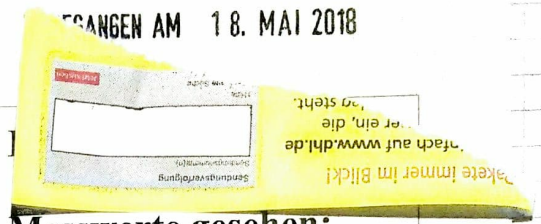


FRAGEN AM 18. MAI 2018



Studiengang / Semester / Kurs  
Physik B.Sc. / 2. Semester /  
Phy\_102 Fr. NM

Gruppe: 1  
Name, Vorname:  
Stähle, Julian  
Beier, Sönke

Messwerte gesehen:

Testat: 3 / 3



# M4 Oberflächenspannung

Bericht: 7 / 7

Rücksprache:

erledigt: JA

Versuchsbewertung:  $\Sigma 10 / 10$

Datum, Unterschrift des Betreuers:  
18.5.18



Handwritten mark

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ziel des Experiments</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Theoretischer Hintergrund</b>	<b>2</b>
2.1	Oberflächenspannung . . . . .	2
2.2	Methoden zur Bestimmung der Oberflächenspannung . . . . .	2
2.2.1	Abreißmethode . . . . .	3
2.2.2	Steighöhenmethode . . . . .	3
2.2.3	Stalagmetermethode . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Experimenteller Aufbau</b>	<b>4</b>
3.1	Geräte . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Experimentelle Prozedur</b>	<b>5</b>
4.1	Abreißmethode . . . . .	5
4.2	Steighöhenmethode . . . . .	5
4.3	Stalagmetermethode . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>5</b>
5.1	Abreißmethode . . . . .	5
5.2	Steighöhenmethode . . . . .	7
5.3	Stalagmetermethode . . . . .	9
5.4	Schlussfolgerung . . . . .	10
<b>6</b>	<b>Quellen</b>	<b>10</b>

## Abkürzungen und Definitionen

1. dest. Wasser = destilliertes Wasser.

# 1 Ziel des Experiments

Im Laufe des Versuches werden wir mittels dreier Methoden (Abreißmethode, Steighöhenmethode, Stalagmetermethode) die Oberflächenspannung mehrerer Flüssigkeiten ermittelt. Mit Hilfe der Messergebnisse werden wir daraufhin die verschiedenen Methoden vergleichen und Unterschiede in der Genauigkeit klären.

# 2 Theoretischer Hintergrund

## 2.1 Oberflächenspannung

Die Oberflächenspannung beschreibt die Eigenschaft von Flüssigkeiten ihre Oberfläche so klein wie möglich zu halten. Die Ursache für dieses Verhalten sind zwischen-molekulare Kräfte. Die **Kohäsionskräfte** sind elektromagnetische Kräfte, welche zwischen Molekülen des gleichen Stoffes wirken. Befindet sich ein Flüssigkeits-Molekül nicht am Rand einer Flüssigkeitsmenge, also ist es in jeder Richtung von gleichen Flüssigkeitsmolekülen umgeben, so heben sich alle Kräfte für dieses Molekül gegenseitig auf. Ist dahingehend ein Molekül am Rand, so gibt es anziehende Kräfte zu den Molekülen innerhalb der Flüssigkeit, aber keine Anziehungskräfte zum umgebenden Gas(oder Vakuum) hin. Daraus folgt, dass die Moleküle am Rand einer Flüssigkeit den Drang besitzen in das Innere der Selbigen zu gelangen.

Befindet sich die zu betrachtende Flüssigkeit auf einer festen Oberfläche, so gibt es zusätzlich dazu **Adhäsionskräfte**, die anziehend zwischen Festkörpern und Flüssigkeiten wirken.

Die Oberflächenspannung ist definiert als

$$\sigma = \frac{\Delta W}{\Delta A},$$

also als Arbeit, die benötigt wird um die Flüssigkeitsoberfläche um ein bestimmten Wert zu verändern.

## 2.2 Methoden zur Bestimmung der Oberflächenspannung

Während des Experimentes betrachteten wir drei Methoden zur feststellung der Oberflächenspannung.

