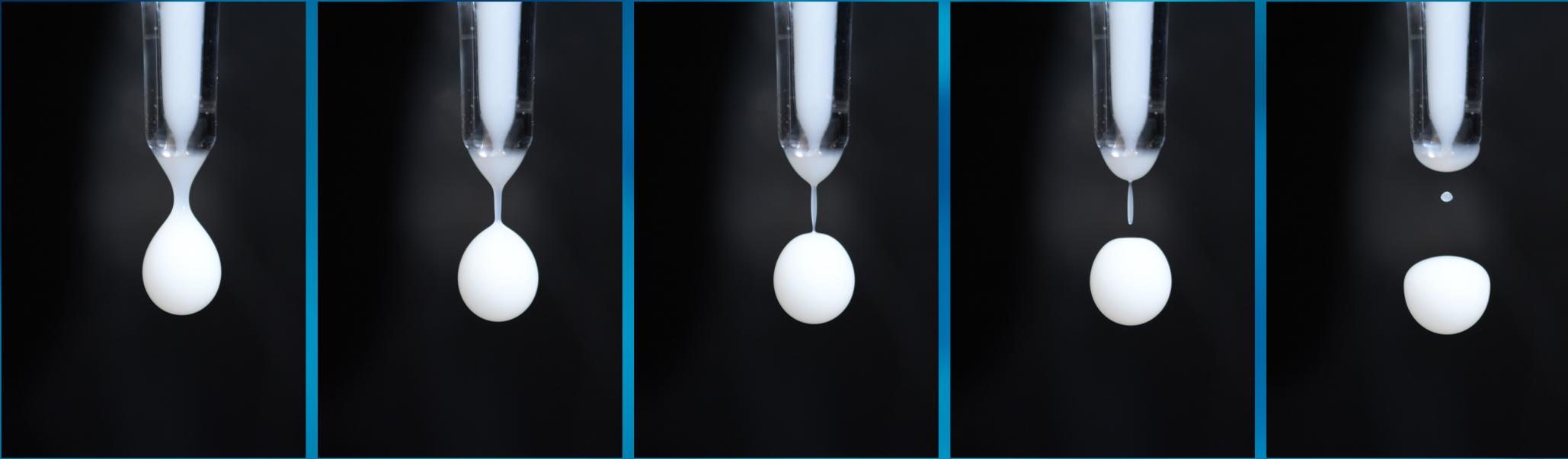


Ziel: Bestimmung der kapillaren Länge und der Oberflächenspannung verschiedener Fluide  
Charakterisierung des Abrissverhaltens von Tropfen: Analyse des minimalen Halsradius



## Grundlagen

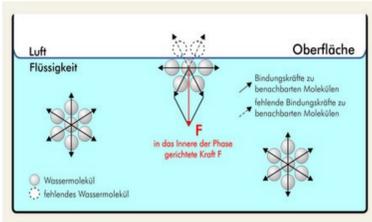
### Oberflächenspannung $\sigma$

- Materialparameter einer Flüssigkeit

$$\sigma \sim \frac{U}{2R^2}$$

U= gesamte Kohäsionsenergie  
R=charakteristische molekulare Längenskala

- Weniger Nachbarmoleküle an der Oberfläche  
  - energetisch ungünstiger Zustand
- Minimierung der Oberfläche  
  - Tropfenbildung



Prinzip der Oberflächenspannung (<http://sita-process.com/>)

### Bond-Zahl $Bo$

- Verhältnis von Gewichtskraft zu Oberflächenspannung:

$$Bo = \frac{\rho \cdot g \cdot R^2}{\sigma}$$

$\rho$ =Dichte  
 $g$ =Erdbeschleunigung

- Kräftegleichgewicht beim Tropfenabriss  
  - $\rightarrow Bo = 1$



Wasserläufer (<http://www.schule-adetswil.org/Schulhauslexikon/6.klasse/wasserlaeufer.html>)

