

*Theodor Grofe*

**„Experimente mit dem mobilen Experimentiergerät  
Neue Demonstrationsversuche mit und um den  
Magnettafelwagen“**

Vortrag am 01.11.2013

VCI-Nord; Tagung der Fachleiter, Fachberater und  
Fachdidaktiker Chemie in Walsrode

Kontakt:

[th.grofe@t-online.de](mailto:th.grofe@t-online.de) [www.medtech-gb.de](http://www.medtech-gb.de)

*Theodor Grofe*

## **Der Mix macht's**

Medtech – Weißwandtafeln – magnetisches Stativsystem  
bei der Durchführung chemischer Experimente

Vortrag am 01.11.2013

VCI-Nord; Tagung der Fachleiter, Fachberater und  
Fachdidaktiker Chemie in Walsrode

Kontakt:

[th.grofe@t-online.de](mailto:th.grofe@t-online.de) [www.medtech-gb.de](http://www.medtech-gb.de)

# Der Mix macht's

Die Kombination von Medtech-Zubehör, üblichem Laborgerät, großen und kleinen Weißwandtafeln, einem fahrbaren Experimentierstand sowie magnetisch haftenden Federklammern und Halterungen eröffnet eine Fülle von Möglichkeiten und Varianten bei der Versuchsgestaltung:

Schülerübungen und Demonstrationsversuche  
Labormaßstab und Halbmikromaßstab  
qualitative und quantitative Experimente  
offene und geschlossene Systeme

# Der Mix macht's

## **Vorteile von Medtech-Zubehör, z. B.**

- Professionelles, ausgereiftes System
- Geringe Kosten
- Gefährdungsminimierung
- Realisierung geschlossener Systeme
- Geringe Chemikalienmengen
- Komplexe Versuchsaufbauten als SÜ möglich

## **Vorteile des magnethaftenden Stativsystems, z. B.**

- Flexibilität beim Aufbau
- Fokussierung auf das Wesentliche
- Ästhetik

# Der Mix macht's

Beispiele für Experimente:

- 1 Molare Masse und Molares Volumen
- 2 Rund ums Vakuum
- 3 Rund ums Flüssiggas
- 4 Halbmikrotechnik
- 5 Spritzen an Hahn(en)bänken und Kinetik

# Der Mix macht's

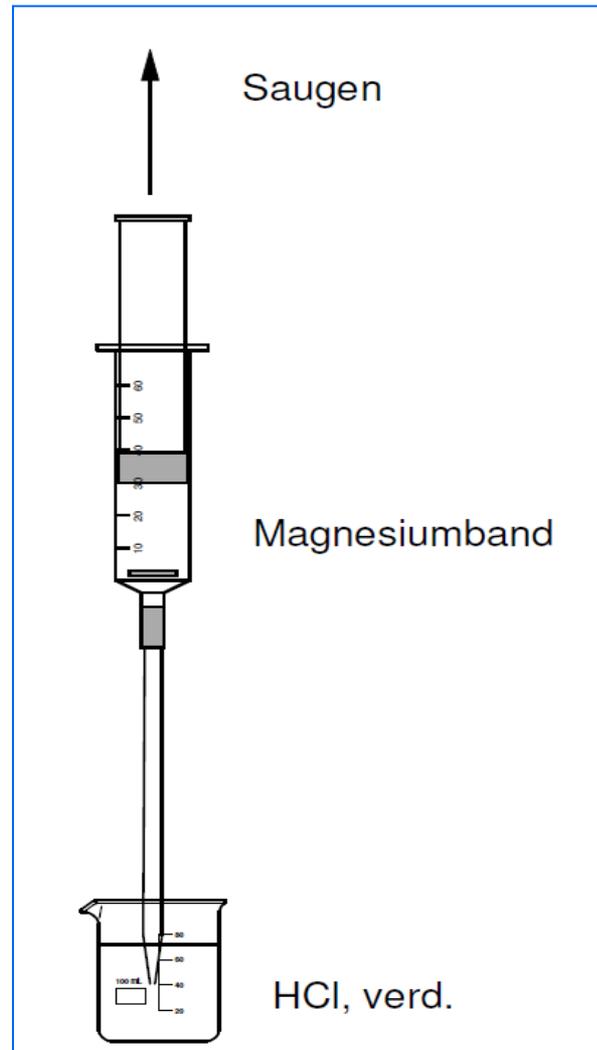
## 1 Molare Masse und Molares Volumen

- 1.1 Reaktion von Magnesium und von Calcium mit Salzsäure
- 1.2 Reaktion von Calcium, Lithium und Natrium mit Wasser
- 1.3 quantitative Durchführung des Natriumtanzenes auf Wasser

