

Untersuchungen zur Struktur und Dynamik freitragender flüssiger Filme

In der vorliegenden Arbeit wurde die Dynamik dreier Systeme mithilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera untersucht:

- das Reißen dünner flüssiger Filme,
- der Kollaps von Katenoiden und
- die Schwingung von Blasen.

Während der Untersuchungen zum Reißen dünner Filme wurde vorwiegend mit der flüssigkristallinen Substanz 8CB (4'-Octyl-biphenyl-4-carbonitrile) gearbeitet, der sich bei in den Experimenten in der smektischen A-Phase befand. Hierbei konnten die Filmdicken selbst während des Reißens mithilfe einer berührungslosen Methode beobachtet werden. Die Filmdicken smektischer Blasen waren in der Größenordnung von $1\ \mu\text{m}$.

Das bisher verwendete Modell zum Reißen dünner flüssiger Filme konnte verifiziert werden. Aufnahmen mit der größtmöglichen Aufnahmegeschwindigkeit von 10^5 Bildern pro Sekunde bestätigten die im Modell zugrunde gelegte Annahme, die Flüssigkeit verhalte sich während des Reißens wie eine nicht-viskose Substanz, da selbst bei dieser hohen zeitlichen Auflösung keine Abweichung von der linearen Abhängigkeit der Reißgeschwindigkeit von der Zeit nachgewiesen werden konnte. Weiterhin wurde eine Erhöhung der Filmdicke während des Reißens festgestellt, die auch im Falle von Blasen aus einer Tensidlösung nachgewiesen werden konnte.

Ein weiteres Phänomen, welches spezifisch für Filme aus 8CB beobachtet wurde, ist die Streuung transmittierten Lichts. Diese Streuung ist auf die Ausbreitung transversaler Wellen im smektischen Film zurückzuführen. Diese Wellenausbreitung ist aufgrund der inneren Struktur smektischer Materialien möglich und konnte somit nicht in Seifenfilmen nachgewiesen werden.

Die Untersuchung des Katenoidenkollaps fand ausschließlich mit der Substanz 8CB statt. Die Katenoiden wurden zwischen zwei Ringen mit einem Radius von 4 mm gezogen.

Es wurde der Einfluss der Trägheiten der Luft und des Filmmaterials auf die Dynamik kollabierender Katenoiden untersucht. Der Einfluss der Filmträgheit konnte durch Aufnahmen des Kollapses verschieden dicker Filme analysiert werden. Der Einfluss der Luft wurde durch die Evakuierung der Luft in einer Plexiglaskiste, in der sich die Katenoide befand, separat analysiert. Die Trägheiten der Luft und des Films spiegelten sich sowohl in der Kollapseschwindigkeit, als auch in der Form der Katenoiden während des Kollapses wider.

Es wurden drei Erscheinungsformen der Katenoiden während des Kollapses gefunden. Im ersten Szenarium wird etwas Luft im Inneren der Katenoide eingeschlossen, es entsteht eine Satelliten-Blase. Die zweite Möglichkeit war die Ausbildung eines Filaments. In diesem Fall konnte die Luft im Inneren der Katenoide vollständig entweichen. Im dritten Fall konnte eine Mischung beider Erscheinungsformen nachgewiesen werden.

Der dritte Themenkomplex dieser Arbeit beschäftigt sich mit der Schwingung von Seifenblasen. Diese Blasen befanden sich in einem Plexiglaskasten und schwebten auf einer Schicht Butan. Bei der Fusion zweier Blasen bildet sich eine sog. Plateau-Grenze, die, wenn sie reißt, die Blase zu Schwingungen anregt.

Im Experiment konnte bestätigt werden, dass für diese Auswertung die Blasen als rotationssymmetrisch angenommen werden können. Eine Zerlegung der Blasenform in Kugelflächenfunktionen ergab eine Amplitudenschwingung der einzelnen Moden für $n > 0$. Die Frequenzen der einzelnen Moden hingen stark von den durchschnittlichen Blasenradien ab. Es wurde für $R > 14\ \text{mm}$ ein Zusammenhang zwischen dem Blasenradius und der Frequenz der zweiten Mode gefunden, der im Falle der neun ausgewerteten Blasen gut mit den Frequenzen, die sich nach dem Modell von Lamb berechnen lassen, übereinstimmen.

Die vorliegenden Untersuchungen deuten auf Kopplungen der einzelnen Moden hin, wobei die Ursache der Kopplungen noch offen ist.

Die Dämpfung der zweiten Mode hing stark vom durchschnittlichen Radius der Blase ab. Für Radien von mehr als 14 mm (kleinere Blasen wurden nicht analysiert) wuchs die Dämpfung linear mit dem Radius an.