

**Antragstyp** Schwerpunktprogramm - Einzelantrag - Neuantrag

**Type of Proposal** Priority Programme - Individual Proposal - New Proposal

**Antragsdauer / Requested Duration** 36 Monate / 36 months

**Fach** Physikalische Chemie von Festkörpern und Oberflächen,  
**Subject Area** Materialcharakterisierung  
Physical Chemistry of Solids and Surfaces, Material Characterisation

**Rahmenprojekt / Framework Project** SPP 2171

**Titel** **Untersuchung dynamischer Benetzung an schaltbaren Oberflächen im Mikro- und Makrobereich**

**Title** **Study of dynamic wetting on switchable surfaces at the micro and macroscale**

**Geschäftszeichen / Reference No.** **LE 2936/11-1**

**Antragsteller / Applicant** **Privatdozent Dr. Pavel Levkin**  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Institut für Toxikologie und Genetik (ITG)  
Karlsruhe

**Beantragte Mittel / Budget Request:**

	Beantragt / Requested		
<b>Dauer [Monate] / Duration [Months]</b>	<b>36</b>		
<b>LE 2936/11-1</b>			
<b>Summe / Total [Euro]</b>	<b>237.310</b>		
<b>Privatdozent Dr. Pavel Levkin</b>			
	<b>Anz. / No.</b>	<b>Dauer / Duration</b>	<b>Euro</b>
<b>Personalmittel / Funding for Staff</b>			<b>213.750</b>
Postdoktorandin/Postdoktorand und Vergleichbare 100 % / Postdoctoral Researcher or Comparable 100 %	1	36	209.700
Hilfskräfte / Support Staff			4.050
<b>Sachmittel / Direct Project Costs</b>			<b>23.560</b>
Geräte bis 10.000 Euro, Software und Verbrauchsmaterial / Equipment up to EUR 10,000, Software and Consumables			13.790
Publikationen / Publications			2.250

Reisen / Travel			7.520
-----------------	--	--	-------

#### Wissenschaftliche Preise / Scientific Prizes:

Datum / Date		Euro
	<b>Privatdozent Dr. Pavel Levkin</b>	<b>20.000</b>
02.06.2015	Heinz Maier-Leibnitz-Preis / Heinz Maier-Leibnitz Prize	20.000

#### Zusammenfassung

Intelligente Oberflächen mit dynamisch-schaltbarer Benetzbarkeit ziehen großes Interesse auf sich aufgrund ihrer potentiellen Anwendungen. Dennoch wird die Benetzbarkeit einer Oberfläche, trotz intensiver Untersuchungen an schaltbaren und speziell benetzbaren Oberflächen, hauptsächlich durch Messungen des Kontaktwinkels im Makromaßstab charakterisiert und wurde unseres Wissens nach noch nie auf der Mikroebene untersucht, um die Reaktivität der Mikrostrukturen mit denen der Makroebene zu verbinden.

Die Benetzung einer Oberfläche ist von Natur aus ein Phänomen, das auf mehreren Größenebenen definiert wird: Durch physikalisch-chemische Wechselwirkungen im Mikromaßstab und durch die fest-flüssig Grenzflächen im Makromaßstab. Es ist daher von großer Wichtigkeit, Änderungen der Benetzbarkeit von schaltbaren Oberflächen nicht nur auf der makroskopischen Längenskala durch Kontaktwinkel und Abrutschwinkel zu messen, sondern auch mikroskopisch, um die enge Verbindung zwischen mikro- und makroskopischen Dynamiken zu verstehen.

In diesem Antrag ist es unser Ziel, systematisch die Dynamiken der Adhäsion von Tropfen an Mikrostrukturen mit definierten dreidimensionalen Formen, die mit Hilfe des häufig benutzten thermoresponsiven Polymers wie poly(N-isopropylacrylamide) (polyNIPAAm) hergestellt werden, zu untersuchen.

