

Antragstyp Schwerpunktprogramm - Einzelantrag - Neuantrag

Type of Proposal Priority Programme - Individual Proposal - New Proposal

Antragsdauer / Requested Duration 36 Monate / 36 months

Fach Statistische Physik, Weiche Materie, Biologische Physik, Nichtlineare Dynamik

Subject Area Statistical Physics, Soft Matter, Biological Physics, Nonlinear Dynamics

Rahmenprojekt / Framework Project SPP 2171

Titel **Dynamische Fortschritt- und Rückzugskontaktwinkel auf adaptiven Oberflächen**

Title **Dynamic advancing and receding contact angles of adaptive surfaces**

Geschäftszeichen / Reference No. **BU 1556/36-1**

Antragsteller / Applicant **Professor Dr. Hans-Jürgen Butt**
Max-Planck-Institut für Polymerforschung
Mainz

Mitverantwortlicher / Co-Applciant Dr. Rüdiger Berger
Max-Planck-Institut für Polymerforschung
Mainz

Beantragte Mittel / Budget Request:

	Beantragt / Requested		
Dauer [Monate] / Duration [Months]	36		
BU 1556/36-1			
Summe / Total [Euro]	192.270		
Professor Dr. Hans-Jürgen Butt			
	Anz. / No.	Dauer / Duration	Euro
Personalmittel / Funding for Staff			155.180
Doktorandin/Doktorand und Vergleichbare 75 % / Doctoral Researcher or Comparable 75 %	1	36	145.100
Hilfskräfte / Support Staff			10.080
Sachmittel / Direct Project Costs			37.090
Geräte bis 10.000 Euro, Software und Verbrauchsmaterial / Equipment up to EUR 10,000, Software and Consumables			27.000
Publikationen / Publications			2.250

Reisen / Travel			7.840
-----------------	--	--	-------

**Bewilligungen der letzten vier Jahre zu anderen Projekten (seit 12.10.2014) /
DFG Project Funding Over the Last Four Years (since 12.10.2014):**

Datum / Date Gz / Ref		Euro
	Professor Dr. Hans-Jürgen Butt	519.800
01.06.2016 INST 163/492-1	Sonderforschungsbereich: Einzelantrag / Collaborative Research Centres: Individual Proposal Fließprofil nahe einer bewegten Dreiphasenkontaktklinie / Flow Velocity Profile near a Moving Three-phase Contact Line	256.500
01.06.2016 INST 163/503-1	Sonderforschungsbereich: Einzelantrag / Collaborative Research Centres: Individual Proposal Kondensation von Wasser an superamphiphoben Oberflächen / Condensation of Water on Superamphiphobic Surfaces	263.300

Zusammenfassung

Eine der großen Herausforderungen in der Grenzflächenforschung ist ein quantitatives Verständnis adaptiver Oberflächen. Unter „adaptiven“ Oberflächen verstehen wir Oberflächen, deren Struktur sich in Gegenwart der Flüssigkeit oder des Dampfes ändert. Adaptionsprozesse laufen mit einer spezifischen Kinetik ab.

Kürzlich haben wir eine Theorie entwickelt (Langmuir 2018, 34, 11292), die die Adaptionskinetik mit dynamischen Kontaktwinkeln verbindet. Zwei Ergebnisse der Theorie sind: Erstens, die Adaption der Oberfläche führt zur Kontaktwinkelhysterese. Daher sind Adaptionsprozesse, neben Rauigkeit und Heterogenität der Oberfläche, mit verantwortlich für Kontaktwinkelhysterese. Zweitens, Fortschritt- und Rückzugskontaktwinkel ändern sich in klar definierter Weise mit der Geschwindigkeit der Kontaktklinie. Zusätzlich zu hydrodynamischen Effekten sind daher auch Adaptionsprozesse verantwortlich für geschwindigkeitsabhängige Kontaktwinkel.

Ziel unseres Projektes ist es unsere Theorie experimentell zu überprüfen. Dazu ist geplant die dynamischen Kontaktwinkel von sitzenden Tropfen auf Polymeroberflächen zu messen. Dies soll mit Hilfe eines selbst-gebauten Drop Adhesion Force Instrument (DAFI) geschehen. Dabei wird ein Tropfen mit einer Mikropipette über eine Oberfläche bewegt. Die dazu nötige Kraft wird gemessen, gleichzeitig mit den beiden Kontaktwinkeln. Bei dieser Methode ist der Geschwindigkeit auf maximal 5 cm/s beschränkt. Daher möchten wir die DAFI-Methode mit einem weiteren Aufbau ergänzen, der es erlaubt, rollende Tropfen auf einer schiefen Ebene zu untersuchen. Dieser Versuchsaufbau soll mit Hochgeschwindigkeitskameras ausgestattet werden. Damit ließen sich dynamische Kontaktwinkel bis zu einer Tropfengeschwindigkeit von 1 m/s messen.

