich werden, Stammzellen (incorporate stem cells) mit zu drucken und so in die Klappe einzubauen – um der persönlichen Morphologie zu entsprechen.

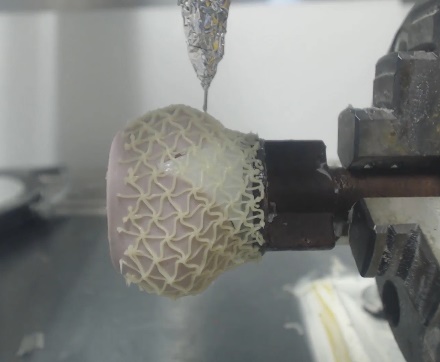
Das ist zwar noch Zukunftsmusik, aber es gibt bereits erste Ideen, zellbeladene Hydrogele im 3D-Druck zu verwenden. Auch ein solches Projekt wurde mithilfe eines preeflow eco-PEN umgesetzt: Es wurden lebende Zellen dosiert, ohne Sie zu beschädigen. Für „lebendige“ Belüftungsschlitze in Sportkleidung. Mehr Informationen darüber finden Sie hier: <https://www.preeflow.com/en/3d-printing-of-fluids/>

6.465 Zeichen inkl. Leerzeichen. Abdruck honorarfrei. Beleg erbeten.

Bildmaterial:



Der eco-PEN300 beim Drucken der Herzklappen-Struktur.



Der eco-PEN300 beim Drucken der Stent-Struktur.



Das Design der fertigen Herzklappen ist von der Biologie des Menschen inspiriert.



Vollständige Herzklappenersatzsysteme mit abgedeckten und einem gefensterten Stent (links).

Mikrodosierung in Perfektion!

preeflow® ist eine Marke der ViscoTec Pumpen- u. Dosiertechnik GmbH. ViscoTec beschäftigt sich vorwiegend mit Anlagen, die zur Förderung, Dosierung, Auftragung, Abfüllung und der Entnahme von mittelviskosen bis hochviskosen Medien benötigt werden. Der Hauptsitz des technologischen Marktführers ist in Töging (Oberbayern, Kreis Altötting). Darüber hinaus verfügt ViscoTec über Niederlassungen in den USA, in China, Singapur, Indien und Frankreich und beschäftigt weltweit rund 260 Mitarbeiter. Die Marke preeflow® steht für präzises, rein volumetrisches Dosieren von Flüssigkeiten in Kleinstmengen und entstand im Jahr 2008. Weltweit werden preeflow® Produkte geschätzt, nicht zuletzt aufgrund einzigartiger Qualität – Made in Germany. Ein internationales Händlernetz bietet professionellen Service und Support rund um die preeflow Dosiersysteme. Die vielfältigen Anwendungsbereiche umfassen unter anderem die Branchen Automotive, Elektro- und Elektronikindustrie, Medizintechnik, Luft- und Raumfahrt, erneuerbare Energien, Elektro- und Hybridtechnik und Mess- und Sensortechnik. Alle preeflow® Systeme lassen sich dank standardisierter Schnittstellen einfach integrieren. Weltweit arbeiten über 20.000 preeflow® Systeme in halb- oder vollautomatischen Dosieranwendungen zur vollsten Zufriedenheit der Anwender und Kunden.

Pressekontakt:

Thomas Diringer, Leiter Geschäftsfeld Components & Devices

ViscoTec Pumpen- u. Dosiertechnik GmbH

Amperstraße 13, D-84513 Töging a. Inn

Telefon +49 8631 9274-441

E-Mail: thomas.diringer@viscotec.de · www.preeflow.com

Melanie Hintereder, Marketing

ViscoTec Pumpen- u. Dosiertechnik GmbH

Amperstraße 13, D-84513 Töging a. Inn

Telefon +49 8631 9274-404

E-Mail: melanie.hintereder@viscotec.de · www.viscotec.de