



Papier und Karton haben ihre Tüchtigkeit als Möbel längst unter Beweis gestellt. Inzwischen geht es aber noch um weit mehr als Pappmöbel. Denn der Rohstoff Holz scheint noch ganz andere Qualitäten zu haben als bisher bekannt. Von immerhin einem Ersatz für Kunststoffe ist die Rede.

PAPIERINDUSTRIE

# Die neue Rolle von Holz und Papier

Zehn Jahre schon hält die strukturelle Erosion bei der Papiernachfrage an und dürfte bei den Papierherstellern längst die Frage aufgeworfen haben, ob sich neue Anwendungen für ihren alten Werkstoff finden lassen? Oder: Was ausser Zellstoff und Papier lässt sich aus dem Rohstoff Holz noch herstellen? Was gleichzeitig bedeutet, dass die über Jahrzehnte stabilen Geschäftsmodelle der Papierhersteller und ihrer Händler zumindest in Teilen zur Disposition stehen.

Von Klaus-Peter Nicolay

Darauf deutet einiges hin. Denn dass ein gewaltiger Umbruch eingesetzt hat, ist schon seit Jahren zu spüren. Zwar hatte sich das «Innovationsgeschehen» der Papierindustrie bisher auf neue Sorten, auf die Produktivität des Herstellungsprozesses und die Senkung des Ressourcenverbrauchs – sprich Umweltschutz und Nachhaltigkeit – konzentriert. Doch dabei blieb alles weitestgehend im bekannten Tätigkeitsbereich Papier und Karton.

Jetzt aber werden Papier und sein Rohstoff Holz gerade neu entdeckt. Neben dem Kerngeschäft Papier steht die Suche nach neuen Märkten und neuen Produkten im Fokus. Auch wenn es keiner offen kommuniziert, stehen wir am Beginn einer gewaltigen Transformation der Papierindustrie.

So steht die Papierindustrie vor einem Wandel, der seinesgleichen sucht. Dabei geht es aber nicht um den Herstellungsprozess an sich. Denn am Verfahren, lange und kurze Zellstofffasern in unterschiedlichem Mischungsverhältnis mit viel Wasser zu einem Brei zu vermischen und dann durch Entwässern, der Zugabe von Chemikalien, Leim und anderen Stoffen zu Papier zu verarbeiten, hat sich wenig geändert. Der Prozess wurde zweifellos verfeinert, Sensoren überprüfen heute permanent die Papierqualität, Wasser und Energie werden immer effizienter eingesetzt – aber im Prinzip machen alle Papierhersteller das Gleiche wie seit 150 Jahren.

## Neue Ideen für einen alten Prozess

So reiht sich auch das gelegentlich als revolutionär apostrophierte Graspapier in eine lange Kette von Entwicklungen ein, Papier aus verschiedenen Pflanzenfasern herzustellen.

Weit vor der Jahrtausendwende nutzten die Ägypter Papyrus als Basis für die Herstellung von Papier und die Chinesen Fasern der Rinde des Maulbeerbaums als Rohstoff. Baumwoll-, Leinen- und Flachslumpen waren danach über Jahrhunderte die massgebliche, aber immer knapper werdende Rohstoffbasis. Daher experimentierte JACOB CHRISTIAN SCHÄFFER 1760 mit Pappelwolle, Moos, Hopfen, Weinreben, Disteln, Mais, Stroh, Torf, Tannenzapfen, Sägespänen und vielerlei mehr, um daraus Papier herzustellen – was aber an der mangelnden Qualität des Endproduktes scheiterte. Den Durchbruch für eine neue Rohstoffbasis schaffte 1843 FRIEDRICH GOTTLÖB KELLER, dem es gelang, aus einem Holzbrei Papier herzustellen. Mit der Nutzung des nachwachsenden Rohstoffes Holz war das Problem gelöst. Bis heute.

---

Natürlich wurde der Herstellungsprozess permanent optimiert, aber im Prinzip macht die Papierindustrie das gleiche wie vor 150 Jahren.

---

Was aber immer auch gerne zur Verwirrung beiträgt. So werden etwa sogenannte holzfreie Papiere zwar nicht oder nur zu einem kleinen Teil aus Holz hergestellt, dafür aber aus gebleichtem Zellstoff. Der Anteil von Holzstoffen am gesamten Faserstoffanteil des Papiers darf dann maximal 5% betragen. Es müsste also eigentlich Holzstoff-frei heissen. Allerdings wird der eingesetzte Zellstoff aus Holz hergestellt.