### 2.2.1 Abreißmethode

Aus der Definition der Oberflächenspannung und der klassischen Definition der Arbeit ergibt sich die Formel

$$\sigma = \frac{\Delta W}{\Delta A} = \frac{F \Delta s}{\Delta A}$$

Bei der Abreißmethode wird ein Messring in eine Versuchsflüssigkeit getaucht und danach langsam herausgezogen. Dabei wird das Gewicht  $m$  gemessen, mit welchem der Ring an der Aufhängung zieht. Beim Herausziehen bildet sich eine Flüssigkeitslamelle zwischen Flüssigkeitsoberfläche und Messringunterkante. Diese sorgt für die Oberflächenvergrößerung  $\Delta A$ , welche mit zwei mal der Mantelfläche eines Zylinders angenähert werden kann (also  $\Delta A = 2u\Delta s$ ).

So ergibt sich die Formel

$$\sigma = \frac{F \Delta s}{\Delta A} = \frac{mg \Delta s}{2u \Delta s} = \frac{mg}{2u}, \quad (1)$$

bei welcher alle Unbekannten gemessen werden können.

### 2.2.2 Steighöhenmethode

Bei der Steighöhenmethode wird die zu untersuchende Flüssigkeit in eine dünne Kapillare gefüllt. Das Flüssigkeitsvolumen entspricht dann dem eines Kreiszyllinders der Höhe  $h$ , in unserem Fall also  $\Delta s$  und wird durch:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (2)$$

berechnet. Ersetzt man nun die Kraft im Ausdruck zur Berechnung der Oberflächenspannung wie im Abschnitt 2.1, so ergibt sich für die Oberflächenspannung:

$$\sigma = \frac{F \Delta s}{\Delta A} = \frac{\rho g r h}{2} \quad (3)$$

Mit  $r$  als Radius der Kapillare lässt sich damit die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit berechnen.

### 2.2.3 Stalagmometermethode

Ein Stalagmometer ist ein Glasrohr, welches an einem Ende eine Art Trichter und am anderen Ende eine dickwandige plangeschliffene Kapillare besitzt. Füllt man nun eine Flüssigkeit in den Trichter und öffnet die Flüssigkeitszufuhr, fallen Tropfen in gleicher Größe von der unteren Planfläche ab. Das Tropfenvolumen hängt von der Dichte der Flüssigkeit, ihrer Oberflächenspannung  $\sigma$  und der Größe der Abtropffläche  $A$  ab.

$$V = K \cdot \frac{\sigma}{\rho} \quad (4)$$

$K$  ist in erster Näherung eine Konstante, welche die Ausmaße der Kapillare berücksichtigt. Umgestellt nach  $\sigma$  erkennt man im Zähler den Ausdruck für



m welcher durch  $m_e$  ersetzt werden kann. Für das Volumen der Eichflüssigkeit ergibt sich:

$$V_e = K \cdot \frac{\sigma_e}{\rho_e} \quad (5)$$

Will man nun die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit in bezug zu der Eichflüssigkeit setzen so entspricht das Verhältnis der Oberflächenspannungen dem Verhältnis der Massen.

$$\frac{\sigma}{\sigma_e} = \frac{m}{m_e} \quad (6)$$

Das abwiegen von N Tropfen mit einer Gesamtmasse von  $m_{ges}$  führt dann über

$$m = \frac{m_{ges}}{N} \quad (7)$$

zur mittleren Masse eines Tropfens. Somit ergibt sich für die Oberflächenspannung einer gesuchten Flüssigkeit:

$$\sigma = \sigma_e \cdot \frac{m \cdot N_e}{m_e \cdot N} \quad (8)$$

Die Variablen entsprechenden den in den vorherigen definierten Variablen.

