

# Seifenblasen

## SOWAS-Gruppe C: Talha Demirci, Vanessa Frohn, Marco Wolf | Projektleiter Timo Kruck

Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44780 Bochum  
 talha.demirci@rub.de, vanessa.frohn@rub.de, marco.wolf@rub.de | timo.kruck@rub.de

### Motivation

Jeder kennt Seifenblasen aus dem Alltag. Wir stellten uns die Frage, welche äußeren Einflüsse die Größe der Seifenblase beeinflussen. Bei der Recherche zu dem Thema sind wir auf die Young-Laplace-Gleichung gestoßen, die den Radius in Verhältnis zur Oberflächenspannung und der Druckdifferenz setzt. Dieses Gesetz werden wir in unserem Projekt verifizieren.

### Versuchsdurchführung

Die Oberflächenspannung  $\sigma$  bestimmen wir mithilfe der Abreißmethode, bei der ein Schneidenring, dessen Innenradius näherungsweise dem Außenradius  $R$  entspricht, an eine Federwaage gehängt und in die Flüssigkeit getaucht wird. Der Behälter mit der Flüssigkeit auf der Hebebühne wird daraufhin hinunter gefahren, bis die Lamelle der Flüssigkeit abreißt und man in diesem Moment die maximale Kraft  $F$  ablesen kann. Daraus kann man die Oberflächenspannung  $\sigma$  errechnen:

$$\sigma = \frac{F}{4\pi R} \quad (3)$$

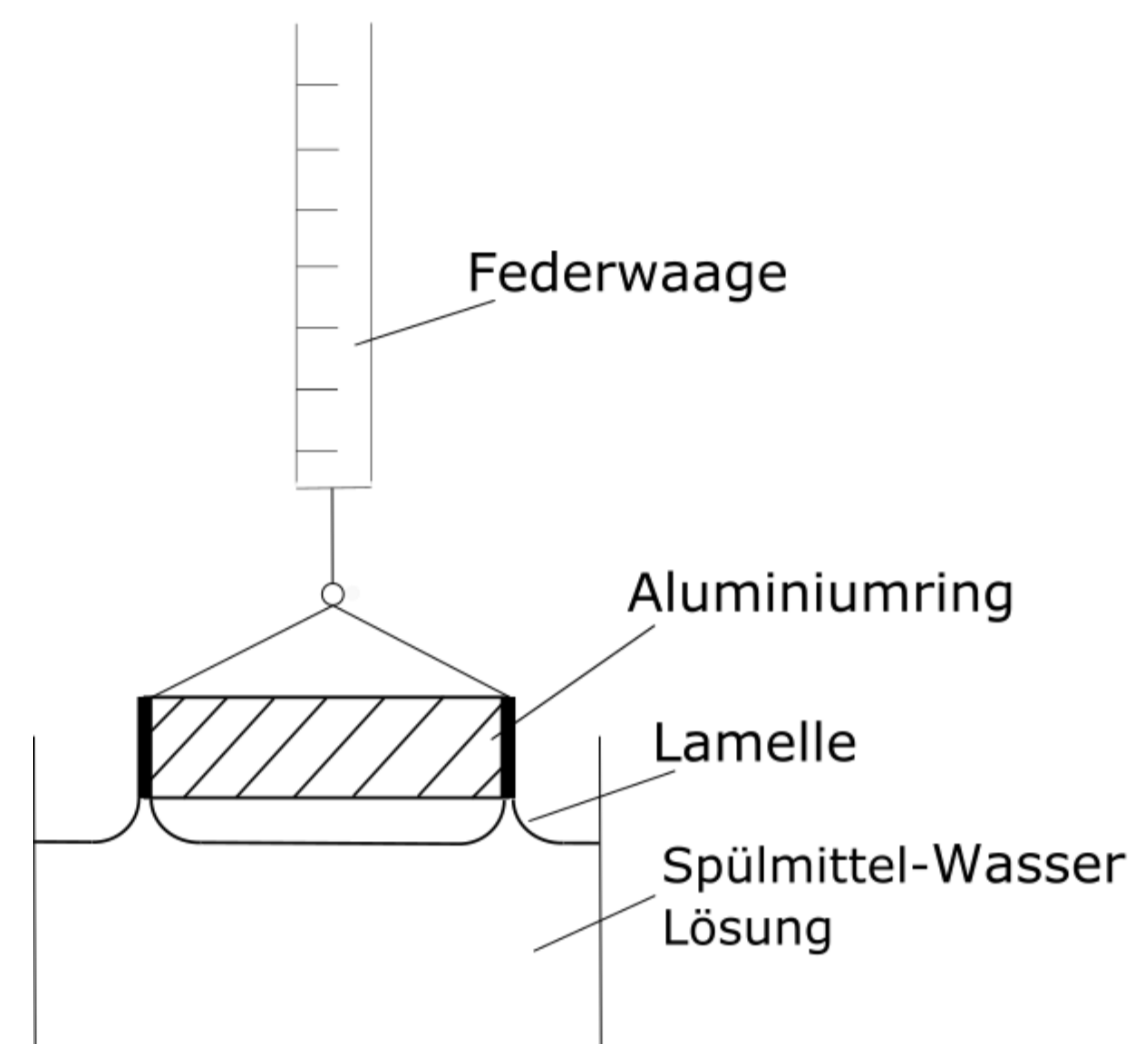


Abb. 3: Aufbau Abreißmethode

Die Radiusmessung führen wir mithilfe einer Spiegelreflexkamera durch, die wir dazu vorher mithilfe einer mm-Skala in der Ebene der Seifenblase kalibrieren. Wir messen in verschiedenen Abständen zum Rohr (gelb: 3mm, blau: 22mm und rot: 44mm) die Anzahl der Pixel pro Millimeter, um Objektivkrümmungen auszuschließen.

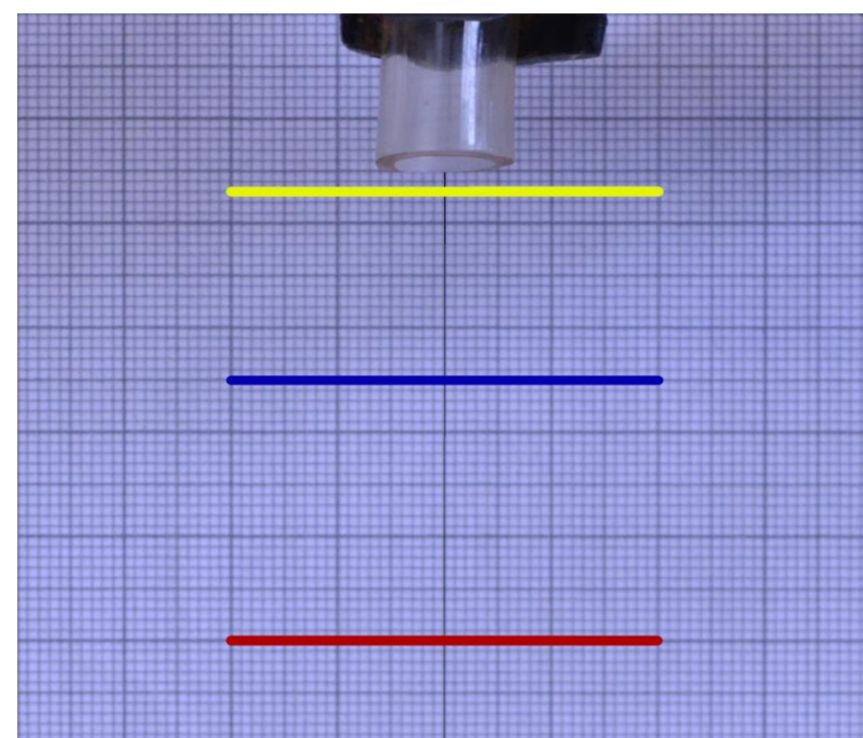


Abb. 4: Kalibrierung der Kamera

Die Druckmessung führen wir daraufhin sowohl mit dem Schrägrohrmanometer, das wir nach Abbildung 5 aufbauen, als auch direkt mit dem Messgerät nach Abbildung 6 durch. Bei dem Schrägrohrmanometer messen wir den Druck  $p_1$  in der Vorkammer mithilfe eines Druckmessgeräts. Den Druck in der Seifenblase  $p_s$  erhalten wir dann durch:

$$p_s = p_1 - p_d \quad (4)$$

wobei der Druck  $p_d$  im Schrägrohr gegeben ist mit:

$$p_d = \rho * g * \sin(\alpha) * \Delta l \quad (5)$$

### Physikalische Grundlagen

Eine Seifenblase ist die Blase einer Flüssigkeit, die Tenside enthält, die sich so ausrichten, dass der hydrophile Teil (hier rot) in die Mitte zeigt und somit in die Flüssigkeit eintaucht. Durch die Oberflächenspannung  $\sigma = \frac{\text{verrichtete Arbeit}}{\text{Flächenänderung}}$  wird die Oberfläche  $A$  und damit die potentielle Energie minimiert, was durch eine kugelsymmetrische Form realisiert wird. Die Tenside sorgen hierbei für Stabilität, da sie einerseits schnelle Verdampfung verhindern und andererseits die Seifenblasenoberfläche durch den Marangoni-Effekt stabilisieren. Bei Wasser verhindern die Gewichtskraft und die Verdampfung eine Seifenblasenbildung. Glycerin und Zucker jedoch, erhöhen die Zähflüssigkeit und senken die Verdampfungsrate. Laut Young und Laplace [2] gilt die Gleichung:

