



Bild: Ryuji Nakamura & Associates, Tokyo

Faserbasiertes Sitzen - filigran und stabil  
Papiernahe Idee bis 2030: Faserbasierte  
Leichtbaumaterialien für den Möbelbau

# Forschen für das Papier von morgen

## Ein Ausblick des Cluster Paper & Fiber zum Zukunftsprojekt Faser & Papier 2030

**Drei Institute – Institut für Papierfabrikation und mechanische Verfahrenstechnik (PMV) an der TU Darmstadt, Institut für Makromolekulare Chemie (MAP) an der TU Darmstadt und die Papiertechnische Stiftung, Heidenau und München – haben das „Cluster Paper & Fiber, CPF“ im Zukunftsprojekt „Faser & Papier 2030“ vertreten. Das Projekt hat erfolgreich neue Zukunftsmärkte und Geschäftsmodelle herausgearbeitet und Erkenntnisse für deren Umsetzung abgeleitet. Welcher Beitrag kann dazu durch die Forschung an den Instituten geleistet werden? Welche Voraussetzungen sind dazu notwendig? Wo besteht Handlungsbedarf? Der folgende Beitrag gibt richtungsweisende Antworten.**

### Forschung für die Zukunft

Das „Cluster Paper & Fiber, CPF“ – ein Zusammenschluss von universitären und außeruniversitären Forschungsinstituten<sup>1</sup> war neben den zahlreichen Teilnehmern aus der papierherstellenden und –verarbeitenden Industrie, der Zulieferindustrie und den Verbänden, aktiv durch drei Institute am nationalen Projekt „Faser & Papier 2030“ vertreten. Zentrale Aufgabe des Zukunftsprojekts war es, neue Zukunftsmärkte und Geschäftsmodelle zu diskutieren und daraus Erkenntnisse für eine erfolgreiche strategische Umsetzung möglicher Handlungsoptionen abzuleiten. Die Diskussion zu neuen Zukunftsmärkten war unmittelbar auch mit der Frage verknüpft, was auf der Seite der Forschung an den Instituten hier als notwendiger Beitrag identifiziert werden kann. Diese Diskussion wurde über das Zukunftsprojekt hinaus auch innerhalb des CPF mit allen Mitgliedsinstituten intensiv geführt.

Autor: Prof. Dr. Markus Biesalski, Institut für Makromolekulare Chemie (MAP) an der TU Darmstadt, Co-Autoren: Dr. Frank Miletzky, Papiertechnische Stiftung, Heidenau und München, Prof. Dr. Samuel Schabel, Institut für Papierfabrikation und mechanische Verfahrenstechnik (PMV) an der TU Darmstadt

### Die Autoren

Prof. Dr. Markus Biesalski ist seit 2008 Professor am Institut für Makromolekulare Chemie und Papierchemie an der Technischen Universität Darmstadt und Gründungsmitglied des CPF.



Dr. Frank Miletzky ist seit 2010 Vorstandsvorsitzender der PTS. CPF basiert auf einer Initiative von Herrn Dr. Miletzky.



Prof. Dr. Samuel Schabel leitet seit 2002 das Fachgebiet Papierfabrikation und Mechanische Verfahrenstechnik an der TU Darmstadt und ist ebenfalls Gründungsmitglied des CPF.





**Wirkstoffträger – Fasern sind als Baustein medizinischen Fortschritts unersetzlich**  
**Papiernahe Idee: Selbstklebende Pflaster/Verbandsmaterialien mit entzündungshemmenden, die Wundheilung unterstützenden Wirkstoffen**

## Papiere mit neuen Anforderungsprofilen

Details zur Durchführung des Zukunftsprojekts, zur „Retropolationsmethodik“ sowie die hieraus entwickelten Zukunftsbereiche und Ideen wurden in vorangegangenen Beiträgen zu *Faser & Papier 2030* bereits ausführlich dargelegt und sollen an dieser Stelle nicht noch einmal wiederholt werden.