### 3 Experimenteller Aufbau

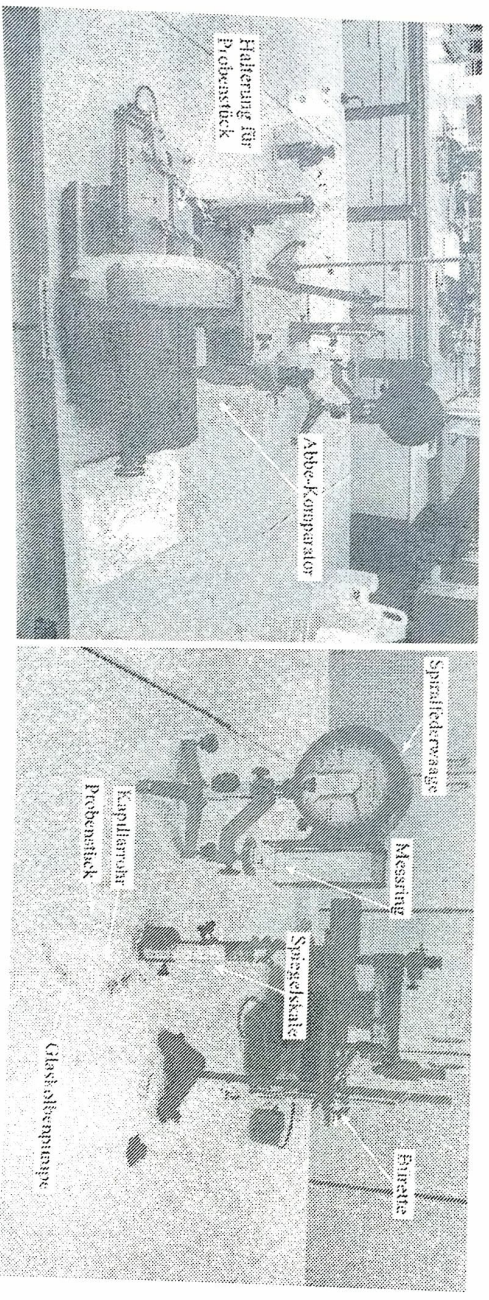


Abbildung 1: rechts: Abbe-Komparator; links: Federwaage und Kapillare

#### 3.1 Geräte

Spiralfederwaage mit Messring, 2 Kapillarrohre und Vergleichsstücke gleicher Werte, Abbe-Komparator, 3 Glasschalen, Spiegelmaßstab mit Stativ, Glaskolbenpumpe, Stalagnometer mit Stativ, 2 Bechergläser je 250ml, einschalige Feinwaage, Versuchsflüssigkeiten, Reinigungsgefäß für Messring, Abfallflasche für Ethanol

# 4 Experimentelle Prozedur

## 4.1 Abreibmethode

Wir begannen mit der Abreibmethode. Wir stellten die Spiralfederwaage so ein wie auf dem Versuchsprotokoll angeordnet. Wir gossen Ethanol in eine Schale und stellten sie auf die Spiralfederwaage. Mit diesem Versuchsaufbau fingen wir dann an zu messen. Dabei versuchte ein Experimentator das Gewicht in Waage zu halten während der andere die Massen ablas. Dieses Experiment wiederholten wir mit Wasser und Seifenwasser und nannten die angezeigten Massen auf.

*Seifen  
wie oft.*

*→ Ruben  
sie für  
jede  
Flüssigkeit  
fermeren?  
(6 mal)*

## 4.2 Steighöhennethode

Als zweites beschäftigten wir uns mit der Steighöhennethode. Zuerst maßen wir den Durchmesser der Kapillare mithilfe eines Abbe-Komparator. Danach füllten wir Ethanol in eine Schale und brachten eine kapillare darüber an. Wir zogen die Flüssigkeit mithilfe einer Spritze nach oben und ließen sie wieder nach unten sinken. Nach einer Zeit bleibt sie auf einer bestimmten höhe. Diese lasen wir ab und nahmen sie auf. Dieses Experiment wiederholten wir weitere 5 mal mit Ethanol und Wasser.

## 4.3 Stalagmometermethode

Zunächst stellten wir eine Schale unter das Stalagmometer. Wir gossen zuerst Ethanol in das Stalagmometer. Wir einigten uns für die Anzahl der Tropfen auf 50 Stück. Wir zählten die Tropfen und maßen dann die Masse dieser 50 Tropfen. Dies wiederholten wir 5 mal für Ethanol und Wasser.

# 5 Ergebnisse und Diskussion

## 5.1 Abreibmethode

Versuch	Masse Ethanol in mg	Masse dest. Wasser in mg	Masse Seifenwasser in mg
1	345	965	495
2	355	967	485
3	337	975	475
4	372	975	475
5	370	973	470
6	360	970	460
Standardabweichung $u_m$ in mg	13,78	4,22	12,1
Standardabweichung $u_m$ in kg	$0,1378 \cdot 10^{-4}$	$0,0422 \cdot 10^{-4}$	$0,121 \cdot 10^{-4}$
Standardabweichung $u_m$ in kg	$356,5 \pm 5,6$	$970,8 \pm 1,72$	$476,7 \pm 4,9$
Mittelwert in mg	$3,565 \cdot 10^{-4} \pm 0,056 \cdot 10^{-4}$	$9,708 \cdot 10^{-4} \pm 0,017 \cdot 10^{-4}$	$4,767 \cdot 10^{-4} \pm 0,049 \cdot 10^{-4}$
Mittelwert in kg	$u=60 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$	$u=0,06 \text{ m} \pm 0,0003$	
Umfang des Messringes			