$$\Delta p = \sigma * \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (1)$$

mit der Druckdifferenz  $\Delta p$  und  $r_1, r_2$  als Hauptkrümmungsradien.

Durch das in Abbildung 1 dargestellte theoretische Modell der Seifenblase, muss man allerdings die Oberflächenspannung  $\sigma$  doppelt nehmen und als Näherung kann man  $r_1 = r_2 = r$  setzen, wodurch sich ergibt:

$$\Delta p = \frac{4\sigma}{r} \quad (2)$$

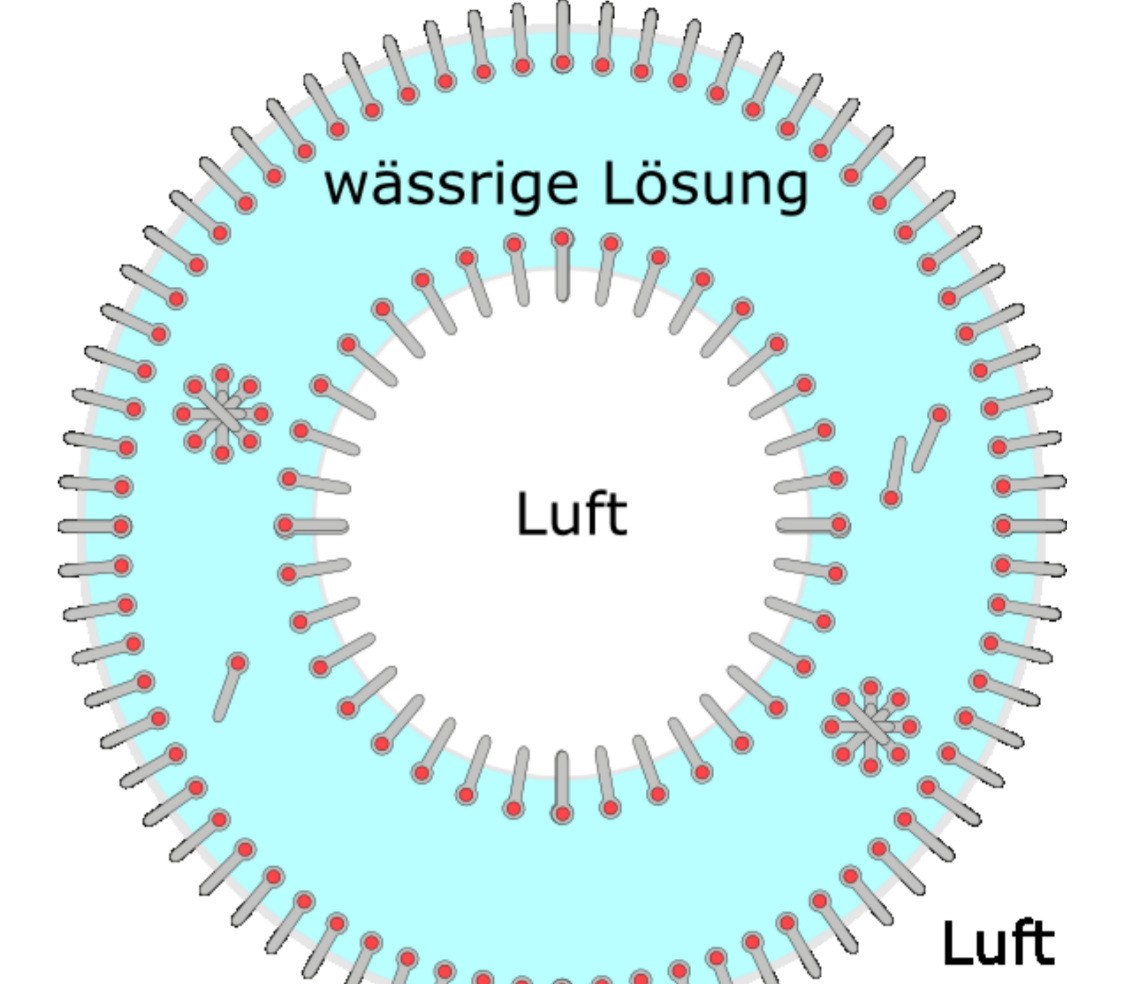


Abb. 1: Theoretischer Aufbau einer Seifenblase [1]