>



Dennoch gibt es Papiere, die ausser Holzschliff oder Zellstoff weitere Ingredienzen enthalten.

So gibt es Papier von *Gmund* oder *Hahnemühle* aus Hanf. Hanf ist eine widerstandsfähige und schnell wachsende Pflanze, deren Anbau keinen Einsatz von Pestiziden erfordert. Hanf liefert dabei die drei- bis vierfache Menge an Fasern im Vergleich zu traditionellen Wäldern.

Die italienische Papierfabrik *Favini* fügt ihrem Papier *Remake* Reste aus der Lederproduktion zu und andere bieten Papiere mit einer Beimischung von landwirtschaftlichen Abfällen oder – wie etwa *Gmund* bei seinem *Bierpapier* – Resten der Bierherstellung.

---

## Papier ist seit 2.000 Jahren bekannt. Doch hat die Forschung Papier bisher nur als Informationsträger untersucht. Das ändert sich jetzt.

---

Jüngster Zugang solcher «Kuriositäten» ist *Crown Native* des niederländischen Papierherstellers *Crown van Gelder*, der diese neue Sorte unter Beigabe von Zuckerrüben-Schnitzeln seit Januar 2021 anbietet. Bisher wurden Rübenschnitzel häufig zu Tierfutter verarbeitet oder in Biogas umgewandelt. Durch die Verwendung im Papier wird der Zuckerrübenzellstoff als ehemaliges Lebensmittelprodukt eingestuft und ist daher für Lebensmittelverpackungen zugelassen. Die neue Produktlinie verwendet durch den Zusatz von 20% Rübenschnitzel weniger Holzfasern und erzielt eine um 16% geringere Umweltbelastung im Vergleich zu herkömmlichem Papier, so der Hersteller.

Was aber wiederum unterstreicht: All diese Papiere (auch das viel beworbene Graspapier) kommen nicht ohne Holzfasern oder Zellstoff aus – und sind trotz kerniger Werbesprüche auch nicht viel nachhaltiger als herkömmliches Papier.

### Holz ist nachwachsender Rohstoff

Doch die Überlegungen der Papierindustrie sind weit radikaler und beschränken sich nicht auf die Zugaben zum traditionellen Herstellungsprozess. «Ich glaube, dass alles, was heute aus fossilen Rohstoffen hergestellt wird, in Zukunft aus Holz gemacht werden kann», ist **KARL-HENRIK SUNDSTRÖM**, der ehemalige CEO von *Stora Enso*, überzeugt. Er stand dem schwedisch-finnischen Forstunternehmen, Zellstoff- und Papierhersteller bis Ende 2019 vor und brachte den Transformationsprozess der Branche auf den Punkt: «Erdöl ist auch nur Holz, das Millionen von Jahren hohem Druck ausgesetzt war.»

**SUNDSTRÖM** zufolge müssen fossile Rohstoffe rasch gegen erneuerbare Stoffe ausgetauscht werden. «Holzbasiertes Material kann wiederverwertet werden. Und Bäume kann man immer wieder neu pflanzen.»

### Die neue Rolle von Holz

Wie recht er damit hat, wird deutlich, wenn man sich mit dem Rohstoff Holz genauer beschäftigt. Chemiker antworten auf die Frage, woraus Holz besteht, typischerweise: aus Kohlenstoff (50%), Sauerstoff (43%) und Wasserstoff (6%). Der Rest (ca. 1%) verteilt sich auf mineralische Bestandteile und Stickstoff.

Dabei ist das nur die halbe Wahrheit. Denn damit Holz zu dem festen, stabilen und widerstandsfähigen Stoff werden kann, wie wir ihn kennen, benötigt es Zellen, die zunächst einmal aus sehr viel Wasser bestehen. Die Zellwände jedoch verleihen dem Holz seine typische Struktur.

Verantwortlich dafür sind die Substanzen Cellulose, Hemicellulose und Lignin, die ein natürliches Verbundmaterial bilden. Cellulose ist die Gerüstsubstanz der Zellwände, während Hemicellulose gemeinsam mit dem Lignin für deren Festigung sorgen.

