

Voller Energie:  
Modifiziertes Holz kann  
durch Verformung  
elektrische Spannung  
erzeugen. Reicht ein Tango  
schon für schummriges  
Licht?

Piezoelektrisches Holz

## Strom aus dem Parkett

Forschende der Empa und der ETH Zürich haben Holz in einen Mikrogenerator verwandelt. Wenn es belastet wird, entsteht eine elektrische Spannung. So kann das Holz als Biosensor dienen – oder Energie erzeugen. Der allerneueste Clou: Damit das Verfahren ohne aggressive Chemikalien auskommt, übernehmen in der Natur vorkommende, holzabbauende Pilze die nötige Modifikation.

» Stefanie Zeller / Andrea Six

Dass Holz nicht nur als Baumaterial genutzt werden kann, hat das Team um Ingo Burgert an der Empa und der ETH Zürich schon öfter bewiesen. In den Forschungsarbeiten geht es häufig darum, die vorhandenen Eigenschaften von Holz so zu erweitern, dass es sich für völlig neue Anwendungsbereiche eignet. So entstand beispielsweise bereits hochfestes, wasserabweisendes oder magnetisierbares Holz. Nun hat das Team gemeinsam mit der Empa-Forschungsgruppe um Francis Schwarze und Javier Ribera ein einfaches, umweltfreundliches Verfahren entwickelt, um elektrische Spannung mit einer Art Holzschwamm zu erzeugen, wie sie vor Kurzem im renommierten Fachmagazin «Science Advances» berichteten.

### Spannung durch Verformung

Will man mit Holz eine elektrische Spannung erzeugen, kommt der sogenannte piezoelektrische Effekt ins Spiel. Piezoelektrizität bedeutet, dass durch die elastische Verformung

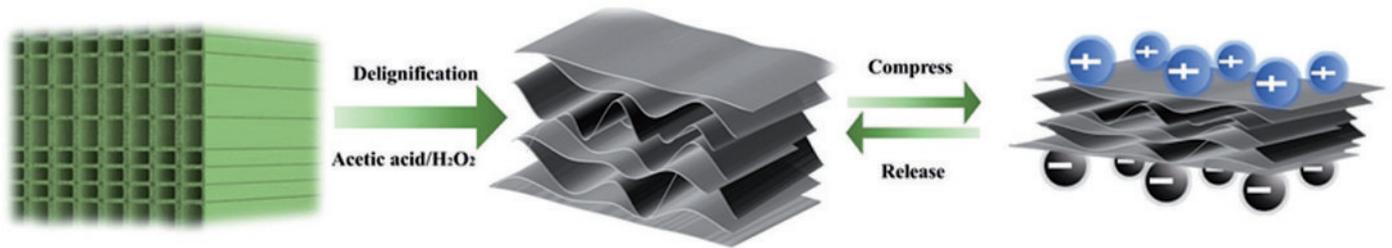
von Festkörpern eine elektrische Spannung entsteht. Dieses Phänomen macht sich vor allem die Messtechnik zunutze, indem sie Sensoren verwendet, die beispielsweise bei mechanischer Belastung ein Ladungssignal erzeugen. Für derartige Sensoren werden allerdings oft Stoffe verwendet, die für den Gebrauch im biomedizinischen Bereich ungeeignet sind, etwa Blei-Zirkonat-Titanat (PZT), das aufgrund des Bleis für den Einsatz auf der Haut nicht in Frage kommt. Ausserdem erschwert es eine ökologische Entsorgung von PZT und Co. Den natürlichen piezoelektrischen Effekt von Holz nutzen zu können, bietet daher bestimmte Vorteile. Weitergedacht könnte der Effekt auch zur nachhaltigen Energiegewinnung dienen. Doch zunächst muss Holz einmal die entsprechenden Eigenschaften erhalten. Denn ohne spezielle Behandlung des Holzes entsteht bei einer mechanischen Beanspruchung nur eine sehr geringe elektrische Spannung im Verformungsprozess.



Schon wenig Druck kann im Holzschwamm eine elektrische Spannung erzeugen.

### Vom Klotz zum Schwamm

Jianguo Sun, Doktorand im Team von Burgert, wendete ein Verfahren an, das die Grundlage für diverse Weiterentwicklungen von Holz bildet: die Delignifizierung. Holzzellwände bestehen aus drei Grundstoffen: Lignin, Hemizellulosen und Zellulose. «Das Lignin benötigt ein Baum in erster Linie, um weit in die



So funktioniert ein piezoelektrischer Nanogenerator: Nachdem die starre Holzstruktur (links) mit einer Säure (oder einem Pilz) aufgelöst wurde, bleiben flexible Zellosoeschichten übrig (Mitte). Beim Zusammenpressen entsteht eine elektrische Spannung.

ACS Nano / Empa

Höhe wachsen zu können. Ohne Lignin als stabilisierenden Stoff, der die Zellen verbindet und das Ausknicken der zugsteifen Zellulosefibrillen verhindert, wäre das nicht möglich», erklärt Burgert.

Um Holz in ein leicht verformbares Material umzuwandeln, muss das Lignin zumindest teilweise «herausgelöst» werden. Dies gelingt, indem man das Holz in eine Mischung aus Wasserstoffperoxid und Essigsäure einlegt. Im Säurebad wird das Lignin herausgelöst, übrig bleibt ein Gerüst aus Zellulosefibrillen. Bei diesem Verfahren ging es Burgerts Team darum, mit relativ einfachen und umweltschonenden Prozessen zu arbeiten: «Wir machen uns die hierarchische Struktur des Holzes zunutze, ohne sie, wie etwa bei der Papierherstellung, zuerst aufzulösen und

die Fasern anschliessend wieder verbinden zu müssen.» Der daraus entstandene weisse Holzschwamm besteht aus übereinanderliegenden, dünnen Zellulosefibrillen, die sich einfach zusammenpressen lassen und sich dann wieder in ihre ursprüngliche Form ausdehnen.

