

<b>Antragstyp</b>	Schwerpunktprogramm - Einzelantrag - Neuantrag
<b>Type of Proposal</b>	Priority Programme - Individual Proposal - New Proposal
<b>Antragsdauer / Requested Duration</b>	36 Monate / 36 months
<b>Fach</b>	Statistische Physik, Weiche Materie, Biologische Physik, Nichtlineare Dynamik
<b>Subject Area</b>	Statistical Physics, Soft Matter, Biological Physics, Nonlinear Dynamics
<b>Rahmenprojekt / Framework Project</b>	SPP 2171
<b>Titel</b>	<b>Ensembles sitzender und rutschender Tropfen auf elastischen Medien - Experiment, Simulation und Theory</b>
<b>Title</b>	<b>Ensembles of sitting and sliding drops on elastic media - experiment, simulation and theory</b>
<b>Geschäftszeichen / Reference No.</b>	<b>SN 145/1-1</b>
<b>Antragsteller / Applicant</b>	<b>Professor Dr. Jacobus Snoeijer, Ph.D.</b> Universiteit Twente Faculty of Science and Technology Enschede <b>Niederlande</b>
<b>Geschäftszeichen / Reference No.</b>	<b>TH 781/12-1</b>
<b>Antragsteller / Applicant</b>	<b>Professor Dr. Uwe Thiele</b> Westfälische Wilhelms-Universität Münster Fachbereich 11 - Physik Institut für Theoretische Physik Münster
<b>Kooperations- partnerinnen und Kooperations- partner / Cooperation Partners</b>	Dr. Karin John LIPhy, Laboratoire interdisciplinaire de Physique Grenoble Frankreich / France  Professor Dr. Harald Van Brummelen Eindhoven University of Technology Department of Mechanical Engineering Eindhoven Niederlande / Netherlands

**Beantragte Mittel / Budget Request:**

	<b>Beantragt / Requested</b>
--	------------------------------

<b>Dauer [Monate] / Duration [Months]</b>	<b>36</b>		
<b>SN 145/1-1</b>			
<b>Summe / Total [Euro]</b>	<b>199.630</b>		
<b>Professor Dr. Jacobus Snoeijer, Ph.D. , Niederlande / Netherlands</b>			
	<b>Anz. / No.</b>	<b>Dauer / Duration</b>	<b>Euro</b>
<b>Personalmittel / Funding for Staff</b>			<b>174.800</b>
Postdoktorandin/Postdoktorand und Vergleichbare 100 % / Postdoctoral Researcher or Comparable 100 %	1	30	174.800
<b>Sachmittel / Direct Project Costs</b>			<b>24.830</b>
Geräte bis 10.000 Euro, Software und Verbrauchsmaterial / Equipment up to EUR 10,000, Software and Consumables			8.400
Publikationen / Publications			2.250
Reisen / Travel			14.180
<b>TH 781/12-1</b>			
<b>Summe / Total [Euro]</b>	<b>174.338</b>		
<b>Professor Dr. Uwe Thiele</b>			
	<b>Anz. / No.</b>	<b>Dauer / Duration</b>	<b>Euro</b>
<b>Personalmittel / Funding for Staff</b>			<b>158.108</b>
Doktorandin/Doktorand und Vergleichbare 75 % / Doctoral Researcher or Comparable 75 %	1	36	145.100
Hilfskräfte / Support Staff			13.008
<b>Sachmittel / Direct Project Costs</b>			<b>16.230</b>
Publikationen / Publications			2.250
Reisen / Travel			13.980
<b>Gesamtsumme / Total</b>	<b>373.968</b>		

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

<b>Datum / Date Gz / Ref</b>		<b>Euro</b>
	<b>Professor Dr. Uwe Thiele</b>	<b>300.050</b>
18.12.2017 TH 781/8-1	Sachbeihilfe: Einzelantrag / Research Grants Programme: Individual Proposal Einbringung von Instabilitäten in großflächige Dünnschichtbeschichtungen mit komplexen Flüssigkeiten / Employing Instabilities in Large Area Thin-Film Coating with Complex Fluids	191.650
03.06.2016 INST 211/621-2	SFB/Transregio: Einzelantrag / CRC/Transregio: Individual Proposal Aufdampfen von Molekülen auf vorstrukturierte Substrate - von mikroskopischen zu mesoskopischen Modellen / Vapour deposition of molecules on pre-structured substrates - from microscopic to mesoscopic models	108.400

**Zusammenfassung**

Tröpfchen auf weichen elastischen Substraten sind ein paradigmatisches Beispiel für adaptive Benetzung, bei der Kapillaritäts-induzierte elastische Verformungen die Benetzungseigenschaften erheblich beeinflussen. Jüngste Arbeiten haben gezeigt, dass Substrate aus vernetzten Polymeren vielseitige Möglichkeiten bieten, Kontaktwinkel von Tröpfchen sowie deren