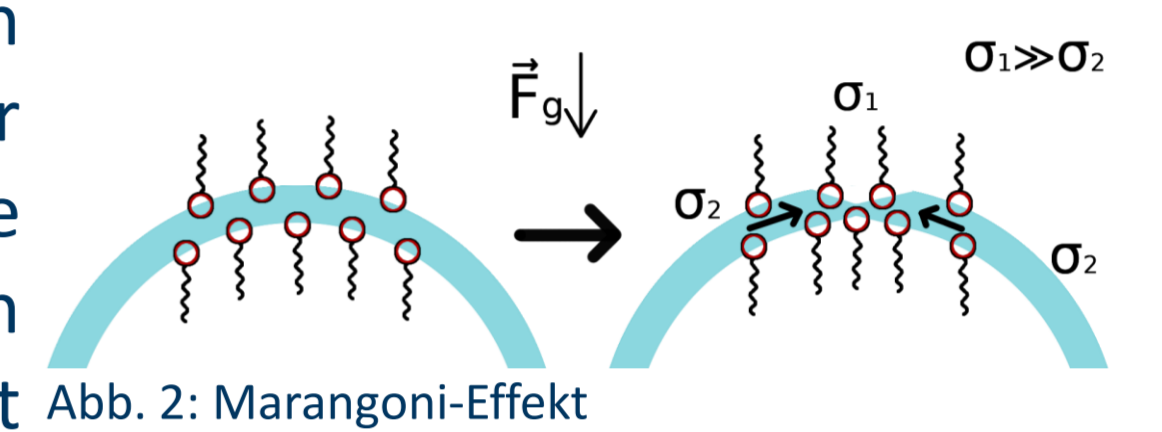


Abb. 2: Marangoni-Effekt

### Aufbau der Druckmessungen

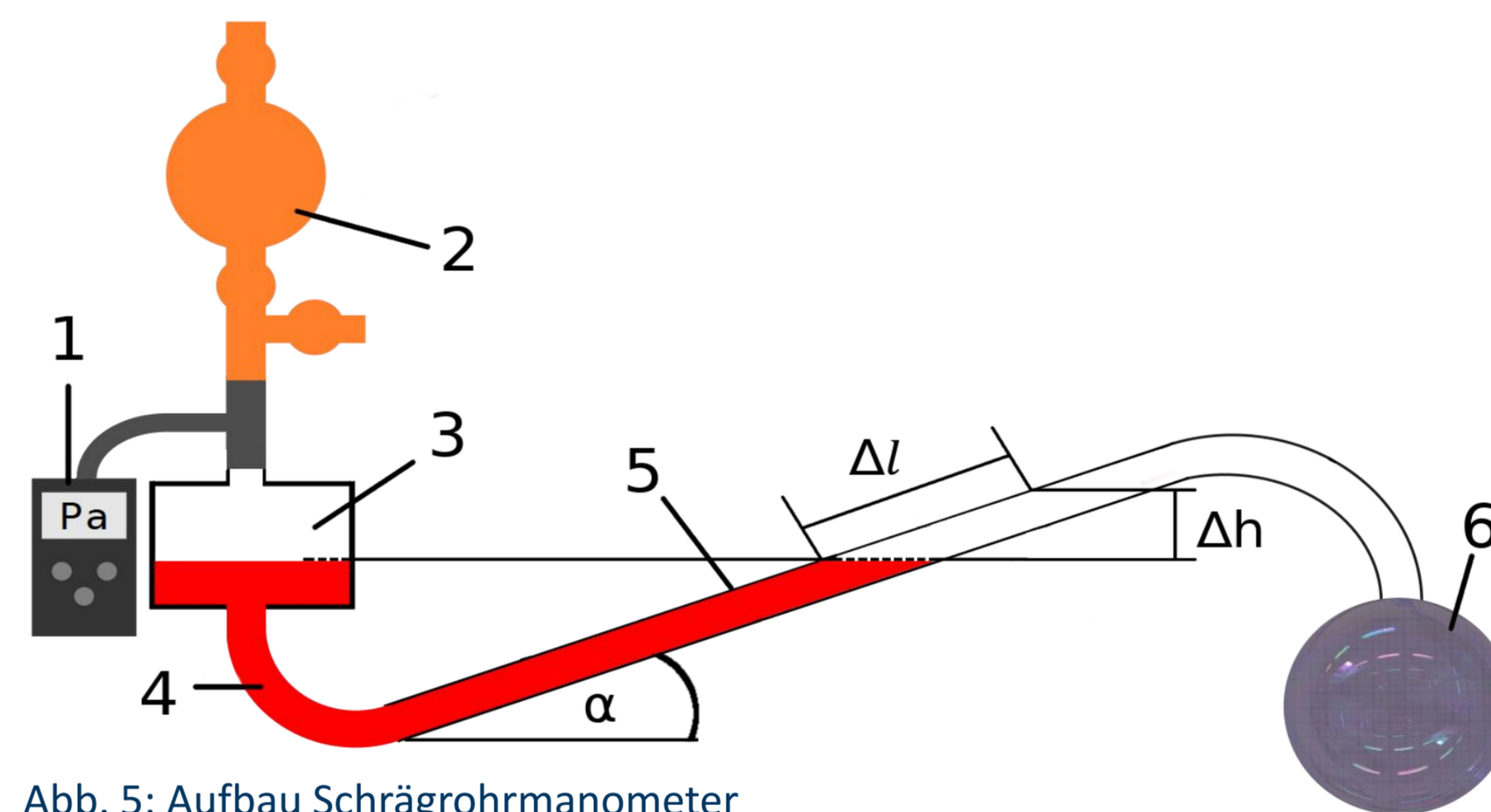


Abb. 5: Aufbau Schrägrohrmanometer

- 1 – Druckmessgerät in [Pa]
- 2 – Peleusball
- 3 – Flüssigkeitsbehälter
- 4 – gefärbter Ethanol mit Dichte  $\rho = 825 \frac{kg}{m^3}$
- 5 – Schrägrohr mit mm-Skala
- 6 – Seifenblase

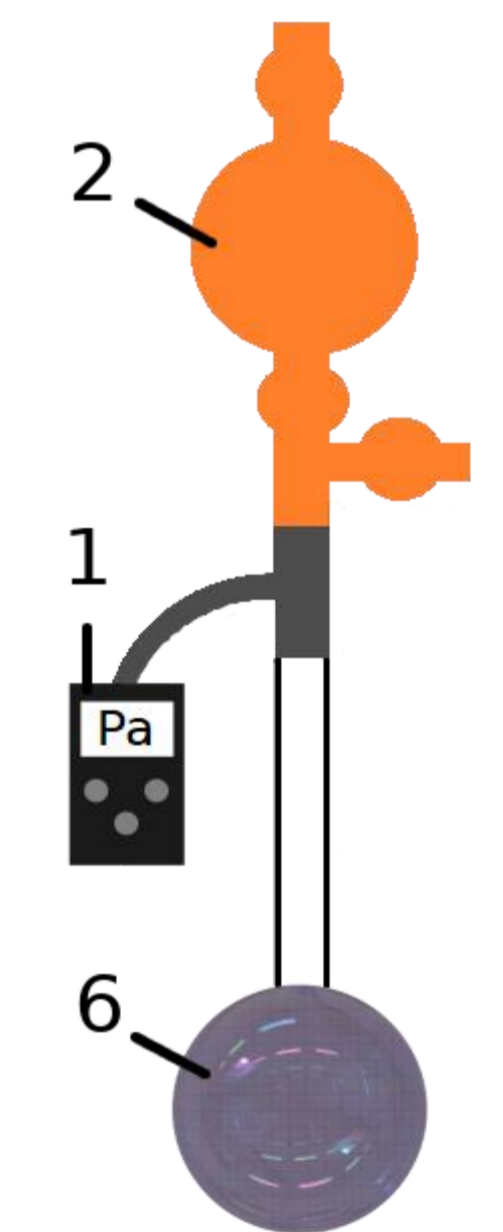


Abb. 6: Aufbau Direkte Messung

### Ergebnisse

| Messmethode               | Abreißmethode (Abb. 3) | Schrägrohrmanometer (Abb. 8) | Direkte Messung (Abb. 9) |
|---------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|
| $\sigma_1 / \frac{mN}{m}$ | $34,4 \pm 2,7$         | $62 \pm 4$                   | $29,5 \pm 2,3$           |
| $\sigma_2 / \frac{mN}{m}$ | $36,8 \pm 2,7$         | $83,3 \pm 2,6$               | $31,8 \pm 2,5$           |

Tabelle 1: Oberflächenspannungsmessung für die  
 1. Seifenblasenflüssigkeit (20ml destilliertes Wasser, 20ml Spülmittel) und  
 2. Seifenblasenflüssigkeit (7g Zucker, 75ml destilliertes Wasser, 25ml Spülmittel, 2ml Glycerin)