Tabelle 1: Abreib-methode

Messwerte:



Berechnung der Oberflächenspannung  $\sigma$ : Mit unseren Werten können wir mit der oben genannten Formel (1) nun die Oberflächenspannung ausrechnen.

$$\sigma = \frac{mg}{2r}$$

$$\Rightarrow \sigma_{Ethanol} = \frac{3,565 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81 \text{ kg} \cdot \text{m}}{2 \cdot 0,06 \text{ m} \cdot \text{s}^2} = \underline{\underline{0,029 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}}}$$

$$\Rightarrow \sigma_{Dest.Wasser} = \frac{9,708 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81 \text{ kg} \cdot \text{m}}{2 \cdot 0,06 \text{ m} \cdot \text{s}^2} = \underline{\underline{0,079 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}}}$$

$$\Rightarrow \sigma_{Seifenwasser} = \frac{4,767 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81 \text{ kg} \cdot \text{m}}{2 \cdot 0,06 \text{ m} \cdot \text{s}^2} = \underline{\underline{0,039 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}}}$$

Im Vergleich zu den Literaturwerten erkennt man:

Material	Ausgerechneter Wert in $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$	Literaturwert in $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$	Prozentuale Abweichung
Ethanol	0,029	0,022	24,1%
dest. Wasser (bei 20°)	0,079	0,072	8,8%
Seifenwasser	0,039	-	-

Tabelle 2: Vergleichstabelle Abreißmethode

dass unsere Werte relativ gut an den Literaturwerten liegen.

**Berechnung der Ungenauigkeit  $u$ :** Eine Ungenauigkeit  $u$  lässt sich durch die Fehlerfortpflanzung wie folgt berechnen.

$$u_g = \sum_{i=1}^k \left\| \frac{\partial y}{\partial x_i} \right\| \cdot u_i \cdot t_{\text{Studentenfaktor}}$$

Daraus ergibt sich für unseren Zusammenhang, mit dem Studentenfaktor  $t = 1,15$  die Formel

$$u_x = \left( \left| \frac{g}{2r} u_m \right| + \left| -\frac{mg}{2ru^2} u_u \right| \right) t_{\text{Studentenfaktor}}$$

$$\Rightarrow u_{\sigma}^{Ethanol} = \left( 1,13 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} + 1,46 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \right) \cdot 1,15 = \underline{\underline{1,47 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}}}$$

$$\Rightarrow u_{\sigma}^{Dest.Wasser} = \left( 3,45 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \cdot 10^{-4} + 3,97 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \cdot 10^{-4} \right) \cdot 1,15 = \underline{\underline{0,8533 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}}}$$

$$\Rightarrow u_{\sigma}^{Seifenwasser} = \left( 9,89 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \cdot 10^{-4} + 1,94 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \right) \cdot 1,15 = \underline{\underline{1,360 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}}}$$

$\Rightarrow$  Die Messunsicherheiten sind im Vergleich zur prozentualen Abweichung unseren errechneten Wertes zu klein. Dafür könnte es zwei Möglichkeiten geben. Die Erste ist, dass wir einen Fehler bei der Berechnung der Fehlerfortpflanzung

→ **Signifikante Stellen!**

gemacht haben. Zwar haben wir Alles mehrfach nachgerechnet, aber wir könnten eine 10er Potenz übersehen haben. Die zweite Möglichkeit ist, dass beim Experimentieren uns ein Fehler unterlaufen ist. Ein systematischer Fehler könnte dafür sorgen, dass unser Ergebnis vom Literaturwert abweicht. Mithilfe der Fehlerfortpflanzung würden wir allerdings immer noch das selbe Ergebnis erhalten, da die Schwankung der Messwerte um den Mittelpunkt gleichbleibt, (was die Grundlage der Fehlerfortpflanzung ist) aber der Abstand des Mittelwertes vom Literaturwert verändert wird (was nicht in der Fehlerfortpflanzung zum Tragen kommt).

