



Für Sport und Physiotherapie



Forschende der ETH Zürich, der Empa und der EPFL entwickeln eine 3D-gedruckte Einlegesohle mit integrierten Sensoren, die das Messen des Sohlendrucks im Schuh und damit während beliebiger Aktivitäten erlaubt. Dies hilft Athletinnen oder Patienten, Leistungs- und Therapiefortschritte zu bestimmen.



Die maßgeschneiderte Einlegesohle mit integrierten Drucksensoren kann den Fußsohlendruck direkt im Schuh bei verschiedenen Aktivitäten messen. Bild: Marco Binelli, ETH Zürich



Im Spitzensport entscheiden manchmal Sekundenbruchteile zwischen Sieg und Niederlage. Um ihre Leistungen zu optimieren, nutzen Sportlerinnen und Sportler deshalb unter anderem maßgefertigte Einlegesohlen. Aber auch Menschen mit Schmerzen des Bewegungsapparates greifen auf Einlagen zurück, um ihre Beschwerden zu bekämpfen.

Um solche Einlagen exakt anzupassen, müssen Fachleute zuerst ein Druckprofil der Füße erstellen. Dazu müssen Sportler oder Patientinnen barfuß

über druckempfindliche Matten gehen, wo sie ihren individuellen Fußabdruck hinterlassen. Aufgrund dieses Druckprofils erstellen Orthopädinnen und Orthopäden dann in Handarbeit individuell passende Einlagen. Optimierungen und Anpassungen brauchen aber Zeit. Weiterer Nachteil: Die druckempfindlichen Matten lassen nur Messungen in einem begrenzten Raum zu, aber nicht während des Trainings oder Outdoor-Aktivitäten.

Nun könnte aber eine Erfindung eines Forschungsteams der ETH Zürich, der Empa und der EPFL die Situation deutlich verbessern: Die Forschenden fabrizierten nämlich mittels 3D-Druck eine maßgeschneiderte Einlegesohle mit integrierten Drucksensoren. Damit kann der Fußsohlendruck direkt im Schuh bei verschiedenen Aktivitäten gemessen werden.

«Man kann anhand der ermittelten Druckmuster erkennen, ob jemand geht, läuft, eine Treppe hochsteigt oder gar eine schwere Last am Rücken trägt. Dann verlagert sich der Druck nämlich mehr auf die Ferse», erklärt Co-Projektleiter Gilberto Siqueira, Oberassistent an der Empa und am Labor für komplexe Materialien der ETH Zürich. Mühsame Mattentests sind damit passé. Die Erfindung wurde vor kurzem in der Fachzeitschrift *Scientific Reports* vorgestellt.



### Ein Gerät, mehrere Tinten

Dabei ist aber nicht nur die Benutzung, sondern auch die Herstellung der Einlegesohlen einfach. Samt den integrierten Sensoren und Leiterbahnen werden sie in nur einem Arbeitsgang und nur auf einem 3D-Drucker hergestellt, einem sogenannten Extruder. Zum Drucken verwenden die Forschenden verschiedene Tinten, deren Rezepturen sie eigens für diese Anwendung entwickelt haben. So nutzen die Materialwissenschaftler als Grundlage der Einlegesohle ein Gemisch aus Silikon und Zellulose-Nanopartikeln.

