

Antragstyp Schwerpunktprogramm - Einzelantrag - Neuantrag

Type of Proposal Priority Programme - Individual Proposal - New Proposal

Antragsdauer / Requested Duration 36 Monate / 36 months

Fach Biomaterialien

Subject Area Biomaterials

Rahmenprojekt / Framework Project SPP 2171

Titel Untersuchungen zur dynamischen Benetzbarkeit, Quellung und Kapillartransport in Papier

Title Investigation of dynamic wetting, swelling, and capillary-driven fluid transport in paper

Geschäftszeichen / Reference No. BI 738/9-1

Antragsteller / Applicant **Professor Dr. Markus Biesalski**
Technische Universität Darmstadt
Ernst Berl-Institut
Fachgebiet Makromolekulare Chemie
Darmstadt

Mitverantwortlicher / Co-Applicant Privatdozent Dr. Tobias Meckel
Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Biologie
Arbeitsgruppe Membrane Dynamics
Darmstadt

Beantragte Mittel / Budget Request:

	Beantragt / Requested		
Dauer [Monate] / Duration [Months]	36		
BI 738/9-1			
Summe / Total [Euro]	225.090		
Professor Dr. Markus Biesalski			
	Anz. / No.	Dauer / Duration	Euro
Personalmittel / Funding for Staff			154.940
Doktorandin/Doktorand und Vergleichbare 75 % / Doctoral Researcher or Comparable 75 %	1	36	145.100
Hilfskräfte / Support Staff			9.840
Sachmittel / Direct Project Costs			48.750

Geräte bis 10.000 Euro, Software und Verbrauchsmaterial / Equipment up to EUR 10,000, Software and Consumables			34.500
Publikationen / Publications			2.250
Reisen / Travel			9.000
Sonstiges / Other			3.000
Investitionsmittel / Instrumentation			21.400
High Speed Kamera / High Speed Kamera			21.400

**Bewilligungen der letzten vier Jahre zu anderen Projekten (seit 15.10.2014) /
DFG Project Funding Over the Last Four Years (since 15.10.2014):**

Datum / Date Gz / Ref		Euro
	Professor Dr. Markus Biesalski	1.022.550
18.07.2018 BI 738/8-1	Sachbeihilfe: Einzelantrag / Research Grants Programme: Individual Proposal Polymer-modifizierte Papiere - Vermeidung von Sensitivitätsverlusten in papierbasierten analytischen Verfahren. / Polymer modified paper - reducing sensitivity losses in paper-based analytical devices	211.400
16.05.2018 BI 738/7-1	Sachbeihilfe: Einzelantrag / Research Grants Programme: Individual Proposal Orthogonale Funktionalisierung von Porengrenzflächen in Papiervliesen mittels immobilisierter, thermisch stabiler Peptide / Orthogonal Functionalization of Porous Interfaces in Paper Sheets Through Immobilization of Thermally Stable Peptides	34.800
16.05.2018 BI 738/5-1	Paketantrag: Einzelantrag / Package Proposals: Individual Proposal Thermische und photochemische Vernetzung von Papierfasern zur Erzeugung von nassfesten und multifunktionalen Papieren / Thermal and Photochemical Crosslinking of Paper Fibers for Generation of Paper Substrates Providing a High Wet Strength and Multiple Chemical Functions	292.900
16.05.2018 BI 738/6-1	Sachbeihilfe: Einzelantrag / Research Grants Programme: Individual Proposal Immobilisierung von ionischen Flüssigkeiten in mikrofluidischen Papieren als Basis für elektrochemische Sensoren / Immobilization of ionic liquids on microfluidic paper as a basis for electrochemical sensors	195.850
01.06.2016 INST 163/491-1	Sonderforschungsbereich: Einzelantrag / Collaborative Research Centres: Individual Proposal Benetzung und Transport auf quellbaren, oberflächenimmobilisierten Polymerbürsten und Polymernetzwerken / Wetting and Transport on Swellable, Immobilized Polymer Brushes and Polymer Networks	287.600

Zusammenfassung

Die Wechselwirkung von wässrigen Flüssigkeiten mit Papierfasern spielt eine zentrale Rolle bei der Herstellung, Analyse, Modifikation, Funktionalisierung und Anwendung von Papierprodukten. Ein quantitatives Verständnis der physikalisch-chemischen Prozesse, die die anfängliche Benetzung, die nachfolgende Faserquellung und den Kapillartransport von Wasser auf, innerhalb und zwischen den Fasern eines Papierblattes bestimmen, fehlt jedoch weitestgehend. Insbesondere die hohe Geschwindigkeit der Prozesse, die auf unterschiedlichen Längenskalen ablaufen, stellt gerade für Wissenschaftler eine große Herausforderung dar, insbesondere wenn es um die Analyse der Erfassung dieser dynamischen Prozesse geht. Erschwerend kommt hinzu, dass es bis heute nicht möglich ist, die oben genannten drei Prozesse, Benetzung, Faserquellung und Kapillartransport, in Papier unabhängig voneinander zu bestimmen. Das vorgeschlagene Projekt widmet sich dieser Herausforderung, indem es diese Prozesse durch die Kombination neuer Papieraufnahmestudien mit einem "Spinning Device" und definierten Doppelschichtpapieren in Kombination mit zeitlich und räumlich hochauflösenden Lichtmikroskopieverfahren besser verstehen will.

Im Hinblick auf die Mikroskopieverfahren werden konfokale und supraauflösende Fluoreszenzmikroskopie sowie High-Speed- und Fluoreszenz-Videografie eingesetzt. Besondere Aufmerksamkeit wird zunächst der Untersuchung der Benetzung der Papierfasern mit reinem Wasser gewidmet. Mit Hilfe einer mikrofluidischen Rotationsvorrichtung wird die kapillare Befüllung der Makroporen im Papier zunächst von der Benetzung entkoppelt, indem der Kapillarkraft eine entsprechende Zentrifugalkraft entgegengewirkt. Dieses Setup ermöglicht es, den Einfluss von papierintrinsic (Fasertyp, Porosität usw.) und -extrinsic Parametern (Faservormodifizierung, pH-Wert der wässrigen Lösung, etc.) auf die Benetzung der Fasern unmittelbar an der Imbibitionsfront zu untersuchen. Hierbei wird das Ziel verfolgt besser zu verstehen, welche Rolle die anfängliche Benetzung für den Kapillarfluss in Papieren spielt. In ähnlicher Weise wird das Quellverhalten der Fasern und dessen Einfluss auf die Imbibition untersucht. Abschließend soll ein besseres Verständnis dafür geschaffen werden, wie Benetzung, Quellung und Kapillartransport die mechanischen Eigenschaften von Papieren beeinflussen können. Letzteres wird durch Untersuchung von makroskopisch messbaren Verformungen der Papiere während der Imbibition untersucht. Im Erfolgsfall, wird das Projekt eine umfangreiche Plattform neuartiger und grundlegender Erkenntnisse über die Benetzung von Papierfasern liefern und darüber, wie ein solcher Prozess nachfolgende Prozesse wie die Faserquellung und die kapillare Imbibition bestimmt.

Summary

The interaction of aqueous fluids with paper fibers plays a central role in the production, analysis, modification, functionalization and application of paper products. However, a quantitative understanding of the physicochemical processes that determine the initial wetting, subsequent fiber swelling, and capillary transport of water on, within, and between the fibers of a paper sheet is still poor. In particular, the high speed of the processes, which run on different length-scales, are still of great challenge for scientists, in particular, if it comes down to the analysis of capturing these interactions. To make the situation even worse, as of today it is still not trivial, to independently determine the abovementioned three processes, wetting, fiber swelling and capillary transport, in paper.

The proposed project addresses this particular point and intends to better understand these processes by combining new paper imbibition studies using a "spinning device" and defined double-layer papers with temporally and spatially high-resolution light microscopy methods.

With regard to the microscopy methods, confocal and super-resolution fluorescence microscopy as well as high-speed and fluorescence videography will be used. Specific attention will first be paid to the detection of the wetting of the paper fibers by pure water. With the help of a microfluidic rotational device, the capillary filling of the macropores in paper will first be decoupled from wetting by counteracting the capillary force with a corresponding centrifugal force. This setting allows to investigate the influence of paper-intrinsic (fiber type, porosity, etc.) and extrinsic parameters (fiber pre-modification, pH of the aqueous solution) on the wetting of the fibers immediately at the forefront of imbibition, in order to better understand the role that initial wetting plays on capillary flow in paper sheets. In a similar fashion, the swelling behavior of the fibers and the influence on imbibition will be investigated. Finally, the project aims for a better understanding how wetting, swelling and capillary transport can affect mechanical properties of paper sheets. The latter will be studied by investigation of macroscopically measurable deformations of the paper webs during imbibition. If successful, the project will provide a large base of novel fundamental insights of wetting of paper fibers, and how such a process will determine subsequent processes such as fiber swelling and capillary imbibition.

