

Experimentelle Tropfenmandalas: Fasermorphologie in hängenden Tropfen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Bachelor-/Masterthesis
7. März 2024

Hintergrund

Strähnchen nach dem Duschen erfährt jeder in seinem Alltag und dennoch kennt kaum einer die Ursache. Der Grund für dieses Phänomen liegt in der sogenannten Elastokapillarität. Sitzt ein Tropfen auf einer Oberfläche, so wirkt tangential zur Tropfenoberfläche die Oberflächenspannung. Diese resultiert in einer Kraft senkrecht zur Oberfläche und kann flexible Materialien wie beispielsweise Folien verformen (siehe Bild: Kapillares Origami). Doch auch bei schwebenden Tropfen kann Elastokapillarität eine bedeutende Rolle spielen. So winden sich hydrophile Fasern aufgrund dieser Kapillarkraft bei Kontakt in Wassertropfen. In der Natur nutzen Spinnen Mikrotropfen zur Elastizitätsverbesserung ihres Netzes. Die im Tropfen aufgewickelte Spinnseide entwickelt sich bei Zug und bietet damit interessante Möglichkeiten für die Bionik [1, 2]. Weiterhin kann dieser Effekt in der Industrie zur Herstellung von Mikroelektronik genutzt werden [3].

Die Aufwicklung einer Faser im Tropfen ergibt sich aus dem Trade-off zwischen Reduktion der Oberflächenenergie in Wasser und der durch Biegung hervorgerufenen elastischen Energie. Hierbei hat die Faser die Möglichkeit, sich entweder über der gesamten Tropfenoberfläche ungeordnet zu verteilen oder wie eine Spule geordnet aufzuwickeln (siehe untere Bilder) [2]. Simulationen ergeben, dass der Einführwinkel, die Länge und die Dicke der Faser für den Ordnungszustand der Faser im Tropfen verantwortlich sind [5].

Darum soll in dieser Arbeit das Aufwickelverhalten und die daraus resultierende Morphologie verschiedener Fasern im hängenden Tropfen experimentell untersucht werden. Mittels einer Highspeed-Kamera wirst du die dynamische Entwicklung sowie den Endzustand der Fasermorphologie in einem hängenden Tropfen verfolgen. Eine Parameterstudie soll dabei den Einfluss verschiedener Fluid- und Fasereigenschaften (bspw. Viskosität und Biegesteifigkeit), sowie Einführbedingungen (bspw. Einführwinkel) und Tropfenform (bspw. Einfluss Gravitationskräfte oder Verformung durch Faser) aufklären. Abschließend sollen Kriterien für die Änderung der Morphologie über den Parameterraum ausgearbeitet werden.

Deine Aufgaben

1. Literaturrecherche zu Elastokapillarität und Ordnungszuständen
2. Definition von Auswertungskriterien
3. Entwicklung eines Versuchsaufbaus und des Versuchsplanes, sowie Auswahl der zu untersuchenden Parametern
4. Durchführung der Parameterstudie
5. Beschreibung des Aufwickelprozesses, Auswertung der Morphologie, Vergleich mit Simulationsergebnissen und Identifikation verschiedener Regime



Nano- and
Microfluidics

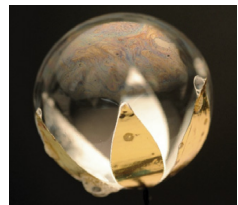
M. Sc. Lisa Bauer
L2|06 Center of Smart Interfaces
bauer@nmf.tu-darmstadt.de
www.nmf.tu-darmstadt.de

Key Facts

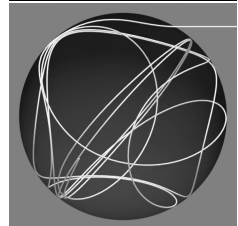
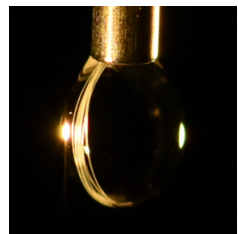
- Bachelor-/Masterthesis
- Experimentelle Arbeit
- Interdisziplinär Struktur- und Strömungsmechanik
- Flexibler Starttermin

Bei Fragen oder Ideen schick mir einfach eine E-Mail!

Kapillares Origami [4]:



Experiment einer geordneten und Simulation einer ungeordneten Morphologie:



Was wir bieten

- Interdisziplinäres Thema zwischen **Struktur- und Strömungsmechanik**
- **Enge Betreuung** und Unterstützung bei der **Entwicklung eigener Ideen**
- **Nutze die Arbeit zu deiner persönlichen Entwicklung!** Wir geben dir die Zeit dich in die Themen und Programme einzuarbeiten, die du für deine Laufbahn wichtig hältst. Bei einer Masterarbeit hast du zusätzlich die Möglichkeit den Fokus an deine persönlichen Interessen anzupassen (bspw. Image Processing in bspw. Python, mathematische Definition des Ordnungszustandes, experimentelle Vertiefung am Konfokalmikroskop)

Was Du mitbringst

- **Grundkenntnisse in Struktur- und Strömungsmechanik**
- **Motivation** an der Arbeit an einem aktuellen Forschungsthema
- **Zuverlässigkeit und selbstständiges Denken**
- Erfahrungen im Umgang mit Experimenten oder Grundkenntnisse von Simulationen sind hilfreich

Neugierig? – Melde dich bei uns!

Literatur

- [1] J. Bico, É. Reyssat, and B. Roman. Elastocapillarity: When Surface Tension Deforms Elastic Solids. 50(1):629–659, 2018.
- [2] H. Elettro, F. Vollrath, A. Antkowiak, and S. Neukirch. Drop-on-coilable-fibre systems exhibit negative stiffness events and transitions in coiling morphology. 13(33):5509–5517, 2017. Journal Article.
- [3] P. Grandgeorge, A. Antkowiak, and S. Neukirch. Auxiliary soft beam for the amplification of the elasto-capillary coiling: Towards stretchable electronics. 255:2–9, 2018. Journal Article Review.
- [4] B. Roman and J. Bico. Elasto-capillarity: deforming an elastic structure with a liquid droplet. 22(49):493101, 2010. Journal Article.
- [5] S. Sannyamath, R. Vetter, H. Bonart, M. Hartmann, R. Ganguly, and S. Hardt. Disorder-to-order transition of long fibers contained in evaporating sessile drops. 2024. Journal Article.



**Nano- and
Microfluidics**

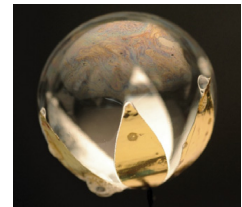
M. Sc. Lisa Bauer
L2|06 Center of Smart Interfaces
bauer@nmf.tu-darmstadt.de
www.nmf.tu-darmstadt.de

Key Facts

- Bachelor-/Masterthesis
- Experimentelle Arbeit
- Interdisziplinär Struktur- und Strömungsmechanik
- Flexibler Starttermin

Bei Fragen oder Ideen schick mir einfach eine E-Mail!

Kapillares Origami [4]:



Experiment einer geordneten und Simulation einer ungeordneten Morphologie:

