

## Boxenstopp für Papiersäcke Pit stop for paper bags

**E**inen Zementsack industriell zu befüllen, hat etwas von einem Boxenstopp in der Formel 1: Drei Sekunden dauert es in der Zementfabrik, bis ein 25 kg fassender Papiersack gefüllt ist. Zu lange, findet der Verpackungs- und Papierhersteller Mondi und hat die TU Graz beauftragt, den Materialstrom zu untersuchen, der bei diesem Vorgang wirkt. Dabei soll auch ein Simulationsmodell für den Stofftransport durch Papier herauskommen, um das Wissen über „die Papiersäcke“ auch auf andere Verpackungsanwendungen zu übertragen.

Es ist natürlich kein herkömmlicher Papiersack, der auf dem Prüfstand steht, sondern ein sogenanntes Sackkraftpapier, das dafür ausgelegt wurde, dem Fülldruck beispielsweise in einer Zementabfüllanlage standzuhalten, ohne zu zerreißen. Bei einer Befüllung mit Zement wird zu 80 Prozent Luft in den Sack geblasen. Diese kann durch Poren an der Papieroberfläche entweichen. Das von Mondi an der TU Graz initiierte Christian Doppler Labor (CD-Labor) für Stofftransport durch Papier möchte den Dingen nun auf den Grund gehen und Simulationsmodelle entwickeln, um die Durchlässigkeit poröser Papierstrukturen zu optimieren, ohne dass zum Beispiel die Reißfestigkeit darunter leidet.

Was beispielsweise im Autobau gang und gäbe ist – nämlich Materialien und ihr Verhalten in der realen Welt am Computer zu simulieren –, dafür gibt es im Stofftransport noch kaum Entsprechungen, wenn Naturprodukte wie Papier im Spiel sind. „Wir werden keinen virtuellen Zwilling eines Papiers am Computer schaffen können“, schränkt >

**W**hat does industry-scale cement bag filling have in common with a pit stop in Formula 1? Filling a 25kg paper bag with cement in the factory takes about three seconds, about as long as a pit stop. But packaging and paper manufacturer Mondi reckons this is too long. They asked TU Graz to study the material flow that is at work in this process. One of the deliverables is a simulation model for material transport through paper so that the knowledge of the “paper bags” can also be applied to other packaging applications.

Of course, the test piece on the rig is not conventional paper but so-called sack kraft paper designed to resist the filling pressure it is exposed to, for example in a cement filling line, without bursting. When a bag is filled with cement, up to 80 percent air is blown into the bag. This air can escape through pores on the paper’s surface. The Mondi-initiated Christian Doppler Laboratory (CD-Laboratory) for Mass Transport through Paper at TU Graz is now exploring these phenomena and developing simulation models to optimize the permeability of porous paper structures without compromising tear resistance.

Although firmly established in the automotive industry, computer simulations of material transport through real-world materials are still in their infancy, especially if natural products such as paper are involved. “We will not be able to create a virtual clone of a paper type on the computer,” CD lab coordinator Karin Zojer admits. The physicist at the Institute of Solid State Physics is an expert for the mathematical >

**Abbildung 1:**  
 Karin Zojer leitet das Christian Doppler Labor (CD-Labor) für Stofftransport durch Papier.  
 Figure 1:  
 Karin Zojer heads the Christian Doppler Laboratory (CD Laboratory) for Mass Transport through Paper.



CD-Labor Koordinatorin Karin Zojer ein. Die Physikerin am Institut für Festkörperphysik ist Expertin für die mathematische Simulation von Materialien und weiß: „Papier ist in seiner Faserstruktur derart heterogen, das könnte man nur mit unendlich vielen Daten nachbilden. Für Plastikfolien existieren bereits Materialmodelle, mit denen man den Stofftransport am Computer simulieren kann; für Papier noch nicht.“

### Das CD-Labor

Im Rahmen des CD-Labors haben die Forscherinnen und Forscher nun die Gelegenheit, die Materialeigenschaften von Papierverpackungen grundlegend zu erforschen und in mathematische Modelle zu gießen. Im Jänner 2018 hat das neue Christian Doppler Labor seinen Betrieb aufgenommen. Es fungiert – wie alle Christian Doppler Labore – als Brückenkopf zwischen Wirtschaft und Wissenschaft und ist prinzipiell auf eine Laufzeit von sieben Jahren ausgerichtet. Alle zwei Jahre werden die Ergebnisse evaluiert.

Was das CD-Labor für Stofftransport durch Papier für die Forscherinnen und Forscher interdisziplinär sehr spannend macht, ist der Umstand, dass die auf Zellulose basierenden Fasern des Papiers mit der Umgebung leicht in Wechselwirkung treten. Einerseits ändern sich die Strukturen bei Nässe, andererseits zeigen die Fasern an der Oberfläche chemische Funktionalitäten, die mit im System vorhandenen Substanzen in Wechselwirkung treten können – zum Beispiel die Wechselwirkung mit Duft- oder Aromastoffen, wie sie Lebensmittel abgeben. Die Arbeitsgruppe von Erich Leitner am Institut für Analytische Chemie und Lebensmittelchemie ist solchen Stoffen im Papier auf der Spur.