Dazu sollte man wissen, dass ein Baum im Schnitt einen Cellulose-Anteil von (je nach Holzart) 35% bis 40% hat und 25% bis 35% Hemicellulose. Das Bindemittel Lignin macht weitere 20% bis 30% aus. Lignin und Hemicellulose werden bisher hauptsächlich zur Energiegewinnung verbrannt.

Inzwischen werden diese Substanzen aber auch sinnvoller eingesetzt. So findet Hemicellulose unter anderem bei der Herstellung von Süssungsmitteln seinen Einsatz und hat zudem grosses Potenzial als Rohstoff für viele Chemikalien. Cellulose wird in Verbundwerkstoffen verwendet, die beliebig formbar sind. Nanocellulose, eine Sonderform der Cellulose, ist ideal für die Herstellung von leichteren Verpackungen, dünneren Folien und ähnlichen Produkten geeignet. Zudem kann Nanocellulose Kunststoffe in vielen Bereichen ersetzen.

Aus dem Bindemittel Lignin werden Harze und Klebstoffe etwa für die Bauindustrie gefertigt. Es können aber auch Carbonfasern (Kohlenstofffasern) daraus hergestellt werden, was Lignin zu einer potenziellen Alternative zu Stahl macht.

### Flüssigholz: nachhaltige Alternative zu Kunststoff?

Und Lignin hat weitere interessante Aspekte. Als möglicher Kandidat für eine ökologische Alternative zu herkömmlichem Plastik bietet sich Holz an. Das klingt erst einmal seltsam, da Holz ganz andere Eigenschaften als Plastik hat, doch aus Holz lässt sich tatsächlich ein Material herstellen, das man wie Kunststoff erwärmen, in Form giessen und aushärten lassen kann. Aufgrund dieser Eigenschaft bezeichnet man das Material als Flüssigholz.

Dabei lässt sich Flüssigholz aus Holzmehl oder -spänen herstellen – oder aber aus dem Bindemittel Lignin.

Flüssigholz auf Basis von Holzmehl ist das Material *Fasal*, das am interuniversitären *Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie (IFA)* in Tulln bei Wien entstanden

ist. Es basiert auf 50% Holzspänen oder -mehl, cellulosereichen Fasern wie Hanf oder Flachs und Stärke als Bindemittel.

Lignin als wichtigster Bestandteil von Holz ist eine potenzielle Quelle für Plastikersatz aus nachwachsenden Rohstoffen. Forscher des *Fraunhofer Instituts für chemische Technologie* haben schon vor etwa 30 Jahren ein Flüssigholz namens *Arboform* auf Basis von Lignin entwickelt. Auch *Arboform* enthält neben Holzbestandteilen cellulosereiche Fasern wie Hanf.

Dem Flüssigholz werden in vielen Belangen plastikähnliche Eigenschaften attestiert – und es lässt sich auch wie dieses verarbeiten. Aus Lignin entsteht bei etwa 170 °C eine zähflüssige Masse, die sich mit stabilisierenden Fasern mischen, in Form giessen und aushärten lässt.

Das Material findet Verwendung für Musikinstrumente, Kuchenformen, Brillengestelle und Kosmetikfläschchen. Nach dem Bericht *«Flüssigholz – Ein Überblick»* der *FH Kaiserslautern* eignet sich Flüssigholz darüber hinaus als Furnier-Ersatz, als Gehäuse für Elektrogeräte, für Möbel und Spielzeuge.

Flüssigholz ist also vielseitig einsetzbar und kann vor allem Hartplastikprodukte ersetzen.



#### Papier hat noch Tausende Geheimnisse

«Wir kennen Papier seit 2.000 Jahren, aber es ist enorm komplex. Die Forschung war lange darauf ausgerichtet, Papier als Informationsträger zu verwenden, erst später kamen Verpackung und Hygieneartikel dazu. Jetzt geht die Forschung auch in andere Richtungen. Deshalb werden wir in einigen Jahren bei den Möglichkeiten der Formgebung und Resistenz von Papier deutlich weiter sein. Damit wird Papier mit bestimmten Kunststoffen konkurrieren», erläutert MARKUS BIESALSKI. Der Professor für makromolekulare Chemie an der *Technischen Universität Darmstadt* ist in zahlreiche Forschungsprojekte involviert und einer der wichtigsten Wissenschaftler auf diesem Fachgebiet.

