

3D-Membran aus dem Drucker ebnet den Weg zur Biohybridlunge

MHH-Forschende entwickeln neuartige Membranarchitektur mit verbessertem Gasaustausch für kompaktere ECMO-Systeme und künstliches Lungenimplantat.

Bei schweren Lungenerkrankungen ist eine Lungentransplantation oft der letzte Ausweg. Doch Spenderorgane sind rar. Bis dahin können sogenannte ECMO-Beatmungssysteme die Lungenfunktion unterstützen. Deren Architektur aus Hohlfasermembranen begrenzt jedoch den Gasaustausch, führt zu einer ungleichmäßigen Blutströmung und begünstigt gemeinsam mit den künstlichen Oberflächen die Blutgerinnung. Ein Forschungsteam der MHH hat in Kooperation mit der [RWTH Aachen](#) nun eine völlig neue, 3D-druckbare Membranarchitektur entwickelt, die nicht nur die Sauerstoffversorgung, sondern auch die Blutverträglichkeit verbessert.

Für Menschen mit schweren Lungenerkrankungen ist die Transplantation eines gesunden Organs oft die einzige Überlebenschance. Doch Spenderlungen sind Mangelware. Abhilfe könnte eine neue künstliche Lunge bringen. An dieser forscht ein Team um Prof. Dr. Bettina Wiegmann, Notfallmedizinerin und Fachärztin für Herzchirurgie an der [Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie](#) der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) seit 2017 im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Towards an implantable Lung“ („Auf dem Weg zur implantierbaren Lunge“) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Mit ihrer Arbeitsgruppe am Niedersächsischen Zentrum für Biomedizintechnik, Implantatforschung und Entwicklung (NIFE) entwickelt sie die sogenannte Biohybridlunge. Als Grundlage dient die extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO). Bei diesem bereits klinisch angewendeten Lungenunterstützungssystem wird das Blut an Kunststoff-Hohlfasermembranen (HFM) vorbeigeleitet, die den Gasaustausch übernehmen.

Jetzt ist die Wissenschaftlerin einen entscheidenden Schritt weiter. Gemeinsam mit Forschenden der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen hat sie eine neuartige Membranarchitektur entwickelt, die den Gasaustausch viel effizienter macht. Diese lässt sich einfach und passgenau im 3D-Druck herstellen, erzielt eine deutlich höhere Sauerstoffübertragung und ermöglicht gleichzeitig eine platzsparende Bauweise. Das Verfahren ist nicht nur für die Entwicklung implantierbarer Biohybridlungen interessant. Es könnte künftig auch herkömmliche ECMO-Systeme leistungsfähiger und kompakter machen. Die Studie ist in der Fachzeitschrift „Advanced Materials“ veröffentlicht worden, einem international renommierten Journal für Materialwissenschaften.

Neue Membranarchitektur

Die bei der ECMO verwendeten HFM ähneln winzigen, parallel nebeneinanderliegenden Strohhalm. Diese Anordnung erzeugt allerdings Verwirbelungen. Die Strömungsverteilung ist somit nicht ideal und begrenzt die Effizienz des Gasaustausches. Außerdem besteht an den Grenzflächen zwischen Blut und den künstlichen Oberflächen eine erhöhte Neigung zu Thrombosebildung. „Bislang können wir mit der ECMO nur für eine gewisse Zeit die Lungenfunktion überbrücken, weil das Blut beim Kontakt mit den künstlichen Oberflächen Gerinnsel bildet“, erklärt Professorin Wiegmann. Sie setzt daher auf eine andere Lösung: eine völlig neue

Membranarchitektur auf Basis sogenannter dreifach-periodischer Minimaloberflächen (Triply Periodic Minimal Surfaces, TPMS). Im Gegensatz zu den dicht gepackten HFM bildet die TPMS-Struktur ein durchgängig dreidimensionales Netzwerk. Dadurch verteilt sich das Blut gleichmäßiger, was einen effizienteren Gasaustausch ermöglicht und zugleich die Grundlage für kompaktere künstliche Lungen schafft.