# 1 Molare Masse und Molares Volumen

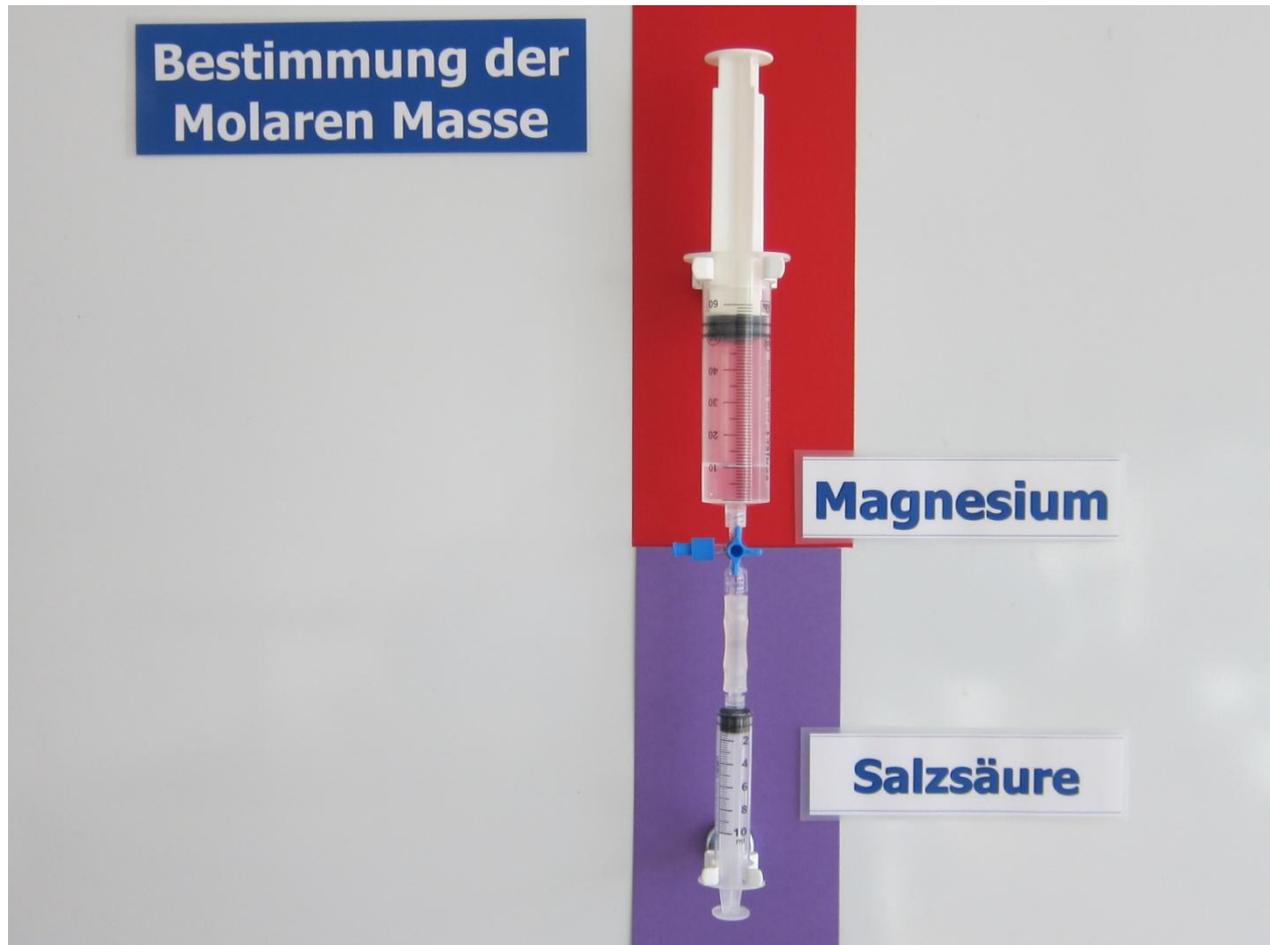
## 1.1 Molare Masse von Mg

*Vorschlag aus dem Brand-Skript (7.31)*



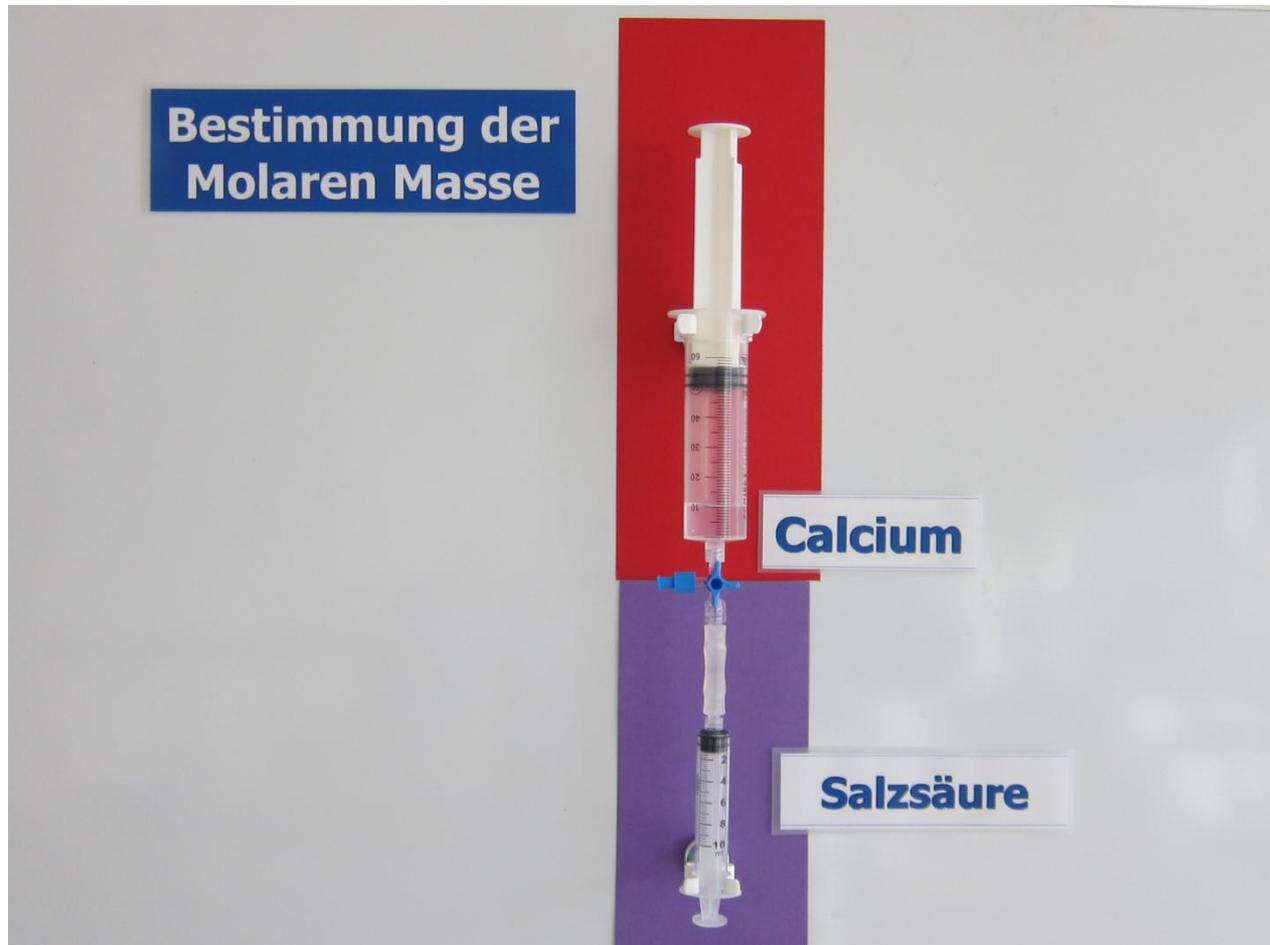
# 1.1 Reaktion von Magnesium mit Salzsäure