*Flüssigholz kann beispielsweise für Blockflöten und andere Musikinstrumente verwendet werden oder aber für Brillengestelle.*

>

## Schneiden, Rillen, Kiss-Cutting, Fräsen

Sinajet überzeugt durch Präzision und Flexibilität



Schnittgenauigkeit: < 0,1 mm  
 Schneidformate: von 1500 x 1300 mm bis 2500 x 2000 mm  
 Materialdicke: bis 25 mm je nach Material/Werkzeug  
 Substrate: Papier, Etiketten, Karton, Wellpappe, PVC, Plexiglas, Forex, Alu Dibond, Schaumstoff, Holz, etc.



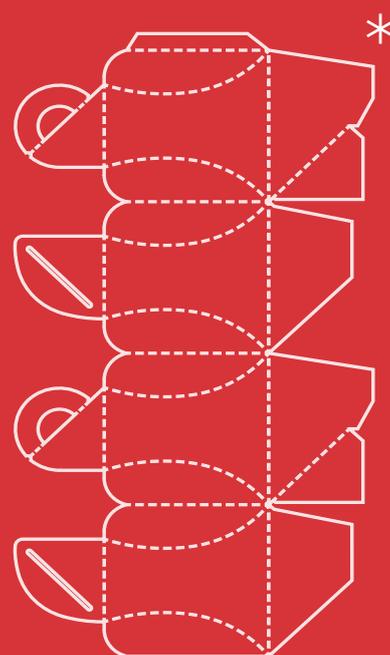
### Gietz & Co AG

Brüttsellerstrasse 8  
 CH-8305 Dietlikon  
 Schweiz

+41 44 835 33 33  
 info@gietz.com  
 www.gietz.com

## SINAJET

DIGITALSCHNEIDPLOTTER



\*Falls Sie keine Zeit zum Ausschneiden finden, übernimmt die Sinajet diese Arbeit mit Leichtigkeit.

«Papier ist ein superspannendes Material, das immer noch Tausende Geheimnisse hat. Wir wissen noch lange nicht alles», sagt er. «Insbesondere seine Struktureigenschaften werden derzeit intensiv erforscht. Wenn wir sie besser verstehen, können wir über ganz neue Anwendungen des Materials nachdenken.»

#### Noch lange nicht ausgereizt

Was alles vorstellbar ist, erinnert dabei eher an Science-Fiction als an traditionelle Anwendungen. Kaum zu glauben jedenfalls, dass Papier bisher nur zweidimensional bedruckt, als Verpackungsmaterial und für Hygieneartikel benutzt wurde. Doch einige dieser neuen Anwendungen sind bereits in konkrete Projekte eingeflossen, sind greifbar nahe oder schon als Produkte am Markt.

---

Statt nur zu Papier verarbeitet zu werden, kann Holz künftig Aufgaben in der Medizin, bei Textilien und bei Treibstoffen übernehmen.

---

Die *Katz GmbH*, Tochtergesellschaft der Papierfabrik *August Koehler*, die seit mehr als 100 Jahren Bierdeckel herstellt und hier als Marktführer gilt, produziert seit einigen Jahren auch Schalldämmplatten aus Pappe, die unter Laminatböden verlegt werden und Polyethylen-Schaumplatten ersetzen.

Kartonhersteller geben viel Geld aus, um herauszufinden, wie sich ausser Papphockern komplexe Möbel herstellen lassen. Noch ist das ein Nischenmarkt, aber das kann sich mit zunehmender Stabilität der Kartons ändern. *Metsä Board* arbeitet schon seit einigen Jahren an leichteren, so genannten Light Weight Kartons, die trotz geringerer Grammatik ein Mehr an Stabilität bieten. Und von Anwendungen in der Verpackung zum Hochleistungsleichtbau zum Beispiel im Automobilbau ist es nicht mehr weit.

Auch Wohncontainer lassen sich auf Papierbasis entwickeln – für den Einsatz in Katastrophengebieten etwa. Die Anforderungen sind indes hoch: Pappcontainer sollen besseren Schutz als Zelte bieten, leicht transportierbar und bezahlbar sein. Und natürlich sollten sie Regen, Sonne und grosse Temperaturunterschiede aushalten. Erste Prototypen sind bereits fertig. PROF. BIESALSKI kann sich vorstellen, dass sie in absehbarer Zeit in die Fertigung gehen. Das *Technische Hilfswerk* als potenzieller Anwender sei von Anfang an als Berater bei dem Projekt dabei. Beteiligt seien ausserdem Architekten, Statiker, Bau- und Papieringenieure. «Das ist Grundlagenforschung. Wir müssen die Struktureigenschaften und das komplizierte Wechselspiel zwischen Beschichtung und Verformung des Materials besser verstehen», sagt PROF. BIESALSKI. Er ist überzeugt, am Anfang einer weitreichenden Entwicklung zu stehen.

