

# Holz – ein Rohstoff für die Nanotechnologie?

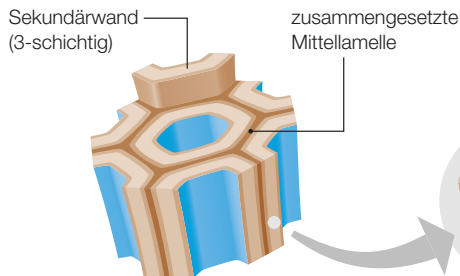
Ausgangslage

Projekt

## Polymere Werkstoffe mit der Zugfestigkeit von Holz

Cellulosefibrillen, die in der Zellwand in eine Lignin-Matrix eingebettet sind, geben Holz Stabilität und verleihen ihm ausserordentlich hohe Zugfestigkeit, Funktionalitäten, wie sie auch für Werkstoffe wünschenswert wären. Gelänge es, das Prinzip zu übertragen und Cellulosefibrillen aus dem Holz in polymere Werkstoffe einzubetten, so entstünden daraus nachhaltige und funktionale Materialien für technische Einsätze unterschiedlichster Art. Am meisten Erfolg versprechen möglichst lang gestreckte und sehr schmale Cellulosefibrillen, deren Durchmesser ca. 5000-mal kleiner sind als der Durchmesser eines menschlichen Haars.

Struktur einer Holzzellwand



**Fasern** mm /  $\mu\text{m}$

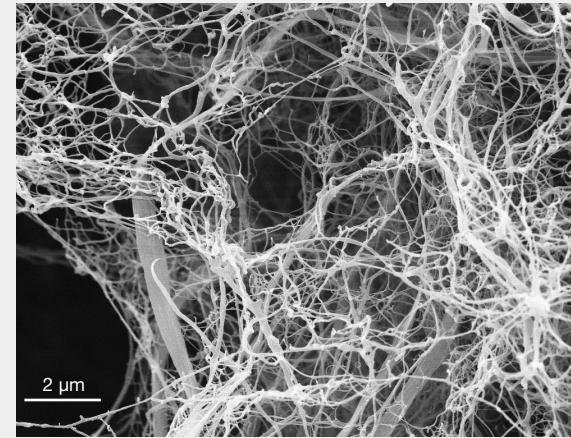
1  $\mu\text{m}$  = 1 Mikrometer = 1/1000000m

## Vom Holz zur Nanofibrille

Ziel einer TopNano21-Machbarkeitsstudie der Empa-Abteilungen «Holz» und «Funktionspolymere» war es, aus dem industriell hergestellten Massenprodukt Zellstoff möglichst lange Cellulosefäden oder fibrilläre Strukturen mit einem Durchmesser von wenigen Nanometern herauszutrennen. Der Zellstoff, ein auf chemisch/mechanischem Weg aus dem Pflanzenmaterial Holz gewonnener Faserstoff, stellt ein äusserst günstiges und nachhaltiges Ausgangsmaterial dar. Durch rein mechanische Prozesse wurden fibrilläre Strukturen mit einem Durchmesser zwischen 20 und 100 nm und attraktiven Längen von mehreren Mikrometern aus dem Zellstoff herausgetrennt. Wurde dem mechanischen Prozess ein chemischer Aufschluss des Zellstoffes vorgeschaltet, ergaben sich feinere fibrilläre Strukturen, aber mit kürzeren Fibrillenlängen. Die Fibrillendurchmesser bewegten sich hier im Bereich von nur noch wenigen Nanometern.

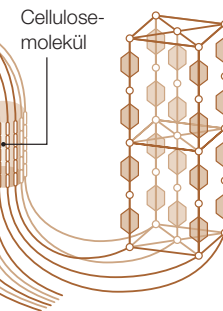
**Fibrillen**  $\mu\text{m}$  / nm

1 nm = 1 Nanometer = 1/1000000000m



Netzstrukturen aus mechanisch aufgeschlossenem Zellstoff. Fibrillenagglomerationen mit Durchmessern zwischen 20 – 200 nm, Längen von mehreren Mikrometern (Aufnahme mit FIB).

