

# Papier

## Seit 2000 Jahren unentbehrlich

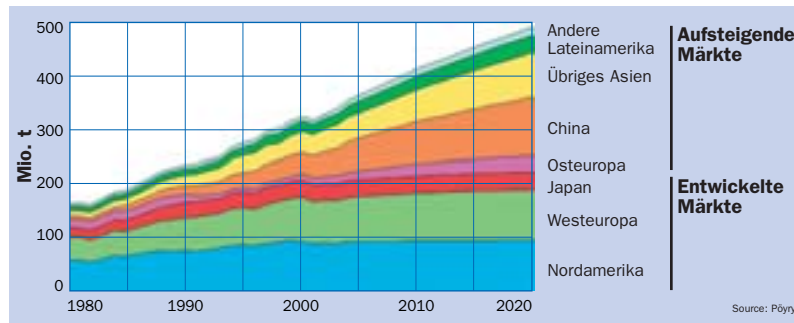
**PEKKA HAAPANEN** |  
**SULZER PUMPS**

Das Prinzip der Papierherstellung hat sich seit seiner Erfindung in China vor rund 2000 Jahren nicht verändert. Faseraufschluss, Blattbildung, Pressen und Trocknen: diese 4 Schritte sind auch heute noch die Hauptarbeitsgänge. Die industrielle Papierproduktion hat dennoch wenig mit der traditionellen Papierherstellung mit einem Schöpfrahmen gemein. In modernen Zellstoff- und Papierfabriken wird mit fortschrittlichen Maschinen und Verfahren eine Vielzahl von Produkten hergestellt, darunter graphisches Papier, Zeitungspapier, Tissuepapier, Karton sowie Druck-, Schreib- und Spezialpapiere. Produkte und Dienstleistungen aller Sulzer-Divisionen tragen wesentlich zu einer modernen, nachhaltigen Produktion von hochwertigem Papier und Karton bei.

Heute wäre ein Leben ohne Papier, Pappe und andere Produkte auf Papierbasis schwer vorstellbar. Der Papierverbrauch ist zudem ein Maß für den Lebensstandard, da ein deutlicher Zusammenhang zwischen Brutto-sozialprodukt, Wachstum und Papierverbrauch pro Kopf besteht. In vielen Entwicklungsländern beträgt der Papier-pro-Kopf-Verbrauch nur einige wenige Kilogramm. Bei einem Weltdurchschnitt von 56 kg sind die USA, Kanada, viele westeuropäische Länder und Japan mit mehr als 200 kg pro Kopf die größten Verbraucher.

### Wachsender Markt

Seit 1980 ist ein kontinuierliches, stabiles Wachstum der weltweiten Nachfrage nach Papier und Karton zu beobachten (Bild 1). Bis Anfang 2000 bestimmte der Anteil Nordamerikas und Westeuropas diese Zunahme. Allerdings setzte in China und anderen asiatischen Ländern in den 1990er Jahren ein starker Anstieg der Nachfrage ein. Mittlerweile sind die Märkte in Nordamerika, Westeuropa und Japan fast gesättigt, wachsen aber immer noch und sind wegen ihrer Größe auch künftig von Bedeutung. Bis 2020 wird ein jährlicher Nachfrageanstieg um 0,5% prognostiziert. Die aufsteigenden Märkte Chinas, anderer asiatischer Staaten, Lateinamerikas und Osteuropas werden mit über 4% jährlich bis 2020 weiter stark wachsen. 2005 stellten weltweit nahezu 4000 Zellstoffwerke und rund 7700 Papier- und Kartonfabriken 189 Mio. t Zellstoff und 367 Mio. t Papier und Pappe her (Bild 2). Recycling-Material macht rund die Hälfte der Rohstoffe für Papier