#### Bio-Kunststoffe aus Holz

Epochemachende Entwicklungen vollziehen sich auch bei einigen Papierherstellern. So hat der finnische Papierkonzern *UPM* im Oktober 2020 den ersten Spatenstich für den Bau einer bisher einzigartigen Bioraffinerie gesetzt. Ab 2022 sollen in Leuna in Sachsen-Anhalt aus nachhaltig erwirtschaftetem Laubholz Biochemikalien gewonnen werden, die Anwendungen wie Textilien, Kunststoffe, Gummi, Kosmetika und Medikamente ermöglichen sollen. Insgesamt 550 Mio. € investiert *UPM* in den Bau der Bioraffinerie.

*UPM* geht damit den nächsten Schritt in der Weiterentwicklung des eigenen Geschäfts von der reinen Papier- und Zellstoffherstellung hin zum Anbieter von Bioökonomielösungen auf Basis von Holz aus regionalen Wäldern. «Unser Bestreben ist es, Innovationen für eine Zukunft ohne fossile Rohstoffe zu schaffen. Die Bioraffinerie markiert daher einen Meilenstein unserer Unternehmenstransformation», betont *UPM* Executive Vice President Technology JYRKI OVASKA.

Daneben treibt *UPM* auch die Herstellung von Bio-Treibstoffen voran, die ebenfalls aus Pflanzen hergestellt und deren Rohstoffe über Bioraffinerien gewonnen werden.

#### Papier ist keineswegs nur Totholz

Derzeit gehen einige Papierhersteller neue Wege. Dabei geht es nicht zuletzt um das Ersetzen von Kunststoffen und generell von fossilen Stoffen.

Denn die Vorteile von Papier gegenüber Kunststoffen liegen auf der Hand. Es wird aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt, lässt sich problemlos wiederverwerten oder entsorgen, ist leicht, stabil und vielseitig. Ob sich Papier gegenüber Plastik durchsetzt, hängt letztlich aber auch von politischen Vorgaben ab.

Doch die aktuellen Entwicklungen sind schon spannend genug. So wird daran gearbeitet, Pflanzenbeete auf Papierbasis mit eingekapselten Samen und Nährstoffen herzustellen, Gewächshäuser, die statt Plastikplanen beschichtetes Papier verwenden, oder Mulchpapiere zur Unkrautbekämpfung.

Interessante Anwendungen wurden auch für die Medizin bereits entwickelt. Antibakterielle Oberflächen zur Verbesserung der Hygiene, Verpackungen für Medikamente, die sich nach Ablauf des Verfallsdatums verfärben, Papiere, die in der medizinischen Diagnostik als Teststreifen für einfache Flüssigkeitstests dienen.

Im Innenausbau sind Tapeten auf Papierbasis denkbar, die das Raumklima und die Luftfeuchtigkeit regulieren, die antibakterielle Eigenschaften haben, die lichtgebende Fähigkeiten mitbringen oder Lautsprecher ersetzen. Die entsprechenden Eigenschaften könnten in den Fasern des Papiers enthalten sein – andere Eigenschaften können durch Druck oder Veredelungen dazukommen.



# DIE DRUCKERSPRACHE

DAS IDEALE GESCHENK FÜR JÜNGER UND ÄLTERE  
DER SCHWARZEN KUNST

## CICERO



Zwölf der bekanntesten Begriffe der Druckersprache wie Aushängebogen, Ausschlachten, Blockade, Cicero, Hochzeit, Jungfrau, Schimmelbogen, Schnellschuss, Schweizerdegen, Speck, Spiess und Zwiebfisch umfasst dieser Zyklus mit Zeichnungen von Carl Fritz Nicolay und passenden, zeitgemässen Texten.

Jedes Blatt im Format 30 cm x 42 cm. Einzel zu beziehen für 15,00 € je Blatt oder 12 Blätter im Set für 150,00 € plus Versandkosten.