Stattdessen möchten die Autoren, auch stellvertretend für alle Mitglieder des CPF der Frage nachgehen, wo Forschung an den Instituten insbesondere dazu beitragen kann, viele der Ideen, die im Zukunftsprojekt entwickelt wurden erfolgreich umzusetzen. Viele davon, wie z. B. der Einsatz von Papier in Leichtbauanwendungen, als feuerfeste Baustoffe, in der Möbelindustrie oder als Wundaufgabe oder Sensor in medizinischen Anwendungen bedeuten auch, dass teilweise gänzlich neuartige Anforderungsprofile an Papiere in Zukunft gestellt werden, die von den derzeit verfügbaren Papieren weder umfänglich bedient noch ausreichend charakterisiert werden können.

Heutige Papiere sind in zumeist empirischen und zuletzt auf Kosteneffizienz und Massenproduktion ausgerichteten Entwicklungsprozessen über sehr lange Zeiträume insbesondere für den klassischen Einsatz als graphische Papiere, Hygienepapiere oder Verpackungspapiere optimiert worden.<sup>2</sup>

Entsprechend hat das Zukunftsprojekt auch die Frage adressiert, wie man Papierprodukte möglichst schnell hinsichtlich der Wertschöpfung verbessern und neue Märkte für das „*Papier von 2030*“ erschließen kann. Der somit rasch wachsende Druck, Papier für viele neue Einsatzfelder zu befähigen, erlaubt unserer Industrie nicht, nur quälend langsam im „*Trial-and-Error*“-Verfahren voranzuschreiten.

## Die Wertschöpfungskette im Fokus

Innovationsstrukturen und wissensbasierte Strategien für die zielgenaue Auslegung von Herstellungsprozess und Papierveredelung sind dringend gefragt, bisher jedoch nur limitiert verfügbar. Erst mit ihnen kann aber *Papier* den geforderten rasanten Wandel mitgehen und im Wettbewerb mit den Möglichkeiten z. B. von Kunststoffen, Holzwerk-

stoffen und oder Textilien bestehen. Dies wäre aus verschiedenen Gründen sehr zu wünschen, da Papier einige wirklich einzigartige Eigenschaften besitzt, die es im direkten Vergleich zu den vorgenannten Materialien für bestimmte Anwendungen prädestiniert und bevorteilt: es ist ein Vlies aus Fasern pflanzlicher Herkunft, das prinzipiell durch Aufschwemmung auf Sieben herzustellen ist. Dies unterscheidet Papier insbesondere von Textilien, da durch das einfache Absieben der Fasern ein aufwändiges Weben und ggf. Spinnen von Fäden nicht erforderlich ist, um stabile flächige Verbunde zu formen. Im Vlies zeichnet sich Papier durch eine poröse Struktur mit sehr geringer Dichte aus, die nahezu keine thermische Ausdehnung zeigt, was vielfältige Möglichkeiten der weiteren Veredelung eröffnet. Neben dieser Veredelung ist die Übertragung seiner Charakteristika wie z. B. der Porenstruktur auf andere Werkstoffklassen ein hoch innovatives und äußerst herausforderndes Feld, was aber in diesem Bericht nicht weiter beleuchtet werden soll.

## Identifikation wichtiger Forschungsfelder

Innerhalb des CPF wurden die Erkenntnisse aus dem Zukunftsprojekt in der Diskussion zu zukünftigen Forschungsaufgaben in folgende drei Bereiche gegliedert:

### **Mikroskopische Papiereigenschaften besser verstehen und maßschneidern**

Eine ganze Reihe an fundamentalen Eigenschaften sind aus wissenschaftlicher Sicht bis heute zu großen Teilen unverstanden. Dies gilt insbesondere für solche, die sich auf einer mikroskopischen Größenskala abspielen. Hierzu zählen zum Beispiel:

- die Nassfestausrüstung von Papieren
- die Imbibition komplexer Fluide in den Porenraum von Papier, bzw. das kapillare Befüllen von Papieren mit komplexen Fluiden oder
- die Entflammbarkeit von Papieren.