Die Arbeitsgruppe um Karin Zojer untersuchte in einem ersten Schritt mittels Röntgentomographie, wo sich Teilchen in den Papierstrukturen ablagern können. In Zusammenarbeit mit Ulrich Hirn und Wolfgang Bauer vom Institut für Papier- und Zellstofftechnik können solche Messungen der Mikrostruktur maßgeschneidert für Papier geplant und interpretiert werden. Die Expert/innen des Industriepartners Mondi unterstützen das Forschungsteam der TU Graz mit ihrem vertieften Wissen um die Fasertechnik und die Produktionsvorgänge bei der Papiererzeugung. Gleichzeitig helfen sie den Forscherinnen und Forschern, zielführende mathematische Annahmen zu formulieren, die in künftige Simulationsmodelle einfließen sollen.

„Ziel dieser Modellierung ist die Vorhersage, wie die einzelnen Transportvorgänge von der zugrunde liegenden Porenstruktur bestimmt werden“, erklärt Karin Zojer. „Solche Vorgänge umfassen beispielsweise den Sauerstoffaustausch unter Lagerbedin-

*simulation of materials and explains: “As the fibre structure of paper is enormously heterogeneous, it would take no end of data to simulate it in its full complexity. While material models already exist for plastic films to simulate the material transport on the computer, so far there are none for paper.”*

### The CD-Laboratory

*Researchers can now intensely research the material properties of paper packaging in the CD-Laboratory, to cast them into mathematical models. The new Christian Doppler Laboratory became operative in January 2018. Like all Christian Doppler Laboratories it builds a bridge between the worlds of business and science and in principle spans a term of seven years. The results are evaluated at two-year intervals.*

*The CD lab for Mass Transport through Paper is an exciting proposition for researchers from many disciplines because cellulose-based fibres of the paper interact readily with the environment. To begin with, the structures change in the presence of moisture, but the fibre surfaces also exhibit chemical functionalities that may interact with substances in the system (for example the interaction with fragrances or flavourings released by food products). These substances are just what Erich Leitner’s working group at the Institute of Analytical Chemistry and Food Chemistry is looking for.*

*Karin Zojer’s working group used x-ray tomography in the first stage to identify the sites where particles can potentially be deposited inside paper structures. In co-operation with Ulrich Hirn and Wolfgang Bauer from the Institute of Paper, Pulp and Fibre Technology, it is possible to plan and interpret such measurements of the microstructure specifically for paper. The experts of industrial partner Mondi support the research team of TU Graz with their in-depth knowledge in fibre technology and paper-making production procedures. They also help the researchers to formulate target-oriented mathematical assumptions for integration in future simulation models.*

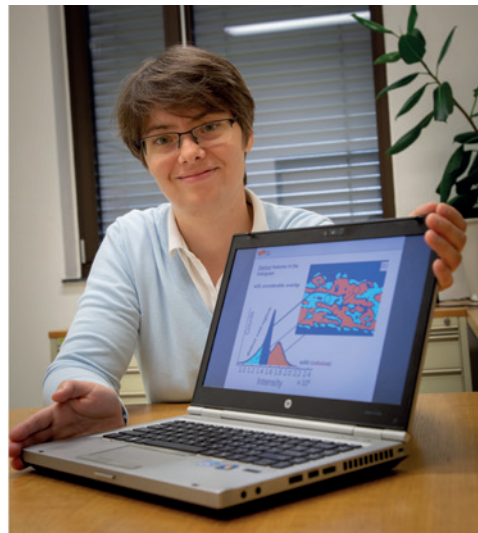
*“The purpose of building these models is to predict how the underlying pore structure determines the transport processes,” Karin Zojer explains. “Examples of such processes include the oxygen transport in storage conditions, the drying speed of ink droplets during printing, or the air displacement processes that take place when paper bags are filled with bulk materials. In this way it is possible to pinpoint and predict the key properties of the pore structure. Consequently methods to measure these properties are also developed as part of this research project.”*

gungen, die Trocknungsgeschwindigkeit von Tintentropfen während der Bedruckung oder Entlüftungsvorgänge bei der Befüllung von Schüttgut in Papiersäcke. In der Folge können damit die für eine gewünschte Verpackungsanwendung entscheidenden Eigenschaften der Porenstruktur benannt beziehungsweise vorhergesagt werden. Daher werden im Rahmen dieses Forschungsprojekts auch gezielt Methoden zur Messung dieser Eigenschaften entwickelt.“

Die Forschungsgruppe von Clemens Kittinger vom Institut für Hygiene, Mikrobiologie und Umweltmedizin der Medizinischen Universität Graz soll als Projektpartnerin des CD-Labors „mikrobiologische Modelle und Techniken in die Simulation der Transportvorgänge durch die vorliegenden Porenstrukturen einbringen, um diese – von einer völlig anderen wissenschaftlichen Seite betrachtet – besser zu verstehen und besser zu modellieren“, sagt Karin Zojer.