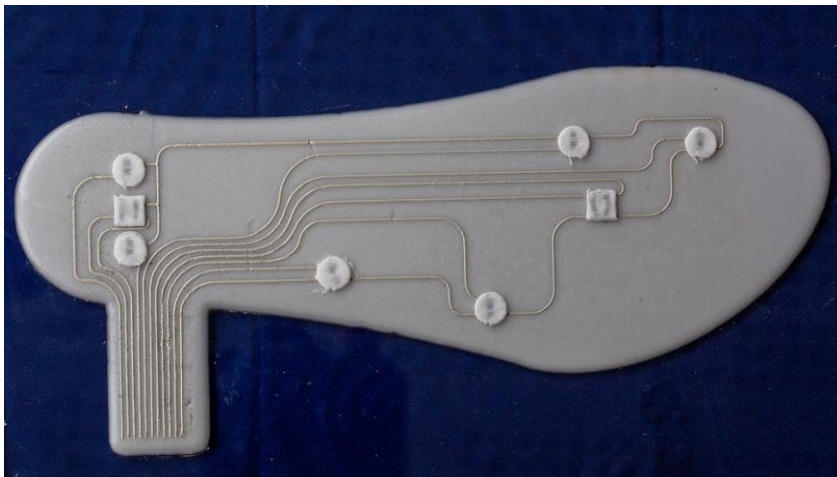
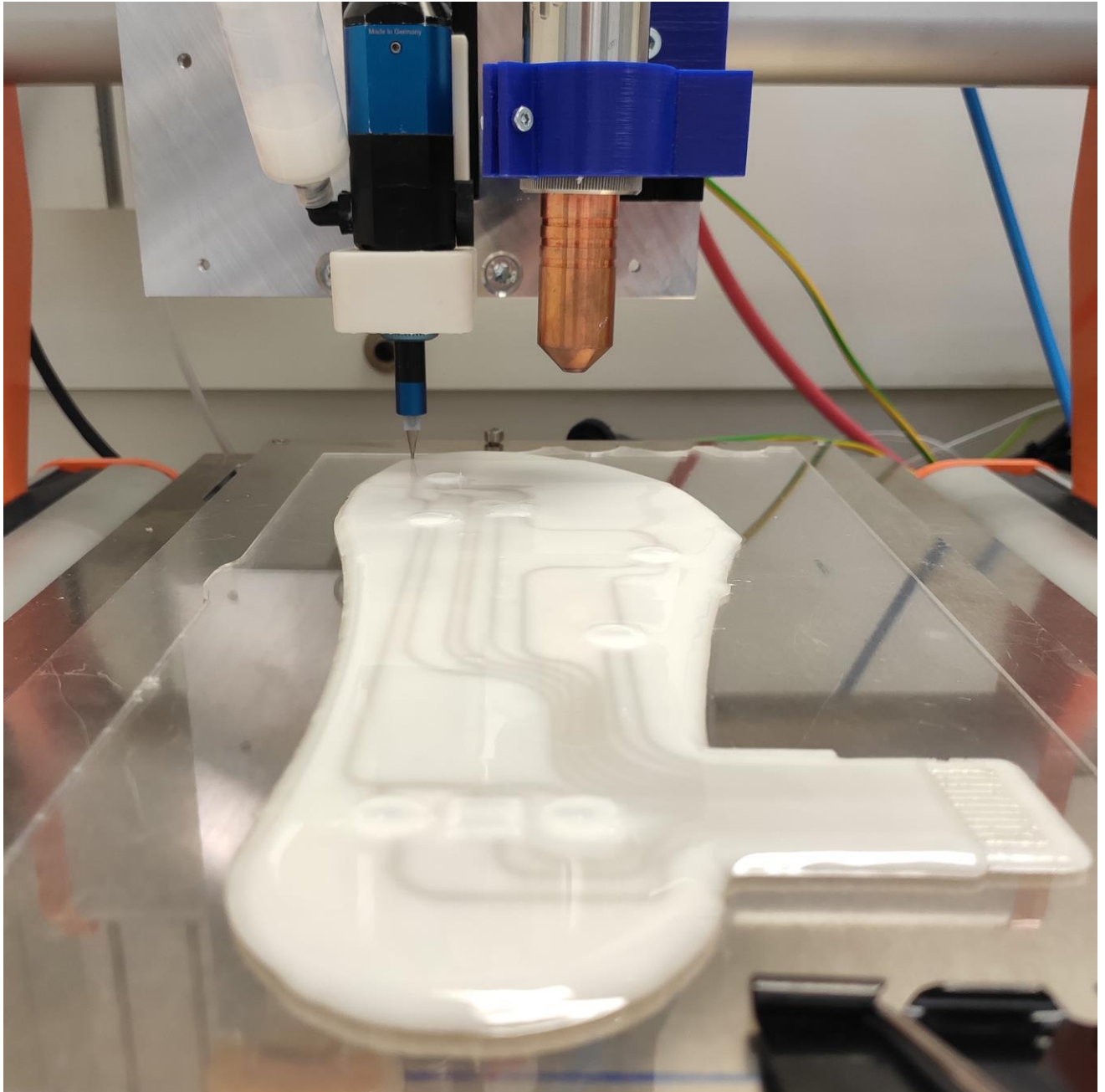