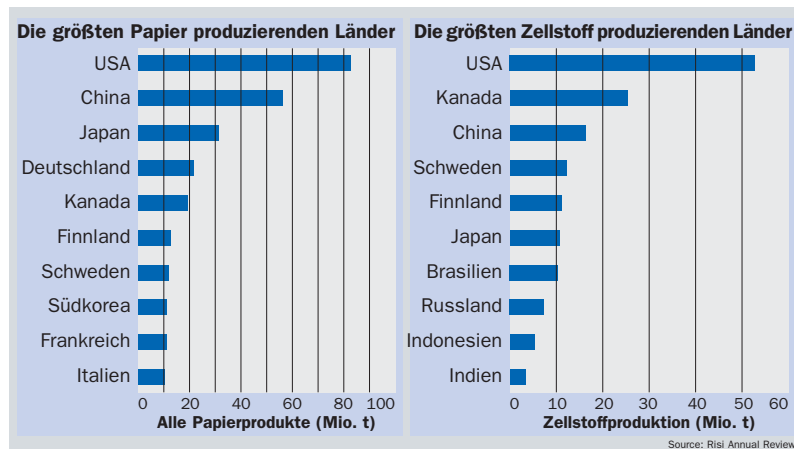
und Pappe aus. Allerdings hat Recycling auch seine Grenzen. Da Fasern nur begrenzt wiederverwertet werden können, muss der Rohstoffbedarf der Industrie zusätzlich mit Zellstoff – auch als Primärfasern bezeichnet – gedeckt werden. Zellstoff wird aus Holz gewonnen. Große Zellstoffwerke werden in waldreichen Gebieten mit hoher Fotosynthese-Aktivität errichtet, wie in Lateinamerika mit seinem Reichtum an schnell wachsenden Eukalyptusbäumen (Bild 3). Zellstoff wird als Rohstoff gehandelt und an die Papierfabriken geliefert, die in der Regel in Verbrauchernähe angesiedelt sind (Bild 4).

### Aus Holz wird Zellstoff

Im ersten Schritt der Zellstoffherstellung wird das Langholz entrindet, geschnitten und in Hack-schnitzel zerkleinert. Anschlie-

ßend wird das Holz entweder chemisch oder mechanisch zu Zellstoff verarbeitet. Beim chemischen Aufschlussverfahren werden die Fasern durch Chemikalien und Wärme aufgeschlossen. Die hauptsächlich aus Eukalyptus- oder Kiefernholz hergestellten Holz-schnitzel werden in einer Lösung gekocht, die Natriumhydroxid (Lauge) und Natriumsulfid enthält. Bei hoher Temperatur und unter Druck wird Lignin – der Stoff, der die Holzfasern zusammenhält – in die Kochlauge gelöst, und die Fasern trennen sich. Das Lignin wird aus dem Zellstoff entfernt, da es das Papier brüchig und gelblich machen würde. Nach dem Kochen wird der Zellstoff gebleicht, um ihn von den braunen Ligninfarbstoffen zu befreien (Bild 5).

Die dunkle Kochlösung, Schwarzlauge genannt, die viele Holzsub-



1 Prognostizierte Nachfrageentwicklung nach Papier und Pappe bis 2020. 2005 betrug das Produktionswachstum über 2% (7,5 Mio. t). Viele der weltweit zur Papier- und Zellstoffherstellung eingesetzten Maschinen arbeiten in den entscheidenden Verfahrensschritten mit Sulzer-Technologie.

2 Papier und Pappe werden zunehmend dort produziert, wo der Verbrauch steigt. Die meisten Papier- und Kartonmaschinen werden heute in Asien gebaut.



**3** Das Veracel-Zellstoffwerk in Eunapolis, Bundesstaat Bahia (BR), gehört Stora Enso und Aracruz Celulose. Seit 2005 produziert das Werk jährlich 900 000 t Zellstoff aus Eukalyptusholz. Pumpen und Mischer von Sulzer sind hier im Einsatz.

stanzen enthält, wird weiter genutzt. Zunächst wird sie durch Eindampfen konzentriert und anschließend zur Energieerzeugung in einem Rückgewinnungskessel verbrannt. Gleichzeitig werden die anorganischen Kochchemikalien für die Wiederverwendung zurückgewonnen. Eine Vielzahl von Verbindungen wie Terpentin, Tallöl oder das Cholesterin senkende Steroid Phytosterol können als Nebenprodukte aus der Koch-

lösung gewonnen werden (siehe STR 1/2006, S.4).