## Variante mit zwei Spritzen



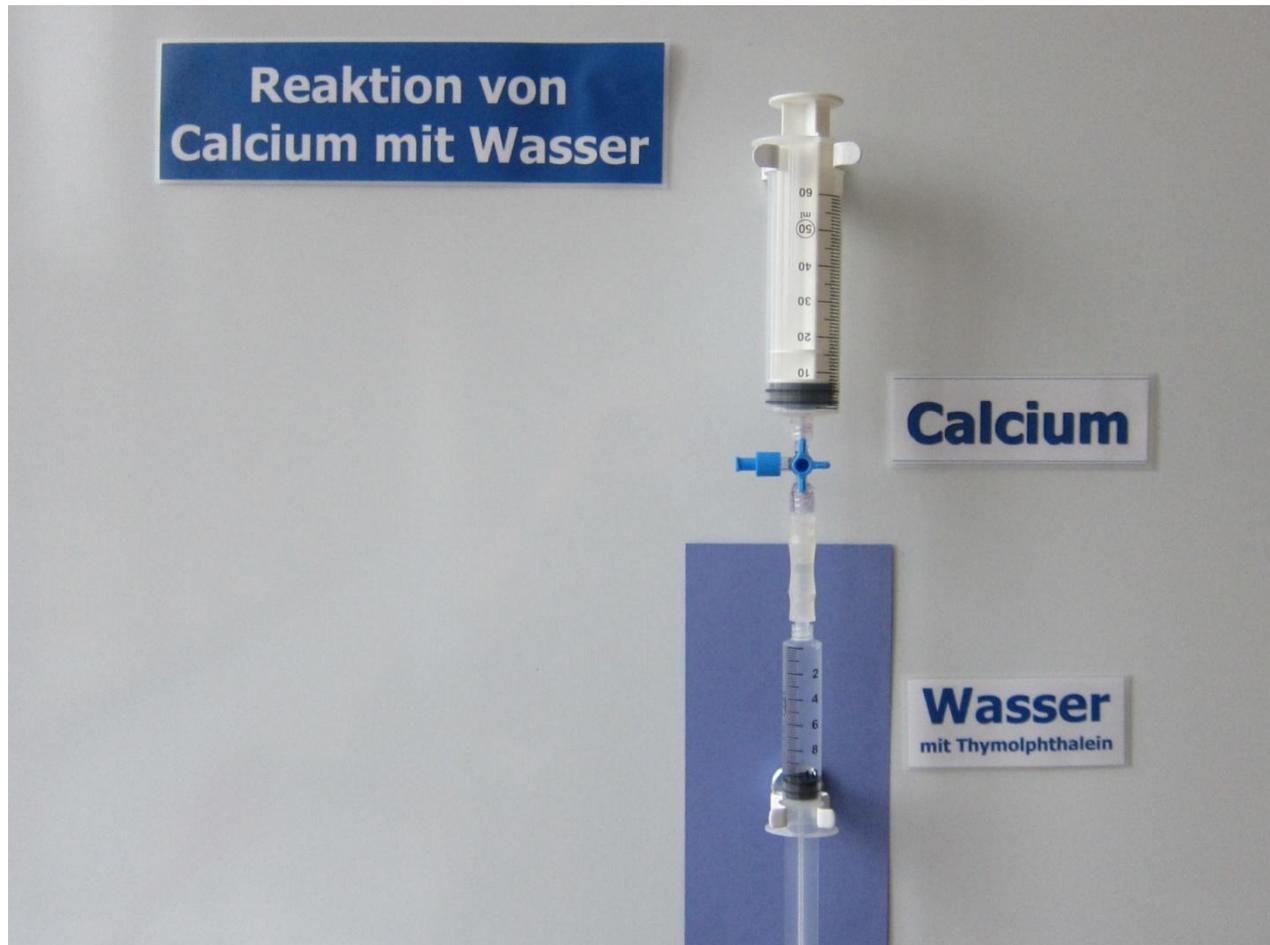
# 1.1 Reaktion von Calcium mit Salzsäure