Die im CD-Labor an der TU Graz gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen die Entwicklung von Konzepten zur Modifikation von Papier – zur Verbesserung bestehender Anwendungen oder für gänzlich neue Produkte. Und vielleicht auch dafür, die Befüllung von Zementsäcken in Zukunft noch einen Hauch schneller werden zu lassen. Lewis Hamilton wird noch vor Neid erblassen. Seine Boxenstopp-Bestzeit: 2,33 Sekunden.

**Text: Werner Schandor ■**



© Lunghammer – TU Graz

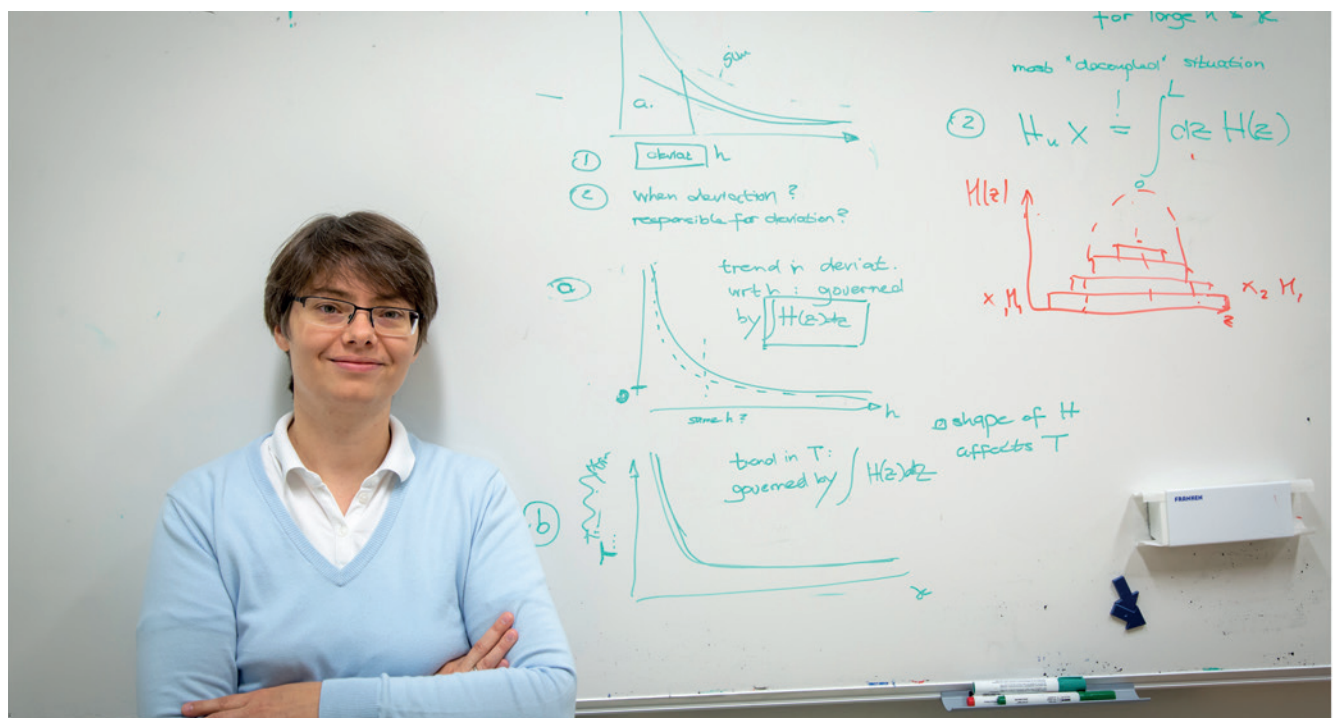
**Abbildung 3:**  
Gemeinsam mit Firmenpartner **Mondi** erforschen die Wissenschafterin und ihr Team den Materialstrom bei der Befüllung von Zementsäcken in der Fabrik.  
**Figure 3:**  
Together with company partner **Mondi**, the scientist and her team are investigating the material flow during the filling of cement bags in the factory.

As a project partner of the CD lab, Clemens Kittinger's research team from the Institute of Hygiene, Microbiology and Environmental Medicine at the Medical University of Graz is "to contribute microbiological models and techniques to the simulation of the transport processes through the existing pore structures so that they – by looking at them from a totally different scientific angle – can ultimately be better understood and modelled," says Karin Zojer.

The knowledge gained in the CD-Laboratory at TU Graz culminates in the development of concepts to modify paper – either to improve existing applications or to create entirely new products. And perhaps also to fill cement bags just that little bit faster. Lewis Hamilton will turn green with envy. His fastest pit stop so far was 2.33 seconds.

**Text: Werner Schandor ■**

**Abbildung 3:**  
Mit den im Projekt gewonnenen Erkenntnissen möchte man Konzepte für die Modifikation von Papier entwickeln.  
**Figure 3:**  
With the knowledge gained in the project, concepts for the modification of paper are to be developed.



© Lunghammer – TU-Graz.com