Bild: ETH Zürich

Auf diese erste Schicht drucken sie dann mit einer leitfähigen silberhaltigen Tinte die Leiterbahnen, und auf diese an einzelnen Stellen – mit rußhaltiger Tinte – die Sensoren. Die Verteilung der Sensoren ist dabei nicht zufällig: Sie werden genau dort platziert, wo der Fußsohlendruck am stärksten ist. Um die Leiterbahnen und die Sensoren zu schützen, überziehen die Forschenden diese mit einer weiteren Silikonschicht.

Eine anfängliche Schwierigkeit bestand darin, eine gute Haftung der unterschiedlichen Materialschichten zu erzielen. Die Forschenden behandelten deshalb die Oberfläche der Silikonschichten mit einem heißen Plasma.

Die Sensoren sind sogenannte Piezoelemente, die mechanischen Druck in elektrische Signale umwandeln. Sie messen Normal- und Scherkräfte. Die Forschenden haben auch eine Schnittstelle zum Auslesen der generierten Daten in die Sohle eingebaut.



Im letzten Arbeitsschritt werden die Leiterbahnen und Sensoren mit einer weiteren Silikonschicht überzogen um sie zu schützen.

Bild: Marco Binelli, ETH Zürich

### **Laufdaten bald drahtlos auslesen**

Tests zeigten den Forschenden, dass die additiv gefertigte Einlage gut funktioniert. «Mit einer Datenanalyse können wir also tatsächlich verschiedene Aktivitäten identifizieren, je nachdem, welche Sensoren wie stark angesprochen haben», sagt Projektleiter Siqueira.

Im Moment brauchen er und seine Kolleginnen und Kollegen noch eine Kabelverbindung, um die Daten auszule-

sen. Seitlich der Einlage haben sie einen Kontakt eingebaut. Einer der nächsten Entwicklungsschritte werde sein, eine drahtlose Verbindung zu schaffen. «Das Auslesen der Daten stand bisher jedoch nicht im Vordergrund unserer Arbeit», betont der Forscher.

Eine solche 3D-gedruckte Einlegesohle mit integrierten Sensoren könnte künftig von Sportlerinnen und Sportlern oder auch in der Physiotherapie genutzt werden, etwa um Trainings- oder Therapiefortschritte zu messen. Auf den Messdaten basierend können dann Trainingspläne angepasst und mittels 3D-Druck permanente Schuheinlagen mit unterschiedlich harten und weichen Zonen fabriziert werden.



Obwohl Siqueira das Marktpotenzial für ihre Entwicklung besonders im Spitzensport als groß einschätzt, hat sein Team bislang noch keine Schritte in Richtung Kommerzialisierung unternommen.

An der Entwicklung der Einlegesohle waren Forschende der Empa, der ETH Zürich und der EPFL beteiligt. EPFL-Forscher Danick Briand koordinierte das Projekt und seine Gruppe steuerte die Sensoren bei, die ETH- und Empa-Forschenden die Entwicklung der Tinten und die Druckplattform. Am Projekt beteiligt waren auch das Universitätsspital Lausanne CHUV und die Orthopädiefirma Numo. Gefördert wurde das Projekt im Rahmen der «Strategic Focus Area» Advanced Manufacturing des ETH-Bereichs.

*Quelle: Peter Rüegg, ETH ZÜRICH*

#### Informationen:

Dr. Danick Briand  
EPFL, Soft Transducers Laboratory  
Tel. +41 21 695 45 64  
[danick.briand@epfl.ch](mailto:danick.briand@epfl.ch)

Dr. Gilberto Siqueira  
Empa, Cellulose & Wood Materials  
Tel. +41 58 765 47 82  
[gilberto.siqueira@empa.ch](mailto:gilberto.siqueira@empa.ch)