Bis zu 88 Prozent mehr Sauerstoff

Die TPMS-Strukturen besitzen – ähnlich wie die natürlichen Lungenbläschen – eine sehr große Oberfläche bei gleichzeitig geringem Volumen. So steht auf kleinstem Raum möglichst viel Fläche für den Gasaustausch zur Verfügung. In der menschlichen Lunge sind etwa 100 bis 140 Quadratmeter Atemoberfläche platzsparend in 300 Millionen Lungenbläschen verpackt. Diese Packungsdichte erreichen die TPMS-Strukturen zwar noch nicht, aber sie vermeiden Bereiche mit geringer Blutströmung und verringern Strömungswiderstände. Zudem können sie einfach und individuell mittels modernem 3D-Druck hergestellt werden. „Wir haben die TPMS-Architekturen optimiert. Dadurch erreichen wir eine bis zu 88 Prozent höhere Sauerstoffübertragung als mit herkömmlichen Hohlfasermembranen“, sagt Professorin Wiegmann. „Das bedeutet, dass künftig dieselbe oder sogar eine bessere Sauerstoffversorgung mit deutlich kleineren künstlichen Lungen möglich sein könnte.“

Ziel: CT-Lungenbild als Druckvorlage

Nicht nur die Architektur, auch das verwendete Material eröffnet neue Möglichkeiten. Die TPMS-Membranen bestehen aus **einem speziellen Silikonpolymer**. Es ist biokompatibel, ungiftig und chemisch sehr stabil. **Zugleich ist das Material für Sauerstoff und Kohlendioxid gut durchlässig - eine entscheidende Voraussetzung für einen effizienten Gasaustausch. Es lässt sich zudem** mit Endothelzellen besiedeln. Diese kleiden auch unsere natürlichen Blutgefäße aus und können die Blutgerinnung regulieren. **Dadurch ließe sich die Blutverträglichkeit zukünftiger künstlicher Lungen deutlich verbessern.**

Fernziel der Forschungsbemühungen ist es, anhand computertomografischer (CT) Aufnahmen der geschädigten Lunge eine „Druckvorlage“ zu erstellen und daraus individuell passende künstliche Lungenteile oder ganze Lungen im 3D-Druckverfahren herzustellen. Besiedelt mit körpereigenen oder genetisch veränderten Endothelzellen, könnten die Kunstlungen dann den Patientinnen und Patienten implantiert werden und dauerhaft die Lungenfunktion übernehmen. „Die neue TPMS-Struktur hat aber auch ohne Endothelzellen großes Potenzial“, betont die Wissenschaftlerin. „Schon als Ersatz für die heutigen Hohlfasermembranen könnte sie ECMO-Systeme leistungsfähiger, kompakter und blutverträglicher machen. Langfristig bildet sie zugleich die Grundlage für implantierbare Biohybridlungen.“

Expertise in USA gewürdigt

Professorin Wiegmann hofft nun, dass ihre Arbeit weiter gefördert wird, damit die implantierbare Biohybridlung eines Tages den Weg in die Klinik findet – zunächst als Überbrückung bis zur Lungentransplantation und langfristig als vollwertiger Organersatz. Dass ihre Forschung und Expertise international große Anerkennung finden, zeigt auch eine aktuelle Auszeichnung aus den USA. Die American Society for Artificial Internal Organs (ASAIO) hat die Wissenschaftlerin für ihre Forschungsleistungen, ihr internationales Engagement sowie ihre Beiträge zur Weiterentwicklung biohybrider Organunterstützungssysteme und extrakorporaler Therapieverfahren in die „Inaugural Fellow Class 2026“ aufgenommen. Mit dieser neu geschaffenen und international renommierten Auszeichnung würdigt die Fachgesellschaft weltweit führende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für ihre herausragenden Beiträge zur Entwicklung künstlicher Organe, moderner

Organunterstützungssysteme und innovativer translationaler Therapiekonzepte.

Text: Kirsten Pötzke

SERVICE:

Die Originalarbeit „From Fiber Bundles to Architected Membranes: Triply Periodic Minimal Surface Architectures for Biohybrid Artificial Lungs“ finden Sie [hier](#).