Verteilung, gerichtete Bewegung, Kondensation und Aufprall zu manipulieren. Man hat lediglich begonnen, die volle Vielfalt dieser Phänomene zu erforschen, und derzeit gibt es noch nicht einmal ein vollständig quantitatives Verständnis des Verhaltens einzelner Tropfen - geschweige denn von Ensembles von Tropfen. Die größten Herausforderungen liegen dabei einerseits in den komplizierten Effekten der Oberflächenspannung elastischer Festkörper und wie sich diese auf das Kräftegleichgewicht in der Nähe der Kontaktlinie auswirken. Andererseits wird die Dynamik von der Viskoelastizität des Substrats und den elastokapillaren Wechselwirkungen zwischen den Tröpfchen bestimmt.

Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung und Nutzung von Versuchsaufbauten, detaillierten direkten numerischen Simulationen, effektiven Langwellenmodellen und einer statistischen Beschreibung vom Smoluchowski-typ zur Untersuchung des Verhaltens von Tropfen einfacher nichtflüchtiger und flüchtiger Flüssigkeiten auf flexiblen Substraten. Der erste Teil des Projekts konzentriert sich auf einzelne Tropfen. Wir wollen über die bisherigen Ansätze hinausgehen, die fast ausschließlich auf linearer Elastizität basieren, und detaillierte Simulationen entwickeln, die die Mechanik großer Verformungen in der Nähe der Kontaktlinie zugänglich machen. Ziel ist eine vollständige quantitative first-principle Beschreibung des Benetzungsverhaltens einzelner Tropfen. Dies wird die Grundlage für den zweiten Teil des Projekts bilden, in dem wir das kollektive Verhalten von Tropfenensembles auf weichen Substraten untersuchen. Experimente an Ensembles, die durch eine externe Triebkraft oder Verdunstungs/Kondensation angetrieben werden, werden durch einen multiskaligen Modellierungsansatz ergänzt, bei dem wir die Dynamik mit verschiedenen Graden an Detail auflösen. Wir entwickeln effektive Langwellenmodelle, die aus den experimentellen und vollständigen Simulationsergebnissen für einzelne Tropfen kalibriert werden, was den Weg für die Simulation einer großen Anzahl von Tropfen und schließlich für die statistische Modellierung von Tropfenensembles öffnet.

Die konsequente Kombination von Experiment, Simulation und Theorie bietet einen multiskaligen Rahmen, der qualitative und quantitative Erkenntnisse zur Benetzung flexibler Substrate liefert. Dies wird das Zusammenspiel von Tropfen- und Substratdynamik sowie die resultierenden Gesetze des Rutschens, der Haft-Rutsch-Bewegung (stick-slip) und der Koaleszenz einzelner Tropfen und ihres kollektiven Ensembleverhaltens zugänglich machen.

## Summary

Droplets on soft elastic substrates are a paradigmatic example of adaptive wetting, where capillarity-induced elastic deformations dramatically affect the wetting properties. Recent work has shown that substrates made from cross-linked polymer networks offer versatile routes to manipulate contact angles of droplets, as well as their spreading, directed motion, condensation and splashing. However, the full richness of these phenomena is only beginning to be explored and at present there is even no fully quantitative understanding of the behaviour of single drops -- let alone ensembles of drops. Key challenges lie in the intricate effects of solid surface tension, and how this affects the force balance near the contact line, while dynamics involves viscoelasticity of the substrate and elastocapillary interactions between droplets.

This project aims at developing and utilising experimental setups, detailed direct numerical simulations, effective long-wave models and a Smoluchowski-type statistical description to investigate the behaviour of drops of simple nonvolatile and volatile liquids on flexible substrates. The first part of the project focusses on single drops. We wish to go beyond the current approaches that are almost exclusively based on linear elasticity, and develop detailed simulations that reveal the large-deformation mechanics near the contact line. The goal is a first-principles fully quantitative

description of the wetting behaviour of single drops. This will form the basis for the second part of the project, where we will investigate the collective behaviour of ensembles of drops on soft substrates. Experiments on droplet ensembles, driven by external forcing or evaporation-condensation, will be complemented by a multi-scale modelling approach where we resolve the dynamics on different levels of detail. We develop effective long-wave models that are calibrated from the experimental and full simulation results for single drops, which opens the way for simulations of a large number of droplets, and ultimately for statistical modelling of drop ensembles.

The consistent combination of experiment, simulation and theory offers a multi-scale framework that provides qualitative and quantitative insights into the wetting of flexible substrates. It will reveal the interplay of drop and substrate dynamics, and the emergent laws of sliding, stick-slip motion and coalescence of individual drops and their collective ensemble behaviour.