Solche Eigenschaften und deren Verständnis sind unerlässlich für Anwendungen, wie zum Beispiel den Einsatz von Papieren als Verstärkermatrix in neuen Baustoffen, oder in der Möbelindustrie.

### **Chemische und physikochemische Eigenschaften von Oberflächen und Grenzflächen in Papier**

Eine ganze Reihe an Ideen, wie sie im Zukunftsprojekt ausgearbeitet wurden, basiert darauf, dass Papiere der Zukunft über (komplexe) Oberflächeneigenschaften verfügen, welche bisher nicht trivialerweise darstellbar sind.

Beispiele reichen von Tapeten, welche das Raumklima durch dynamisch und reversible Wasseraufnahme/-abgabe adjustieren, bis hin zu Papier verstärkten Werkstoffen, welche z. B. über antibakterielle Eigenschaften verfügen und in Bereichen eingesetzt werden, in denen keimarme Bedingungen gebraucht werden (z. B. Krankenhäuser, Altersheime etc.).



  
**V.I.T. Papertec AG**  
 JUST EFFICIENT

Tel. 07156 1755-120 | [www.papertec.org](http://www.papertec.org)

**Starker Partner der  
Papierindustrie**



**Funktionale Renaissance für faserbasierte Werkstoffe in Zukunftsstadt und Architektur**  
**Papiernahe Idee bis 2030: Feuerbeständige Papierwolle zur Isolierung, Wärmedämmung**  
**oder als (Teil-)Brandwand in Gebäuden**



**Olympiasieger Marcel Hacker testet das Papier-Boot. Es besteht aus einem Papier-Epoxy-**  
**Komposit, und wurde für die „Ideen Expo 2015“ von einem Konsortium aus Verbänden,**  
**Industrie, der BBG Bootsbau Berlin und der TU Darmstadt hergestellt.**

Gerade bei derartig hochspezialisierten Materialien und Werkstoffen kann der Einsatz von funktionalen Faserstoffen, die gezielte Funktionalisierung von konventionellen Fasern, aber auch die Verwendung funktionaler Barrierschichten als Deckstrich ein interessanter und erfolgversprechender Ansatz sein.

Letzteres funktioniert aber nur dann, wenn in Zukunft neben anwendungsnahen Entwicklungsarbeiten auch ein grundlegendes wissenschaftliches Verständnis zur Struktur-Eigenschaftsbeziehung dieser „Funktionalen Papiervliese“ erarbeitet wird, da Papierfasern und -vliese grundsätzlich eine komplexe Grenzflächenchemie und -topologie besitzen.

Die häufig nicht homogene Grenzflächenchemie resultiert vor allem aus der je nach (i) Position im Zuckerbaustein der Cellulose ( $C^2$ ,  $C^3$ ,  $C^6$ ), (ii) morphologischer Einbettung des betrachteten Cellulosesegments (im Kristallit, an der Kristallit-Oberfläche oder im Amorphen) und (iii) topologischer Umgebung des morphologischen Elements (oberflächennah, porennahe oder porenfern im Inneren des Blattes, etc.), sehr unterschiedlichen Reaktivität der Hydroxylgruppen bzw. der daraus nach Substitution oder Derivatisierung erzeugten Funktionalitäten.

Möchte man gezielt diese chemischen Gruppen modifizieren, so müssen diese Gruppen „erreichbar“ sein. Insbesondere die Topologie kontrolliert die Erreichbarkeit chemischer Funktionalitäten und hat darüber hinaus maßgeblichen Einfluss auf viele makroskopische Eigenschaften der Fasern und Vliese, wie Festigkeit, Transparenz, Anfärbbarkeit, Benetzbarkeit, Kapillareffekte, Durchströmbarkeit, Retention, Permeation, Separation, Kapillarkräfte, Adhäsion oder Abbaubarkeit.