## Variante mit zwei Spritzen



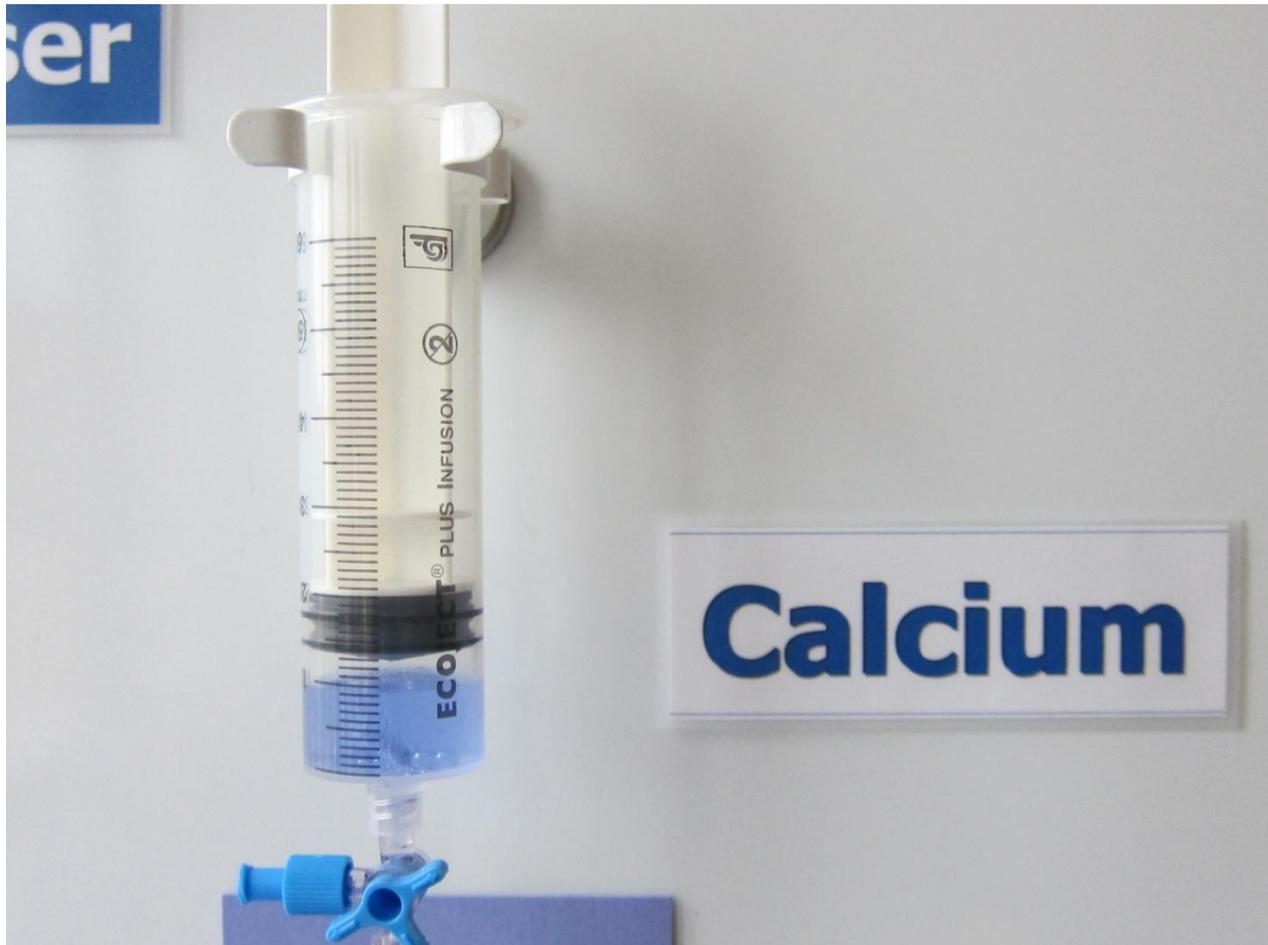
## 1.2 Reaktion von Calcium mit Wasser

Variante mit zwei Spritzen - Aufbau



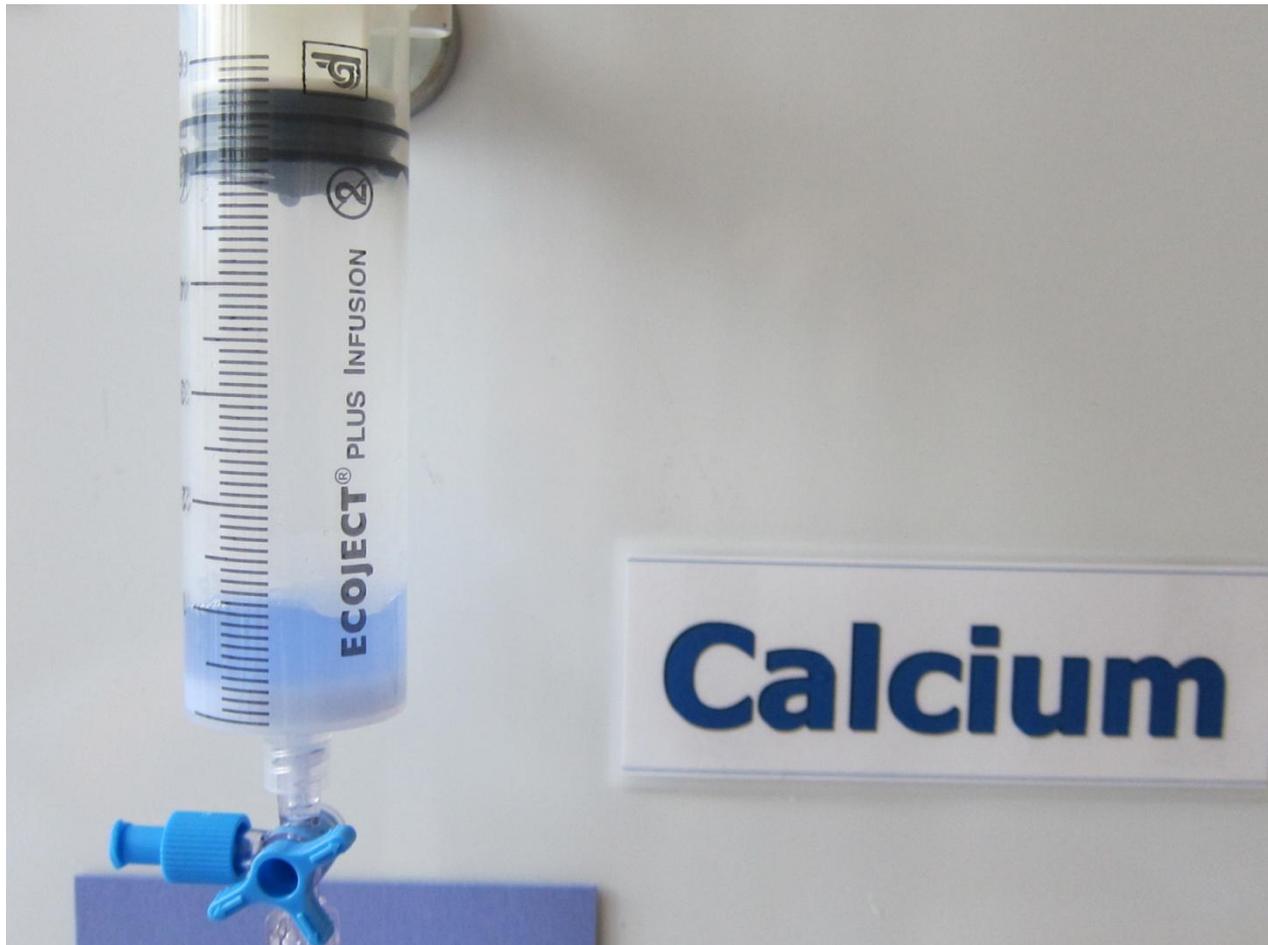
## 1.2 Reaktion von Calcium mit Wasser

Variante mit zwei Spritzen – Start der Reaktion durch die Wasserzugabe



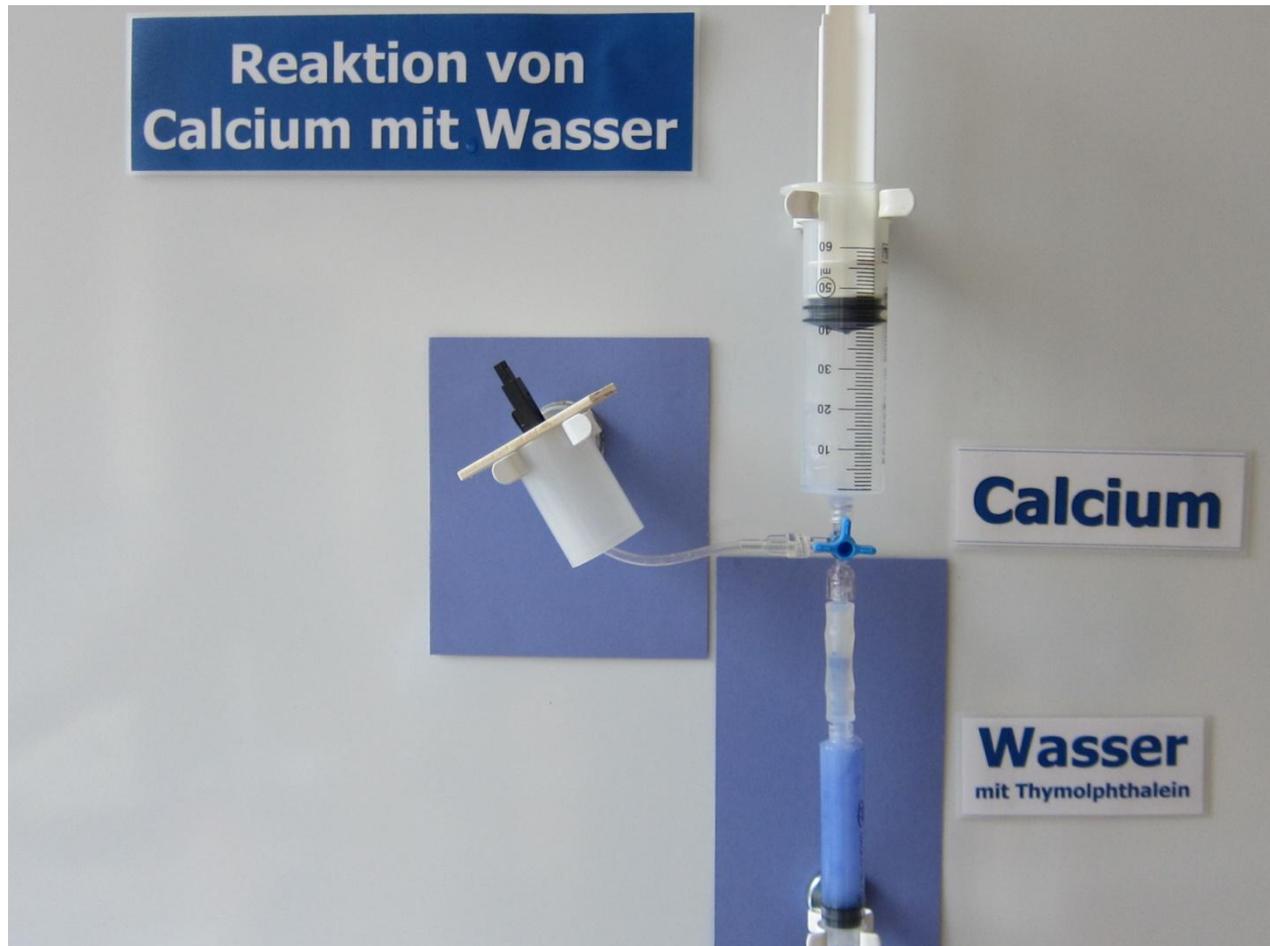
## 1.2 Reaktion von Calcium mit Wasser

40 mL Wasserstoff sind entstanden, das Calciumhydroxid hat sich abgesetzt



# 1.2 Reaktion von Calcium mit Wasser

Knallgasprobe mit dem (neuen) Knalldöschen