### Holzschliff

Bei den mechanischen Aufschlussverfahren werden die Holzfasern durch Schleifen oder Mahlen herausgetrennt. Die dabei erzeugte Reibung macht das Lignin weich, und die Bindungen zwischen den Fasern brechen auf.

Beim Schleifverfahren werden ent-rindete Holzblöcke (frisches Fichtenholz) gegen einen rotierenden Stein gepresst, während bei der Refinermahlung Fichtenholzschnitzel zwischen zwei rotierenden Scheiben gemahlen werden. Wärme und Wasserdampf beschleunigen den Prozess.

Durch die mechanische Beanspruchung werden die Holzfasern voneinander getrennt und außerdem gekürzt. Kürzere Fasern bedeuten geringere Festigkeit des Papiers, weshalb die Anwendung von mechanischem Zellstoff beschränkt ist. Dieser ist ideal für die Herstellung von Zeitungspapier, für Papiertüten beispielsweise aber schlecht geeignet.

### Wiederverwertung von Papier

In einem mehrstufigen Sortier- und Reinigungsprozess werden die Fasern des Recycling-Papiers von Druckfarbe und anderen unerwünschten Stoffen befreit. Zuerst wird das Altpapier in Wasser aufgelöst und die Druckfarbe durch Aufschäumen entfernt. Danach werden die verbliebenen Verunreinigungen wie Heftklammern und Kunststoff aus dem Papierfaserstoff entfernt. Schlämme und gereinigter Abfall werden zum Großteil als Brennstoff zur Stromerzeugung der Fabrik verwendet.



Photo: ZPK (Schweizer Verband der Zellstoff-, Papier- und Kartonindustrie)

**5** Gebleichter Zellstoff: Die Hälfte des in den Fasern enthaltenen Lignins kann mit Sauerstoff und Lauge entfernt werden. Die chlorfreie Endbleiche (TCF) erfolgt mit Sauerstoff, Wasserstoffperoxid, Ozon und Enzymen.

### Aus Zellstoff wird Papier

In Papiermaschinen wird Papier aus einer Lösung mit einem Trockengehalt von lediglich 1% hergestellt (99% Wasser und 1% Faserstoff), die in der Stoffzentrale aus Wasser, verschiedenen Faserstoffarten und Zusatzstoffen gemischt wird – die Zusammensetzung hängt von der Papierqualität ab (Bild 6).

Der Trockengehalt wird in der Papiermaschine, die über 100 m lang sein kann, in verschiedenen Schritten erhöht (Bild 7). Die Papierherstellung beginnt in der Nasspartie der Maschine, wo das Gemisch aus verschiedenen Faserstoffen mit Wasser verdünnt wird, bis eine dünne Suspension, der sogenannte Papierbrei, entsteht. Vom Stoffauflauf in der Nasspartie wird das Gemisch auf ein Laufband mit einem Kunststoffgitter – Sieb genannt – verteilt, durch welches das Wasser ablaufen kann. Während der Entwässerung haften die Fasern aneinander und bilden auf dem Sieb eine Papierbahn. Am Ende der Siebpartie ist der Trockengehalt auf etwa 20% gestiegen, und die Papierbahn verlässt das Sieb. In der anschließenden

**4** Das Werk Schongau von UPM-Kymmene am Lech in Schongau (DE). Es produziert Zeitungspapier und andere Spezialqualitäten mit einer Jahreskapazität von 730 000 t. Bereits 1991 stellte das Werk Zeitungspapier aus 100% Altpapier her.