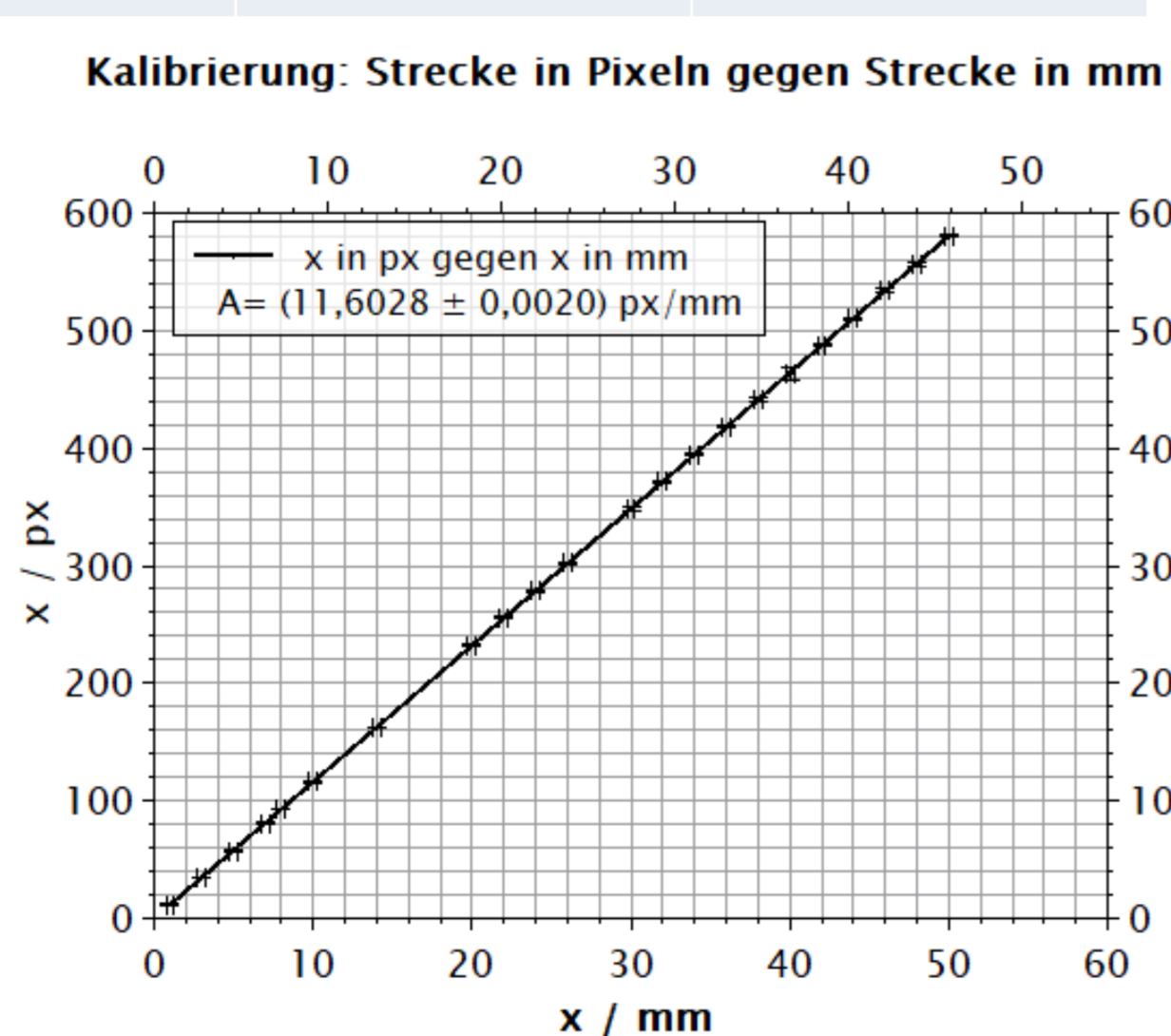


Abb. 7: Kalibrierung

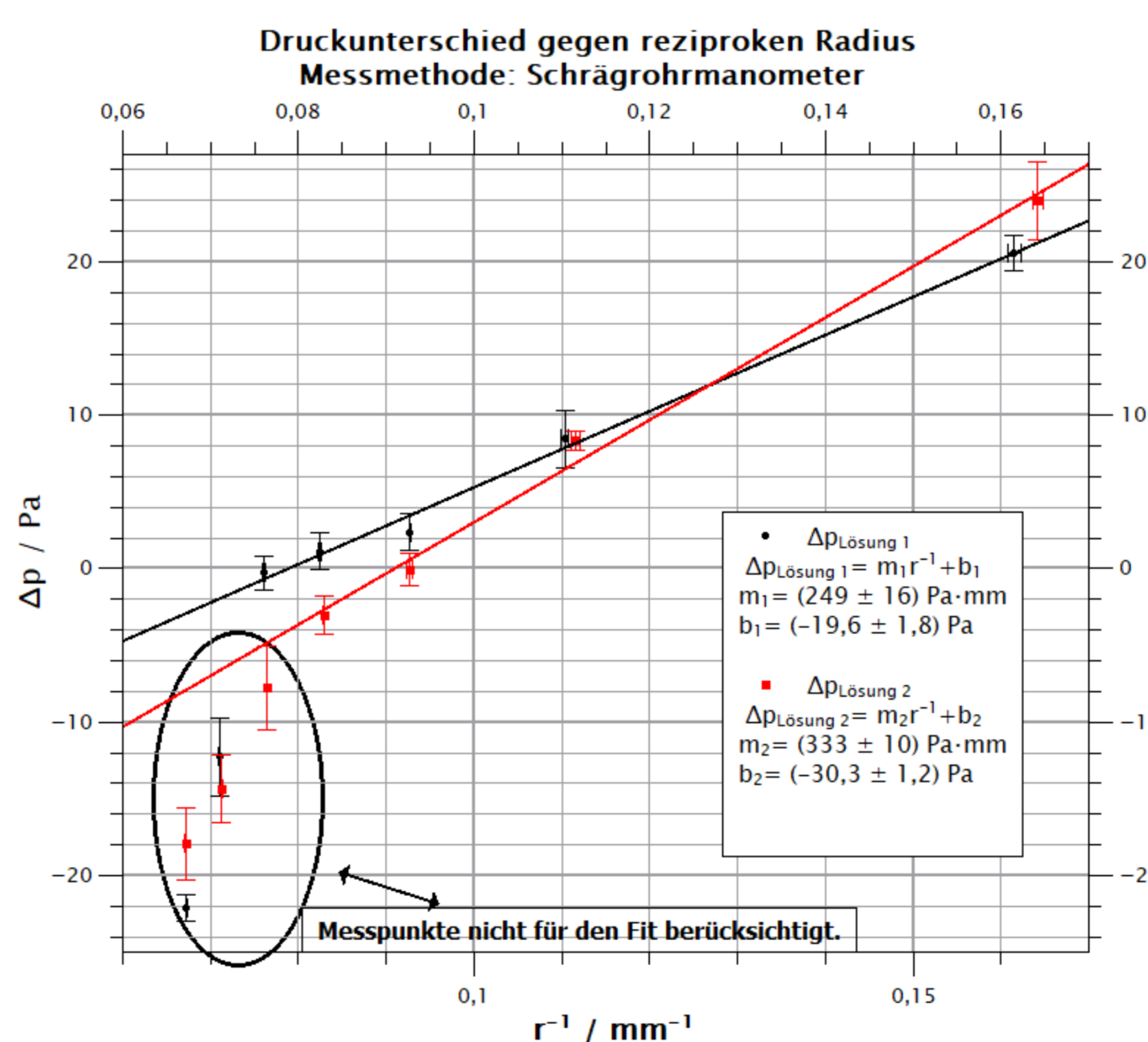


Abb. 8: Schrägrohrmanometermessung

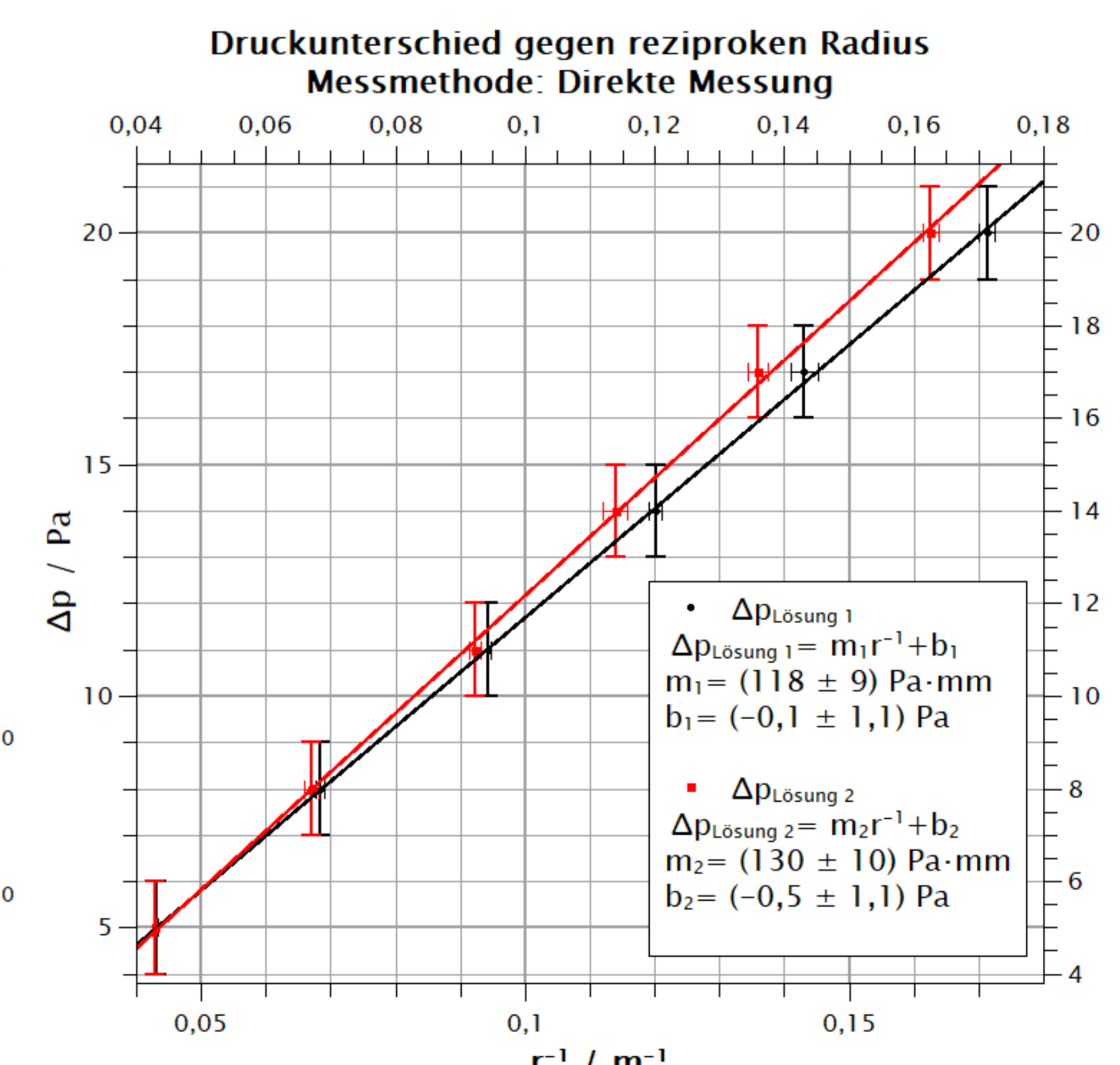


Abb. 9: Direkte Messmethode

Zu Abbildung 7: Man erkennt, dass das Verhältnis von mm zu Pixeln linear ist, wobei die Steigung  $A$  den Umrechnungsfaktor darstellt, wodurch wir den Radius sehr präzise bestimmen können.

### Fazit

Die Gültigkeit des Young-Laplace-Gesetz konnte durch unser SOWAS Projekt nur teilweise nachgewiesen