# 1.2 Reaktion von Lithium mit Wasser

## Variante mit zwei Spritzen



## 1.2 Reaktion von Natrium mit Wasser

Variante mit zwei Spritzen – Knallgasprobe im Reagenzglas



## 1.3 Reaktion von Natrium mit Wasser – Variante I quantitative Durchführung des Natriumtanzen (vor der Kamera)



## 1.3 Natriumtanz auf Wasser – Variante I

Das Natrium liegt auf einem Stückchen Pappe, Abwurf durch Schütteln



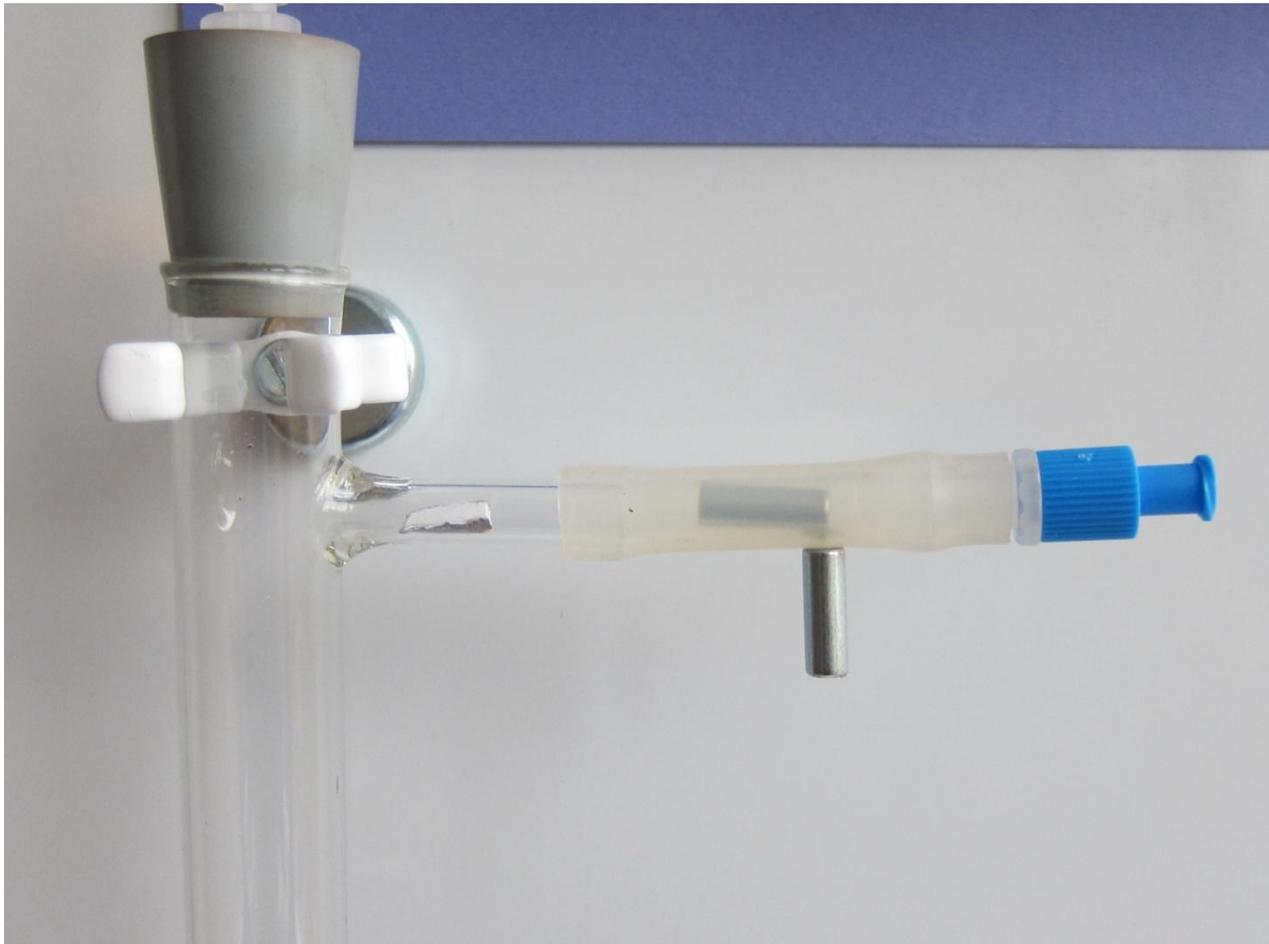
# 1.3 Natriumtanz auf Wasser – Variante II