## Mögliche Fehlerquellen

### Zufällige Fehler

1. ungenaues Ablesen der Masse

### Systematische Fehler

1. Fehler der Spirallederwaage
2. mögliche Verunreinigung des Messrings
3. Verunreinigung der Flüssigkeiten

## 5.2 Steighöhennmethode

Versuch	Steighöhe Ethanol in mm	Steighöhe dest. Wasser in mm
1	49	99
2	50	100
3	49	101
4	49,5	102
5	48,5	101
Standardabweichung in mm	0,57	1,14
Standardabweichung in m	$0,57 \cdot 10^{-3}$	$1,14 \cdot 10^{-3}$
Mittelwert in mm	$49,2 \pm 0,25$	$100,6 \pm 0,51$
Mittelwert in m	$0,0492 \pm 0,00025$	$0,1006 \pm 0,00051$
Dichte $\rho$ in $\text{kg/m}^3$	789 (Ethanol)	997 (Wasser)
Kapillarendurchmesser	$d = 0,2806 \text{ mm}$	$u_d = 0,015 \text{ mm}$
Kapillarenradius	$r = 0,1403 \cdot 10^{-3} \text{ m}$	$u_r = 0,0075 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

Tabelle 3: Steighöhennmethode

**Berechnung der Oberflächenspannung** Die Oberflächenspannung lässt sich hier mit unseren Werten und der Formel (3) berechnen.



$$\sigma = \frac{\rho g h}{2}$$

$$\Rightarrow \sigma_{Ethanol} = \frac{789 \cdot 9,81 \cdot 2,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,0492}{2 \cdot 2} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}^2} = 0,0267 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\Rightarrow \sigma_{Wasser} = \frac{997 \cdot 9,81 \cdot 2,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1006}{2 \cdot 2} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}^2} = 0,0689 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}$$

Vergleich mit den Literaturwerten zeigt:

Material	Ausgerechneter Wert in $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$	Literaturwert in $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$	Prozentuale Abweichung
Ethanol	0,0267	0,022	17,6%
dest. Wasser (bei 20°)	0,0689	0,072	4,3%

Tabelle 4: Vergleichstabelle Steighöhenmethode

**Berechnung der Ungenauigkeit** Mithilfe der Fehlerfortpflanzung lässt sich die Ungenauigkeit  $u_\sigma$  bestimmen. Für den Studentenfaktor  $t$  gilt bei 5 Werten  $t = 1,15$

$$u_\sigma = \left( \left| \frac{\rho g h}{2} u_r + \left| \frac{\rho g h}{2} u_h \right| \right) t_{\text{Studentenfaktor}}$$

$$\Rightarrow u_\sigma^{Ethanol} = \left( 0,00143 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} + 0,00032 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \right) 1,15 = 0,0020 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} = 2,0 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

$$\Rightarrow u_\sigma^{Dest.Wasser} = \left( 0,00369 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} + 0,00078 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} \right) 1,15 = 0,00514 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} = 5,14 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

Runden auf  
1-  
Signifikante  
Stelle

$\Rightarrow$  Der errechnete Wert der Oberflächenspannung  $\sigma_{Wasser}$  befindet sich innerhalb der Vertrauensabweichung.

Der Wert der Oberflächenspannung  $\sigma_{Ethanol}$  befindet sich  $0,0027 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$  über der Vertrauensabweichung. Hier könnten systematischen Fehlern aufgetreten sein.

### Mögliche Fehlerquellen

#### Zufällige Fehler

1. ungenaues Ablesen der Höhe
2. Fehler bei der Bestimmung des Kapillaren-durchmessers

#### Systematische Fehler

1. Ungenauigkeit des Lineals
2. Verunreinigung der Flüssigkeiten
3. Ungenauigkeit des Abbe-Komarators

### 5.3 Stalagmometermethode

Versuch	Masse Ethanol pro 50 Tropfen in g	Masse der $K_f$ pro 50 Tropfen Dest. Wasser in g
1		
2	0,977	3,034
3	0,945	3,098
4	0,930	2,990
5	0,966	2,998
	0,960	2,941
Standardabweichung $u_m$ in g	0,018	0,058
Mittelwert für 50 Tropfen in g	$0,9556 \pm 0,008$	$3,0122 \pm 0,026$
$N$	50	50
$u_N$	1	1
Masse pro Tropfen in kg	$0,019 \cdot 10^{-3} \pm 0,0002 \cdot 10^{-3}$	$0,060 \cdot 10^{-3} \pm 0,0005 \cdot 10^{-3}$

$K_f =$  Kallibrierungsflüssigkeit

Tabelle 5: Stalagmometermethode

**Berechnung der Oberflächenspannung** Mit Formel (8) können wir nun die Oberflächenspannung berechnen.

$$\sigma = \sigma_e \cdot \frac{m \cdot N_e}{m_e \cdot N}$$

$$\sigma_{Ethanol} = 0,07275 \cdot \frac{0,019 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \text{ kg}^2}{0,06 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \text{ s}^2 \cdot \text{kg}} = 0,023 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}$$

mit  $\sigma_e = 0,07275 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}$  aus Wikipedia für unsere Eichflüssigkeit Wasser. Vergleichen wir den Wert mit dem Tabellenwert von Ethanol von  $0,0225 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}$  sehen wir das wir nur 2% von diesem abweichen.