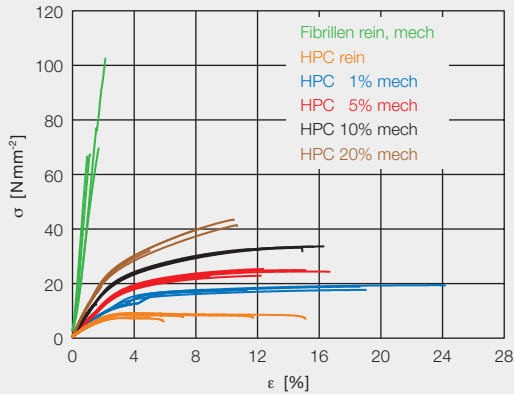
Die Dimensionen und die Morphologie der isolierten Cellulosefibrillen wurden an der Empa elektronenmikroskopisch analysiert. Auch erfolgten chemische Charakterisierungen zur Bestimmung des Molekulargewichtes des Polysaccharides Cellulose (der Grundsubstanz der Fibrillen).



**Kristallstruktur** Å

1 Å = 1 Angström = 0.1 Nanometer

## Holzfasern verstärken Polymere und speichern Wasser



Zugdehnungskurven von Proben aus mechanisch aufgeschlossenen Cellulosefibrillen, vom Polymer Hydroxypropylcellulose (HPC) und von den Kompositen mit unterschiedlichen Fibrillengehalten.

Werden die durch unterschiedliche Methoden isolierten Cellulosefibrillen nun in Polymere wie Polyvinylalkohol oder Hydroxypropylcellulose eingebettet, so zeigen die anschliessenden Untersuchungen: Mit steigendem Fibrillenanteil erhöht sich die Zugfestigkeit der Komposite um das Fünffache gegenüber dem ungefüllten Polymer, selbst wenn die Cellulosefibrillen ungeordnet in der Polymermatrix eingebettet sind.

Im Laufe des Projekts wurden neben der verstärkenden Eigenschaft noch weitere bemerkenswerte Eigenschaften der Cellulosefibrillen herausgearbeitet: Eine intensive mechanische Dispergierung von aufgeschlossenen Cellulosefibrillen in Wasser führt zu einem transparenten, mechanisch stabilen Gel. Dabei sind die Fibrillennetze in der Lage, grosse Mengen an Wasser bei sehr geringem Feststoffanteil (ca. 3 Gew.-%) zu speichern. Diese Funktionalität eröffnet dem Cellulosegel Erfolg versprechende Einsatzbereiche, z.B. als Verdickungsmittel in Dispersionsfarben, wo es hilft, Applikationseigenschaften der Anstrichstoffe massgeblich zu optimieren.

## Mit Nanomaterialien Grenzen überwinden

Neben den bereits etablierten Nanomaterialien sind die Cellulosefibrillen ein weiterer innovativer Bestandteil der Nanoforschung an der Empa geworden. Die Arbeit mit ihnen hat bereits Anerkennung gefunden. So verlieh die Firma Collano, ein führendes Schweizer Klebstoff-Unternehmen, dem Empa-Forschungsteam den «Collano Förderpreis Innovation 2003». Ausgezeichnet werden damit chemisch-technische Innovationen, mit denen die Grenzen von Materialien überwunden werden können.

Die Empa-Forschenden wollen nun mit der Firma Collano im Rahmen eines KTI-Förderprogramms zusammenarbeiten und Fragestellungen im Bereich von Klebstoffen mit Hilfe der Cellulose-Nanofibrillen angehen und lösen. Dazu gehört es auch, die Fibrillenproduktion weiter zu optimieren und stark auszubauen sowie intensiv verschiedene Polymer-Fibrillen-Kombinationen zu erforschen.

Weitere zukünftige Einsatzbereiche für Cellulose-Nanofibrillen sind aufgrund der Fülle an Möglichkeiten noch nicht genau zu benennen. Die Funktionalität des Materials eröffnet jedoch noch viel weitreichendere Anwendungsmöglichkeiten: von der Technik bis zur Medizin.

**Tanja Zimmermann**  
tanja.zimmermann@empa.ch

**Evelyn Pöhler**  
evelyn.poebler@empa.ch

**Dr. Thomas Geiger**  
thomas.geiger@empa.ch