Zugabe des Natriums mit Hilfe von zwei Magneten



## 1.3 Natriumtanz auf Wasser – Variante II

Zugabe des Natriums mit Hilfe von zwei Magneten



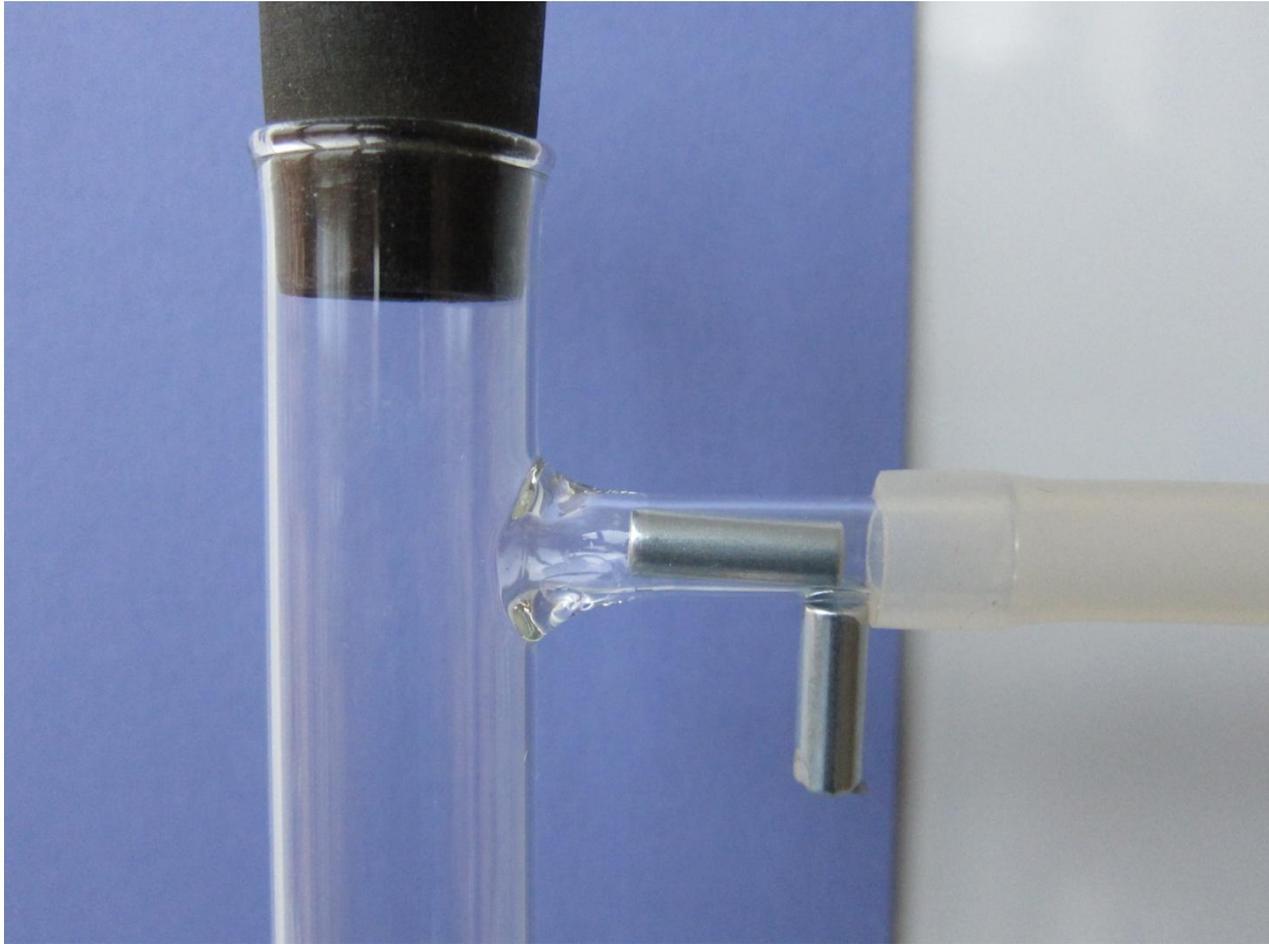
## 1.3 Natriumtanz auf Wasser – Variante II