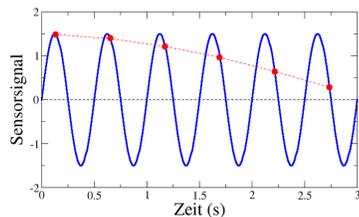
### Kapillare Länge $l_k$

- Entspricht Durchmesser des Tropfens

$$l_k = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}}$$

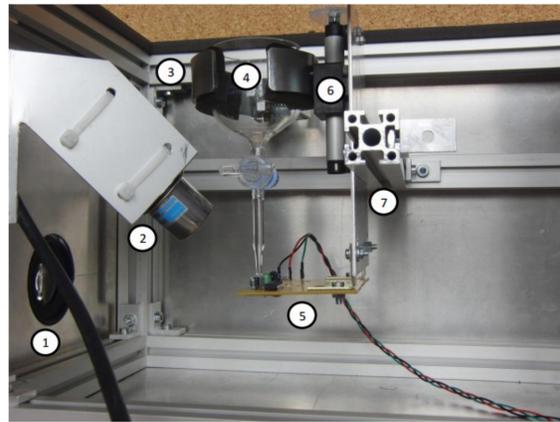
### Sub-sampling

- Abtasten eines periodischen Signals mit weniger als der doppelten Frequenz
- Zeitlich versetzte Bilder



Prinzip des Sub-sampling

## Versuchsaufbau

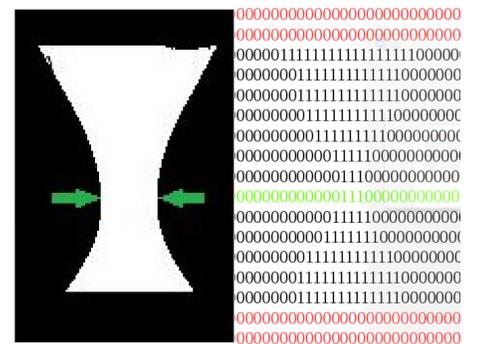


1:Digitalkamera; 2: Blitzgerät; 3:Stativhalterung; 4:Tropfgerät; 5: Lichtschranke; 6: Lineartisch; 7: Profilschiene als Halterung

- Verschiedene zeitliche Stadien der Tropfenbildung und des Falls werden aufgenommen (Sub-sampling)
- Flüssigkeit tropft aus einer Glaskapillare ( $\varnothing \approx 1\text{mm}$ )
- Tropfen löst eine Lichtschranke aus
- Automatische Verzögerung der Bildaufnahme
- Kamera:Nikon D3100 Objektiv: AF-S Micro Nikor 85mm 1:35G ED
- Flüssigkeiten:  
Wasser-Milch Emulsion (89/11)  
Glycerin-Milch Emulsion (80/20)  
Milch

## Tropfenanalyse (Matlab)

- Originalbild  $\rightarrow$  binäres Bild
- Wahl des Bildausschnitts für Analyse:  
Einfügen von 0-Zeilen ins Binärbild
- Berechnung der Summe jeder Zeile
- Minimum aller Zeilen entspricht dem minimalen Halsradius eines Bildes
- Plotten der Halsradien gegen die Zeit



Binärbild des Tropfenhalses mit angezeigtem minimalen Halsradius

Schematische Darstellung einer Matrix des Tropfenhalses (Rote Zeilen sind nachträglich eingefügt, Grüne Zeile=minimaler Radius)

## Ergebnisse

- Zeitliche Entwicklung des minimalen Halsradius für drei verschiedene Fluide: Identifikation von zwei verschiedenen Regimes des Tropfenabrisses

- Regime: Frühes bis mittleres Stadium der Tropfenbildung:  
Exponentielle Abnahme des Tropfenhalsradius zeigt, dass die Tropfenentwicklung gedächtnislos ist.  
Halsprofil ändert sich unabhängig von Durchmesser und Form der Glaskapillare.
- Regime: Spätes Stadium der Tropfenbildung:  
Lineares Schrumpfen des minimalen Tropfenhalses, d.h. Tropfen verhalten sich selbstähnlich, Halsprofil kurz vor dem Abriss ist universell.

- Bestimmung der Oberflächenspannung aus dem Tropfendurchmesser

$$\sigma = l_k^2 \cdot \rho \cdot g$$

Wasser-Milch: 73,12 dynes/cm  
Milch: 68,35 dynes/cm