Um die Benetzbarkeit und deren Dynamik im Mikromaßstab zu untersuchen, werden wir die neu entwickelte Technologie der „scanning droplet adhesion microscopy (SDAM)“ verwenden und diese Ergebnisse mit den makroskopisch bestimmten voran- und zurückschreitenden Kontaktwinkeln auf größeren flachen und strukturierten Oberflächen vergleichen. Diese Studie hat mehrere Ziele: Zuerst möchten wir verstehen, wie die Benetzbarkeit zwischen Mikrostrukturen und großen Oberflächen aus dem gleichen Material variieren. Weiterhin wollen wir den Einfluss der geometrisch unterschiedlichen Mikrostrukturen und der Zusammensetzung des Polymers auf die mikro- und makroskopischen Benetzbarkeit untersuchen. Schließlich wollen wir die dynamischen Prozesse der Benetzung von schaltbaren Oberflächen mit einer Flüssigkeit im Mikro- und Makromaßstab verbinden. Um Array-Systeme mit „re-entrant“-Geometrie-Mikrostrukturen herzustellen, die aus polyNIPAAm mit definierter polymerischer Komposition bestehen, werden wir die direkte Laser-Schreibung (DLW) Technik adaptieren. Durch DLW können Mikrostruktur-Arrays mit genau kontrollierter räumlich chemischer Beschaffenheit und definierter 3D-Geometrie (Merkmale mit einer Auflösung von bis zu 100 nm) einfach fabriziert werden. Dies wird uns erlauben systematisch die reaktionsfähige Benetzbarkeit als Funktion von sowohl der Polymer-Beschaffenheit und der Mikrostruktur-3D-Formen und -Größe zu studieren, was – soweit uns bekannt ist – bisher noch nicht publiziert wurde wegen der Schwierigkeit, die darin liegt Mikrostrukturen mit solcher Komplexität herzustellen und zu charakterisieren.

#### Summary

Smart surfaces with switchable dynamic wettabilities attract great interest because of their potential applications. However, despite the extensive studies on switchable surfaces and surfaces with special wettability, the switching of surface wettability is mostly characterized by standard contact angle measurements at the macroscale and, to the best of our knowledge,

has never been investigated at the microscale in order to correlate the responsive properties of microstructures with the macroscopic responsiveness. As wetting is inherently a multi-scale phenomenon, physico-chemical interactions at the micro-scale solid-liquid interface determine dynamics of wettability at the macroscale. Therefore, it is of great importance to investigate wetting variations on switchable surfaces not only at the macroscopic length scale, for example, by measuring contact angles or sliding angles, but also on microscopic length scale to understand the intimate relationship between the micro and macroscale wetting dynamics. In this proposal, we aim to systematically investigate the dynamics of droplet adhesion to microstructures with defined 3D shapes build from a responsive polymer, such as poly(N-isopropylacrylamide) (polyNIPAAm) as a commonly used temperature responsive polymer material. In order to study wettability and its dynamics at the microscale, we will use a newly developed scanning droplet adhesion microscopy (SDAM) and compare these results with the macroscopic advancing and receding contact angle measurements on corresponding large flat as well as structured surfaces. There are several goals of this study. First of all, we would like to understand how the wettability switching can vary when microstructures are compared with large surfaces made of the same materials. We want to study the influence of different microstructure geometrical features as well as composition of the polymer microstructures on both micro- and macroscopic wettability. Finally, we want to bridge the dynamic liquid wetting processes on switchable surfaces at micro- and macro-length scales. Aiming at revealing microscale spatial wetting heterogeneity on superhydrophobic or superoleophobic surfaces, SDAM's unique advantage is that it can be used to characterize dynamic wetting events on individual microposts by measuring droplet adhesion force (snap-in and pull-off forces) with spatial resolution down to 10  $\mu\text{m}$  and force sensitivity down to 5 nN. The SDAM technology has been recently developed by R. Ras and Q. Zhou at Aalto University. To fabricate arrays of microstructures with reentrant geometry and made of polyNIPAAm of defined polymeric composition, we will adopt the direct laser writing (DLW) technique. This will enable us to systematically investigate the responsive wettability as a function of both polymer composition and microstructure 3D shape and size.