Als Modelloberflächen verwenden wir Siliziumoxid-Oberflächen, auf die Polymere gepfropft sind. Zur Herstellung von Polymerbürsten unterschiedlicher Dicke verwenden wir Atom-Transfer-Radikal-Polymerisation (ATRP). Zur Untersuchung der Adaptionsprozesse, die von polaren Flüssigkeiten hervorgerufen werden, werden wir Poly-N-Isopropylacrylamid (PNIPAM) und Poly(2-Hydroxyethylmethacrylate) (PHEMA) verwenden. Polymethyl-methacrylat (PMMA) und Polystyrol (PS) Filme planen wir in Kombination mit unpolaren Flüssigkeiten zu verwenden. Als Oberflächen die nicht nur quellen, sondern sich umorganisieren ist beabsichtigt, gemischten Polymerbürsten, bestehend aus PS und Poly(2-Vinylpyridine), zu untersuchen. Die jeweilige Quell- und Umorganisationskinetik bei Kontakt mit Flüssigkeiten, soll mittels

Röntgenreflektometrie, Oberflächenplasmon-Spektroskopie und konfokaler Mikroskopie bestimmen.

Bei Erfolg stünde ein relativ universelles Modell zur Verfügung, Adaption-verursachte dynamische Kontaktwinkel und Kontaktwinkelhysterese zu beschreiben. Adaption von Oberfläche wäre damit als ein weiterer Grund für Kontaktwinkelhysterese etabliert, neben z.B. Oberflächenrauigkeit oder –heterogenität.

Summary

One of the big challenges in surface science is to quantitatively understand dynamic contact angles of adaptive surfaces. Here, we are concerned with surfaces, which spontaneously change in the presence of the liquid or its vapor.

In our recently developed theory (Langmuir 2018, 34, 11292), we related the kinetics of adaptation processes to dynamic contact angles. One result of the theory is that adaptation has two important consequences: (a) it leads to contact angle hysteresis and (b) advancing and receding contact angles become velocity dependent. Therefore, surface adaptation can be established as one cause for contact angle hysteresis (in addition to e.g. roughness and heterogeneity) and for changing dynamic contact angles (in addition to e.g. hydrodynamics). Adaptation may in particular explain the observed changes in contact angle at very low speed of the contact line.

The aim of our project is to test the theory. To reach this aim, we plan to measure the kinetics of the adaptation process for thin polymer films. With the kinetics and our adaption theory, we can calculate the dynamic advancing and receding contact angles. Finally, the predicted dynamic contact angles will be compared with the velocity-dependent contact angles of moving drops measured on the same polymer films.

To measure advancing and receding contact angle versus speed of the contact line we will use our home built Drop Adhesion Force Instrument (DAFI). In DAFI, sessile drops are moved across surfaces at defined velocity by a wire and the advancing and receding contact angles are measured optically in parallel with the force. Since DAFI is limited to velocities < 5 cm/s we plan to build up a tilted plane setup with cameras to monitor the dynamic contact angles of moving drops at velocities up to 1 m/s.

As model systems, we plan to use silicon oxide surfaces coated with different polymer brush films. Surface-initiated atom-transfer radical polymerization will be used to synthesize the polymer films. For polar liquids, we will use poly(N-isopropylacrylamide (PNIPAM) and poly(2-hydroxyethyl methacrylate) (PHEMA). For non-polar liquids, we plan to synthesize polymethyl-methacrylate (PMMA) and polystyrene (PS) brushes. Binary brush films made from PS and poly(2-vinylpyridine) (PVP) will be investigated, too, as one example of a more complex adaptation. The swelling kinetics and (re)organizations of molecules upon exposure to solvents will be investigated by X-ray reflectometry, surface plasmon resonance (SPR) and laser scanning confocal microscopy.

In case we can validate our theory, the measurement of the velocity dependence of the dynamic contact angles will allow calculating the adaption kinetics of surfaces. If successful, we would have a relatively universal framework for quantitative modeling of dynamic contact angles and contact angle hysteresis caused by adaptation processes.