### **Mechanische Eigenschaften von Papier und Papierhybridmaterialien**

Ein zunehmend großer Bereich zukünftiger Papieranwendungen ist der Einsatz von Papier als Verstärkungsfasern in Kompositmaterialien und Bau- sowie Werkstoffen. Bereits heute sind in vielen Bereichen unseres täglichen Lebens faserbasierte Werkstofflösungen und Produktinnovationen sehr gut vorstellbar.

Die Forschung in diesem Bereich, welche gerade in den vergangenen Jahren ein zunehmendes Interesse erfährt, wendet sich solchen Fragen zu, wie z.B. Fasermorphologie und Orientierung im Faservlies mechanische Eigenschaften der resultierenden Kompositmaterialien beeinflussen.

Aber auch die Morphologie der Einzelfaser hat einen unmittelbaren Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften. Das gleichzeitige Vorliegen von kristallinen und amorphen Cellulosen in den Papierfasern sowie an Fasergrenzflächen kann in ihren Anteilen, Ausdehnungen und

räumlichen Verteilungen äußerst vielfältig sein. Diese morphologischen Unterschiede wirken sich insbesondere auf physikalische Größen wie Hydrophilie, Quellbarkeit, und die Faser-Faser Bindung aus.

Nur wenn wir in Zukunft verstehen, wie sich Skalen-übergreifend morphologische und topologische Aspekte der Einzelfaser und des Gesamtvlies auf die mechanischen Eigenschaften auswirken und wir in der Lage sein werden, diese in kontrollierter Weise zu steuern, sind Alternativen zu Glas- oder Carbonfaser verstärkten Baustoffen auf Basis von Papiervliesen erfolgreich zu entwickeln.

Hierzu sind wichtige Forschungsarbeiten erforderlich, um Anforderungen beanspruchungsgerecht und richtig dimensioniert in Produktdesign umsetzen zu können. Dem Konstruieren mit Papier muss ein materialwissenschaftliches Verständnis zur Einzelfaser, zum Faserverbund und ggf. zum Kompositwerkstoff voran gehen, einschließlich der notwendigen Prüf- und Charakterisierungsmethoden.

Ein Beispiel für erste Schritte in diese Richtung ist ein Rennruderboot aus einem Papier-Epoxy-Komposit, welches für die „Ideen Expo 2015“ von einem Konsortium aus Verbänden, Industrie, der BBG Bootsbau Berlin und der TU Darmstadt hergestellt wurde.

### **Fazit**

Das Zukunftsprojekt Faser & Papier 2030 hat viele neue Ideen hervorgebracht und Bereiche identifiziert, in denen sehr gut vorstellbar ist, dass Papier in 2030 als Material und Werkstoff oder als funktionales Element etabliert sein kann.

Unsere Ausführungen sollen aber auch darauf hinweisen, dass es dringend notwendig ist eine Wissensgrundlage zu schaffen, welche neuen, innovativen Papieren sowie Papier-abgeleiteten Hybridmaterialien durch die richtige Wahl von Einsatzstoffen, Herstellungs- und Nachbehandlungsverfahren von Anfang an die geforderte Performance gibt.

Die Schaffung dieses Wissens kann nur dann langfristig auch erfolgreich in Innovationen und in neue Produkte überführt werden, wenn von Anbeginn der Arbeiten Forschungsinstitute und Industriepartner eng miteinander kooperieren. Dass dies in hervorragender Weise funktioniert, haben gerade die Mitglieder des Zukunftsprojekts in den 15 Monaten der fruchtbaren Zusammenarbeit gezeigt. Jetzt gilt es, dieses Momentum aufrecht zu erhalten, um in Zukunft dem Material „Papier“ eine ihm zustehende hohe Wertschöpfung zu verleihen.

### **Literaturhinweise**

- 1 <http://www.ptspaper.de/forschung/forschungs-netzwerk/cluster-papierforschung/>
- 2 Buchserie: Paperi ja Puu Oy, Papermaking Science and Technology, 2. Aufl., 2010, Helsinki, Finnland, ISBN 978-952-5216-00-4.