#### Strom aus dem Holzboden

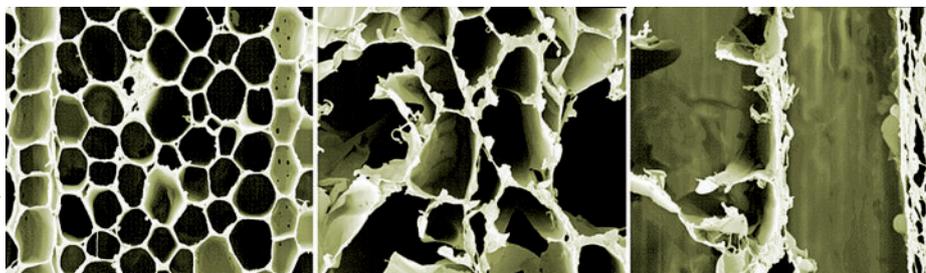
Die Forschungsgruppe unterzog den Testwürfel mit einer Seitenlänge von etwa 1.5 Zentimetern rund 600 Belastungszyklen. Das Material zeigte dabei eine erstaunliche Stabilität. Bei jeder Belastung massen die Forscher eine Spannung von rund 0.63 V – eine Spannung, die für eine Anwendung als Sensor brauchbar wäre. In weiteren Experimenten versuchte das Team, die mögliche Skalierbarkeit dieses

Nanogenerators auszuloten. So konnten sie etwa zeigen, dass dreissig solcher Holzklötze, wenn diese parallel mit dem Körpergewicht eines Erwachsenen belastet werden, bereits ein einfaches LCD-Display zum Leuchten bringen. Denkbar wäre bei einer weiteren Optimierung des Prozesses auch ein funktionalisierter Parkettboden, der die Trittenenergie in Strom umwandelt. Die Tauglichkeit als drucksensitiver Sensor auf der menschlichen Haut testeten die Forscher und zeigten damit, dass auch eine Anwendung im medizinischen Bereich möglich wäre.

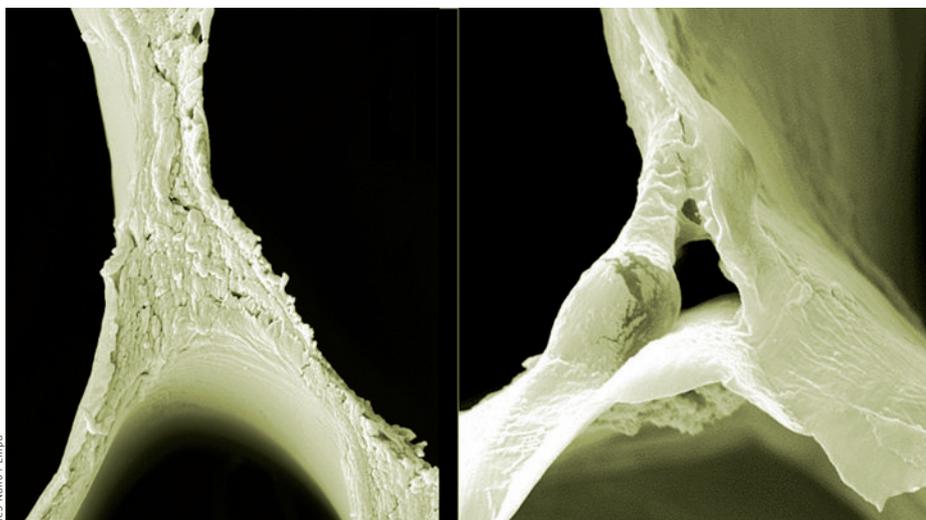
#### Anwendung in Vorbereitung

Die Arbeiten zur jüngsten Publikation des Empa-ETH Zürich-Teams gehen indes noch einen Schritt weiter: Ziel war es, das Verfahren so abzuwandeln, dass es ohne aggressive Chemikalien auskommt. Einen geeigneten Kandidaten, der die Delignifizierung in Form eines biologischen Prozesses vornehmen kann, fanden die Forschenden in der Natur: Der Pilz *Ganoderma applanatum* verursacht Weissfäulnis im Holz. «Der Pilz baut das Lignin und die Hemizellulose im Holz besonders schonend ab», erläutert Empa-Forscher Javier Ribera das umweltverträgliche Verfahren. Zudem lasse sich der Prozess im Labor gut steuern.

Bis zur Nutzung des «Piezo»-Holzes als Sensor oder als stromerzeugender Parkettboden sind zwar noch einige Schritte zu tun. Doch die Vorteile eines so simplen und gleichzeitig nachwachsenden und biologisch abbaubaren piezoelektrischen Systems liegen auf der Hand – und werden nun von Burgert und seinen Kollegen in weiteren Forschungsprojekten untersucht. Und um die Technologie für die industrielle Anwendung zu adaptieren, sind die Forschenden bereits im Gespräch mit möglichen Kooperationspartnern. <<



Nachdem die starre Holzstruktur (links) mit Säure (oder einem Pilz) aufgelöst wird, bleiben flexible Zellulosefibrillen übrig (Mitte / unten).



#### Infoservice

Empa  
Ueberlandstrasse 129, 8600 Dübendorf  
Tel. 058 765 11 11, Fax 058 765 11 22  
www.empa.ch