werden. Dies liegt letztlich daran, dass für den Umgang mit Drücken im Pascal-Bereich hochpräzise Messaufbauten notwendig sind. Diese Präzision konnten wir mit unseren Aufbauten insbesondere dem Schrägrohrmanometer aufgrund der Dimension unseres Messaufbaus nicht erreichen. Andererseits liegen die Oberflächenspannungen aus der direkten Messung im Vertrauensintervall der mit der Abrissmethode bestimmten Messwerte, wodurch das Young-Laplace-Gesetz verifiziert wird.

### Quellen

- [1] <http://docplayer.org/6804888-Funktionsweise-eigenschaften-anwendungen-beispiele-tenside-helge-ruetz-16-november-2007.html> [08.06.2018]
- [2] Young, Thomas, M.D. For. Sec. R. S. (1805): An essay on the cohesion of fluids (65-87), London
- [3] Walcher, Wilhelm (2004): Praktikum der Physik, 8. Auflage, Stuttgart: Teubner

### Danksagung

Wir danken der Glasbläserei für Ihre schnelle und gute Arbeit. Außerdem danken wir den Technikern Klaus Ulrich und Tomasz Domanski, den Auszubildenden Carolin Sanders und Lea Kreutzheide und Dr. Dirk Meyer für die Unterstützung.