Photo: UPM-Kymmene

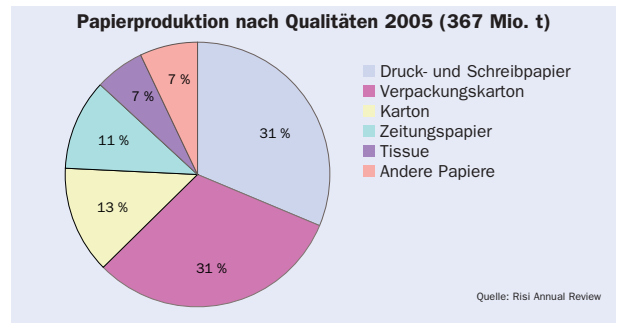
den Pressenpartie wird sie zwischen Filz und Metallwalzen gepresst, wodurch sich der Trockengehalt auf 45% erhöht. In der Trockenpartie wird die Papierbahn gegen beheizte Zylinder oder Trockenfilze gedrückt. Beim Verlassen der Trockenpartie beträgt der Trockenmassegehalt der Papierbahn 90–95%.

**Veredelung erhöht die Qualität**  
 Qualität und Eigenschaften des Papiers können durch Glättung und Beschichtung beeinflusst werden, wobei eine Schicht zur Glätte-erhöhung, die beispielsweise Kaolin, Kalziumkarbonat oder Talkum enthält, auf die Papieroberfläche aufgebracht wird. Der Kalandrierer, eine mangelähnliche Walzengruppe, erzeugt Glanz und Glätte. Die Oberflächen seiner Walzen sind verschleißfest beschichtet. Am Ende wird das Papier auf einen Stahlkern, den Tambour gewickelt; eine solche Rolle kann bis zu 30t schwer sein. Anschließend wird das Papier an die Verbraucher oder zur Weiterverarbeitung u.a. an Druckereien geliefert. Zu den gängigen Druck-

verfahren gehören der Offsetdruck für Buch- und Zeitungsherstellung, und der Flexodruck, mit dem vor allem Verpackungen bedruckt werden. Dessen ursprünglich sehr niedrige Qualität konnte verbessert werden, wobei der Einsatz lasergravierter Aniloxwalzen eine Rolle spielt. Sulzer Metco beschichtet Aniloxwalzen mit hochwertiger Keramik, was entscheidend zu hohen Druckqualitäten beiträgt (vgl. Artikel S. 8).

### Die papierlose Gesellschaft?

Die Erfindung des Papiers kann zu Recht als eine der wichtigsten Revolutionen in der Kommunikation bezeichnet werden. Und auch wenn es Papier nun schon seit Tausenden von Jahren gibt, so wird es auch weiterhin eine wichtige Rolle spielen. Damit verbunden ist die Entwicklung neuer Technologien zur Papierherstellung und -verarbeitung. Die Verbreitung des Computers mag zum papierlosen Büro führen – was allerdings auch noch auf sich warten lässt –, ganz sicher aber nicht zu einer papierlosen Gesellschaft. ◀



**6** Der Anteil an Recyclingfasern hängt von der Papierqualität ab. Einige Sorten, z. B. Zeitungspapier, bestehen häufig zu praktisch 100% aus Altpapier.

Der Ausklapper auf den Seiten 14–16 zeigt Details der Papierherstellung und die Beiträge von Sulzer zu diesem Prozess.



### Kontakt

Sulzer Pumps Finland Oy  
 Pekka Haapanen  
 P.O. Box 66  
 48601 Kotka  
 Finnland  
 Telefon +358 10 234 30 74  
 Telefax +358 10 234 33 15  
 pekka.haapanen@sulzer.com

**7** Die Papiermaschine PM4 der Perlen Papier AG (CH) produziert, beschichtet und kalandriert LWC-(Light-Weight-Coated-)Papier in einem Arbeitsgang (links). Die Papiermaschine PM12 von Stora Enso in Kvarnsweden (SE) produziert im Jahr 400 000 t SC-(Super-Calendered-)Papier. Die Siebbreite beträgt 11,3 m, die Auslegungsgeschwindigkeit 2000 m/min (120 km/h).