Zugabe des Natriums mit Hilfe von zwei Magneten



## 1.3 Natriumtanz auf Wasser – Variante II

Zugabe des Natriums mit Hilfe von zwei Magneten



## 1.3 Natriumtanz auf Wasser – Variante II

Zugabe des Natriums mit Hilfe von zwei Magneten – Ende der Reaktion



## 1.3 Natriumtanz auf Wasser – Variante III

Zugabe des Natriums mit Hilfe eines Zweischenkelrohrs

Foto fehlt noch

# Der Mix macht's

## 2 Rund ums Vakuum

2.1 Bestimmung der Dichte und der Molekülmasse von Gasen

2.2 Demonstration und Qualitätstest

2.3 Sieden von Wasser bei Unterdruck

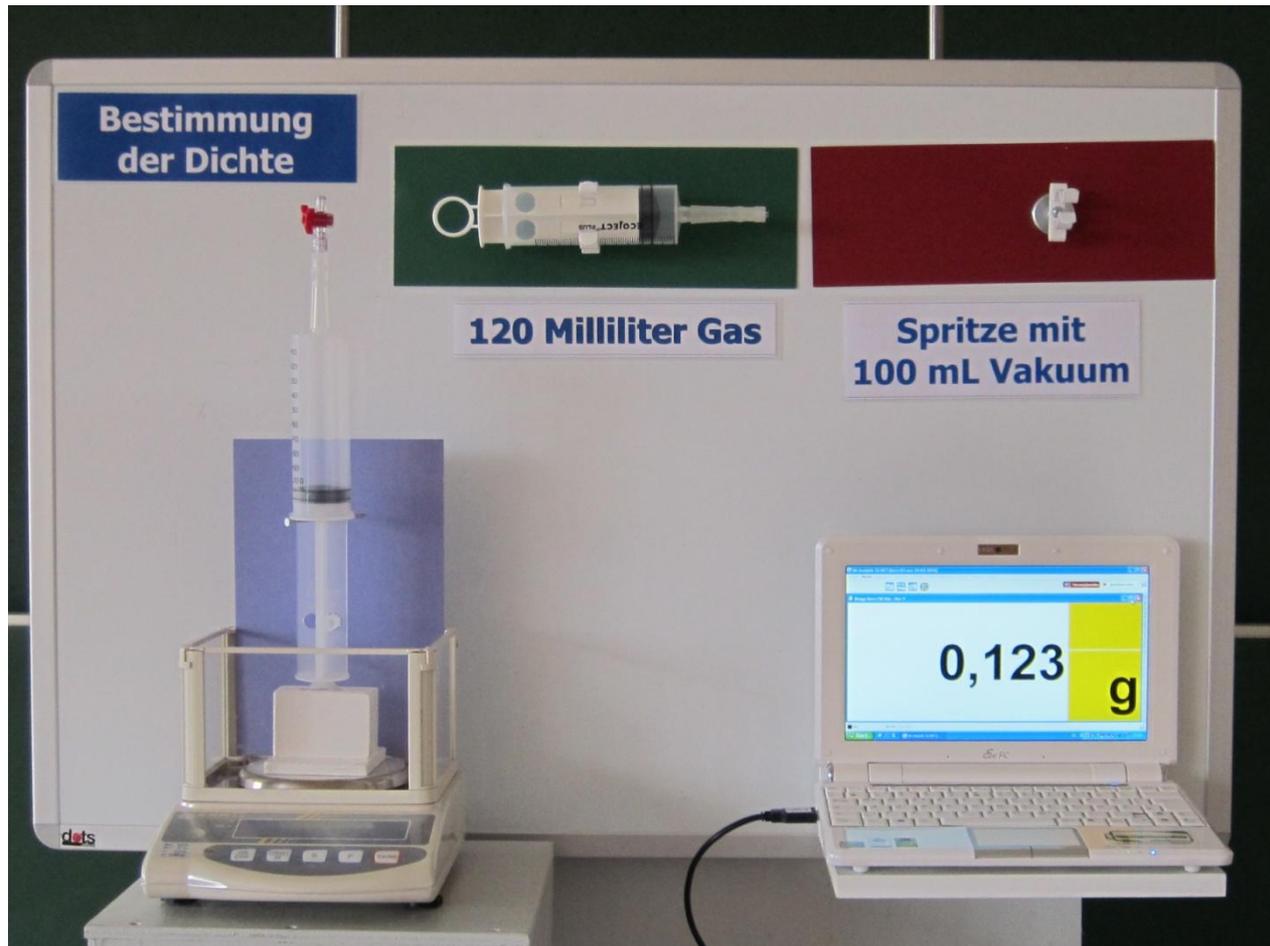