**Berechnung der Ungenauigkeit** Mit Hilfe der Fehlerfortpflanzung und dem Studentenfaktor  $t = 1,15$  lässt sich folgende Formel für die Ungenauigkeit  $u_\sigma$  aufstellen

$$u_\sigma = \left( \left| \sigma_e \frac{N_e}{m_e \cdot N} u_m \right| + \left| -\sigma_e \frac{m \cdot N_e}{m_e \cdot N^2} u_N \right| + \left| \sigma_e \frac{m}{m_e \cdot N} u_{N,e} \right| \right) t_{\text{Studentenfaktor}}$$

$$u_\sigma = \left( \left| \frac{0,07275 \cdot 50 \cdot 5,8 \cdot 10^{-5}}{3,012 \cdot 10^{-3} \cdot 50} \right| + \left| -\frac{0,07275 \cdot 9,56 \cdot 10^{-4} \cdot 50 \cdot 1}{3,012 \cdot 10^{-3} \cdot 50^2} \right| + \left| \frac{0,07252 \cdot 9,56 \cdot 10^{-4} \cdot 1}{3,012 \cdot 10^{-3} \cdot 50} \right| \right) \cdot 1,15$$

$$\cdot \left| \frac{\text{kg} \cdot \text{kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{kg}} \right| + \left| \frac{\text{kg} \cdot \text{kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{kg}} \right| + \left| \frac{\text{kg} \cdot \text{kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{kg}} \right|$$

$$= \underline{\underline{7,429 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2}}}$$

$\Rightarrow$  Damit befindet sich unser errechneter Wert innerhalb des Vertrauensbereichs des Literaturwertes.

#### Mögliche Fehlerquellen

##### Zufällige Fehler

1. Fehler beim Auszählen der Tropfen

## Systematische Fehler

1. Ungenauigkeit der Waage
2. Verunreinigung der Flüssigkeiten

## 5.4 Schlussfolgerung

Wenn wir die Abweichung unserer errechneten Werte für die Oberflächenspannung  $\sigma$  von dem Literaturwert betrachten haben wir mit der Stalagmometermethode das beste Ergebnis für die Oberflächenspannung erhalten.

Um allerdings die Genauigkeit der einzelnen Methoden zu betrachten müssen wir die Werte der Ungenauigkeiten  $u_\sigma$ , die wir mit Hilfe der Fehlerfortpflanzung berechnet haben, betrachten. Gehen wir von diesen Werten aus, so ist die Abreißmethode die genaueste Methode. Mit der Steighöhenmethode erhielten wir die zweitgrößte Vertrauensabweichung und mit der Stalagmometermethode erhielten wir die größte Vertrauensabweichung.

Diese Einschätzung ist allerdings nur dann gültig, wenn sich kein Fehler bei der Berechnung eingeschlichen hat.

## 6 Quellen

[http://www.uni-potsdam.de/u/phys\\_gprakt/html/doc/Messunsicherheiten.pdf](http://www.uni-potsdam.de/u/phys_gprakt/html/doc/Messunsicherheiten.pdf)  
[http://www.uni-potsdam.de/u/phys\\_gprakt/html/doc/anleitungen/M4\\_04-2013.pdf](http://www.uni-potsdam.de/u/phys_gprakt/html/doc/anleitungen/M4_04-2013.pdf)  
[http://www.chemie.de/lexikon/Oberfl\protect\unhbox\voidb@x\bgroup\U@Dlex{\setbox\z@\hbox{\char127}\dimen@-.45ex\advance\dimen@\ht\z@\fontdimen5\font\dimen@}\accent127\fontdimen5\font\U@Da\egroupchenspannung.html](http://www.chemie.de/lexikon/Oberfl%20spannung)  
<https://www.spektrum.de/lexikon/physik/oberflaechenspannung/10567>

