

## *Messen und Modellieren für die papierene Charakteroptimierung Measuring and modelling for optimising the properties of paper*

**P**apier ist ein äußerst wandelbarer Werkstoff für unzählige Anwendungen. Um den multifunktionalen Alleskönner aus der Natur für seine vielen Spezialaufgaben fit zu machen, muss man allerdings sein Innerstes genau kennen. Im neuen „Christian-Doppler-(CD-)Labor für Faserquellung und deren Effekt auf die Papiereigenschaften“ werden die einzelnen Fasern vermessen und analysiert, um so das Verhalten der nächsten Papiergenerationen zu designen.

Die fortschreitende Digitalisierung ist für Druckereien und Druckerproduzent/innen eine enorme Herausforderung. Es gibt allerdings eine Drucktechnologie, die im Gegensatz zu allen anderen für Zuwachsraten sorgt: der Hochgeschwindigkeits-Inkjet-Druck. Der große Vorteil dieser Technologie ist ihre enorme Arbeitsgeschwindigkeit: In kaum einer halben Sekunde ist ein Blatt bedruckt und die Tinte getrocknet. Da beim Inkjet-Druck keine Druckform hergestellt werden muss, kann man ohne zeitraubende Vorarbeiten und damit auch kleine Auflagen schnell und kostengünstig drucken. Er ist deshalb die optimale Drucktechnologie für den wachsenden Print-on-Demand-Markt. Zum Hemmschuh auf dem Erfolgsweg kann allerdings das bedruckte Papier werden, wenn es nicht schnell genug trocknet und so zum Verschmieren von Schrift und Bildern führt.

### **Füreinander geschaffen**

Um Spezialpapiere wie jenes für den Hochgeschwindigkeits-Inkjet-Druck zu designen, wurde an der TU Graz vergangenes Jahr das „Christian-Doppler-(CD-)Labor für Faserquellung und deren Effekt auf die Papiereigenschaften“ >

**P**aper is an extremely versatile material and can be used for countless applications. To make the natural, multifunctional all-rounder suitable for its special tasks, it's necessary to know about its inner life. In the new “CD Laboratory for Fiber Swelling and Paper Performance”, the individual fibres are measured and analysed in order to design the behaviour of the next generation of paper.

Ever-increasing digitalisation is an enormous challenge for printing shops and printer manufacturers. But there is one print technology which is growing – in contrast to all the others: high-speed ink-jet printing. The great advantage of this technology is its amazing speed. It hardly takes half a second for a sheet to be printed and dried. Since no printing plate has to be produced for ink-jet printing, one can print small runs without any time-consuming preliminary work and at low cost. For this reason it's the technology of choice for the growing print on demand market. One obstacle to this road to success, however, can be the paper. If it doesn't dry fast enough, it can lead to images and texts being smudged.

### **Made for each other**

To design special paper, as for high-speed ink-jet printing, the CD Laboratory for Fiber Swelling and Paper Performance was set up at TU Graz last year. One of its aims is to develop high speed ink-jet compatible paper and thus also to prepare the ground for the production of optimised printers. “We've been working more than 15 years on improving the printability of paper for a variety of printing methods,” explains the head of the CD Lab, Ulrich Hirn. The researcher has managed to win over two important international >

Abbildung 1:  
Die mechanischen Eigenschaften einzelner Papierfasern (Länge 1–3 mm, Breite 15–30 µm) werden vermessen und zur Erstellung mechanischer Modelle des Fasernetzwerkes genutzt.

Figure 1:  
The mechanical properties of single paper fibres (length 1–3 mm, thickness 15–30 µm) are measured and used to create mechanical models of fibre networks.

eingerrichtet. Eines seiner Ziele ist es, Inkjet-taugliche Papiere zu entwickeln und damit auch die Grundlage für die Herstellung optimierter Drucker zu legen. „Wir arbeiten seit über 15 Jahren an der Verbesserung der Bedruckbarkeit des Papiers für verschiedene Druckverfahren“, erklärt Laborleiter Ulrich Hirn. Für das neue CD-Labor hat der Forscher zwei große, international agierende Kooperationspartner gewinnen können: Mondi Uncoated Fine and Kraft Papers, ein Papierkonzern mit Sitz in Wien, und die Firma Océ Technologies, ein holländisches Tochterunternehmen von Canon, das Digitaldruckmaschinen für den Weltmarkt produziert.

### Charakterbild einer Faser

Bei der Entwicklung der für den Inkjet-Druck geeigneten Papiere spielen Simulationen eine zentrale Rolle. Dafür aber müssen Modelle erarbeitet werden, für die zunächst viele einzelne Papierfasern genau zu charakterisieren sind. „Die Papiereigenschaften hängen von den Eigenschaften der einzelnen Fasern ab“, erläutert Ulrich Hirn. „Je nachdem, wie der Rohstoff ist und wie die Fasern behandelt werden,

cooperation partners for the new CD lab. One is Mondi Uncoated Fine and Kraft Papers, a paper group with head office in Vienna, and Océ Technologies, a Dutch subsidiary of Canon, which produces digital printers for the world market.

### Characterising fibres

Simulations play a central role in the development of ink-jet suitable paper. Mechanical models have to be worked out for which many single paper fibres have to be characterised in the first place. “The characteristics of the paper depend on the characteristics of the individual fibers,” explains Ulrich Hirn. “The paper depends on the raw material and how the fibers are treated.” The individual fibres are also responsible for the printing characteristics. If they're stiff, for instance, a bulky sheet is obtained. However at the same time, the bending stiffness is increased at the expense of the tensile strength, and absorption of liquid is improved. The Fiber swelling properties of individual fibres must be exactly investigated so that changes can be made to the paper to satisfy demands.

Abbildung 2:

Das Quellungsverhalten der Papierfasern beeinflusst die Festigkeit und die Verformung des Papiers beim Drucken.

Figure 2:

Fiber Swelling has an effect on strength and deformation of paper during printing.



© Lunghammer – TU Graz

verhält sich dann auch das Papier.“ Auch für die Druckeigenschaften sind die Einzelfasern verantwortlich. Sind diese beispielsweise steif, bekommt man ein voluminöses Blatt. Damit steigt aber die Biegesteifigkeit, die Zugfestigkeit geht zurück und die Flüssigkeitsabsorption wird besser. Die Quellungseigenschaften der Einzelfaser müssen exakt ermittelt werden, um das Druckpapier so verändern zu können, dass es den Anforderungen genügt.

### Langwierige Analysearbeit

Da jede Faser eine eigene komplexe Geometrie und unterschiedliche mechanische Eigenschaften

### Tedious analysis

Since each fibre has its own complex geometry and different mechanical properties, its characterisation is an extremely time-consuming matter. “To mechanically test tensile strength, elastic-plastic behaviour and creep behavior upon moisturing, we need several months to examine a single fiber grade,” reports Ulrich Hirn. A group of highly specialised experts is solely responsible for these time-consuming tests. After years of many gruelling unsuccessful attempts, maybe you can provide a detailed characterisation of several hundred paper fibres for different pulp grades.

aufweist, ist ihre Charakterisierung eine äußerst zeitintensive Angelegenheit. „Um Zugfestigkeit, elastisch-plastisches Verhalten oder das Kriechverhalten bei Feuchtigkeit mechanisch zu testen, brauchen wir für die Untersuchung einer einzigen Fasersorte mehrere Monate“, berichtet Ulrich Hirn. Eine Gruppe hoch spezialisierter Expertinnen und Experten ist ausschließlich für diese aufwendigen Tests zuständig. Sie können schließlich nach Jahren und vielen zermürbenden Fehlversuchen das tiefenscharfe Charakterbild von einigen 100 Papierfasern der verschiedenen Zellstoffsorten liefern.

### Simulierte Drucker

„Es sind vor allem die Druckmaschinenhersteller, die solche Modelle brauchen“, erklärt der Papierforscher. „Denn damit können sie eine neue Druckmaschine simulieren und optimieren, bevor sie in der Werkshalle gefertigt wird.“ Um die Entwicklungszeiten der Druckmaschinen zu verringern, wird das Zusammenwirken von Maschine und Papier sinnvollerweise vor der Produktion in Simulationen durchgespielt. Gibt es als Folge der Faserquellung etwa Unebenheiten im Papier, kann es leicht am Druckkopf anstreifen, sodass die Tinte verschmiert. Diese Gefahr ist gerade bei Highspeed-Inkjet-Druckern hoch, da der Abstand zwischen Druckkopf und Papier nur etwa einen Millimeter beträgt. Um Probleme solcher Art zu vermeiden, werden die Drucker schon in der Konstruktionsphase an die Eigenschaften des Papiers angepasst. Da der Werkstoff Papier auch starke „innere Verspannungen“ aufweist, müssen auch diese in das Simulationsmodell einfließen. „Diese Verspannungen sind für viele unerwünschte Reaktionen wie etwa das Einrollen bei der Trocknung des Papiers verantwortlich“, so Ulrich Hirn.

### Stärkung für papierene Schwerarbeiter

Neben dem Druckpapier werden im Grazer CD-Labor auch Sackpapiere, wie sie beispielsweise für Zementsäcke eingesetzt werden, bis in ihr Innerstes durchleuchtet.

Forschungsziel ist eine verbesserte Reißfestigkeit dieser Schwerarbeiter-Papiere bei gleichzeitiger Senkung der Produktionskosten. Das ist alles andere als eine triviale Aufgabenkombination – aber die findet man bei interessanten Forschungsprojekten ohnehin nie.

Text: Doris Griesser ■



© Lunghammer – TU Graz

**Abbildung 3:**  
 Die Struktur des Papiers wird analysiert, um den Prozess des mechanischen Versagens unter Belastung besser zu verstehen.  
 Figure 3:  
 The paper structure is analyzed to understand the process of mechanical failure under load.

### Simulated printing presses

“It’s primarily the printing press manufacturers that need such models,” explains the paper researcher. “Because then they can simulate and optimise a new press before manufacturing it in the production shop.” To reduce the development time of printing presses, interaction between press and paper is simulated by means of simulations before production. If paper buckling occurs, the paper may rub, the paper can rub against the print head and smudge the ink. In the case of high-speed ink-jet printers, the danger of this is high since the distance between print head and paper is only around one millimetre. To avoid such problems, the printers are adapted to the characteristics of the paper in the design phase. Since the raw material paper also has strong “internal tensions”, these also have to be included in the simulations. “These tensions are responsible for many unwanted reactions, like paper curl during drying,” says Ulrich Hirn.

### Reinforcement for heavy duty papers

Apart from paper for printing, papers for bags, like those used in cement bags, will also be examined in depth.

The research aim is to achieve an improved tear strength in these heavy duty papers while at the same time lowering costs. This is anything but an easy combination of tasks – but you never find them in any other interesting research projects.

Text: Doris Griesser ■



© Oce Technologies

**Abbildung 4:**  
 Inkjet Printer: Der High-Speed-Inkjet-Druck ersetzt zunehmend traditionelle Druckverfahren wie den Offset-Druck.  
 Figure 4:  
 Inkjet printer: high-speed inkjet printing is increasingly replacing traditional printing methods, such as offset printing.