2.4 „Sprudelbrunnen“ mit Mineralwasser

2.5 Ammoniak-Springbrunnen (Variante mit Hahenbank)

## 2) Rund ums Vakuum

Beispiel: Bestimmung der Dichte und der Molekülmasse von Gasen

123 mg/100 mL: Dichte = 1,23 g/cm<sup>3</sup>; Molekülmasse = 29,5 u



## 2) Rund ums Vakuum

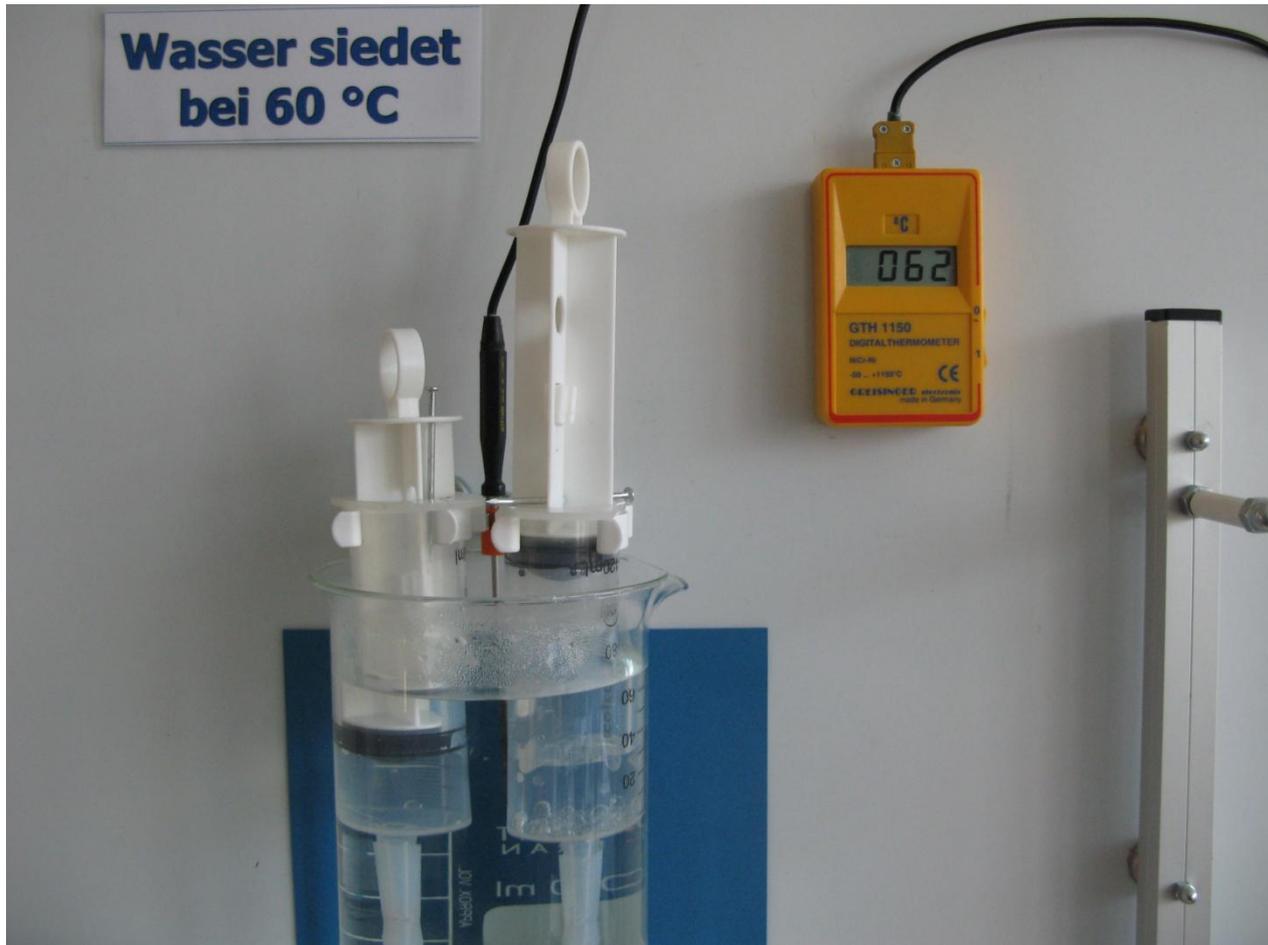
### 2.1) Demonstration und Qualitätstest

*Zwei Varianten: 2 verbundene Spritzen; 3 Spritzen an einer Hahnenbank*



## 2) Rund ums Vakuum

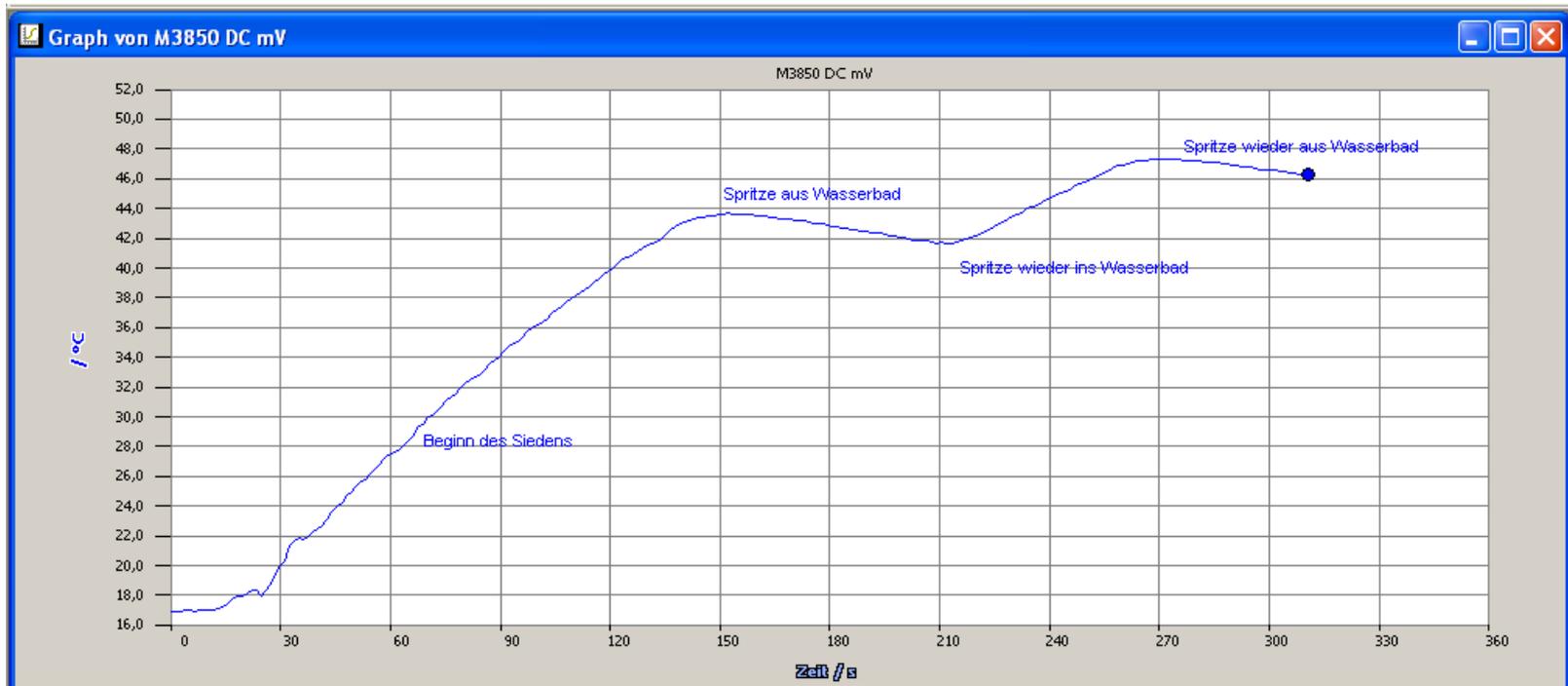
### 2.2) Sieden von Wasser bei Unterdruck



Start der Messung:  
Das Sieden beginnt bereits bei 24 °C und wird immer stärker



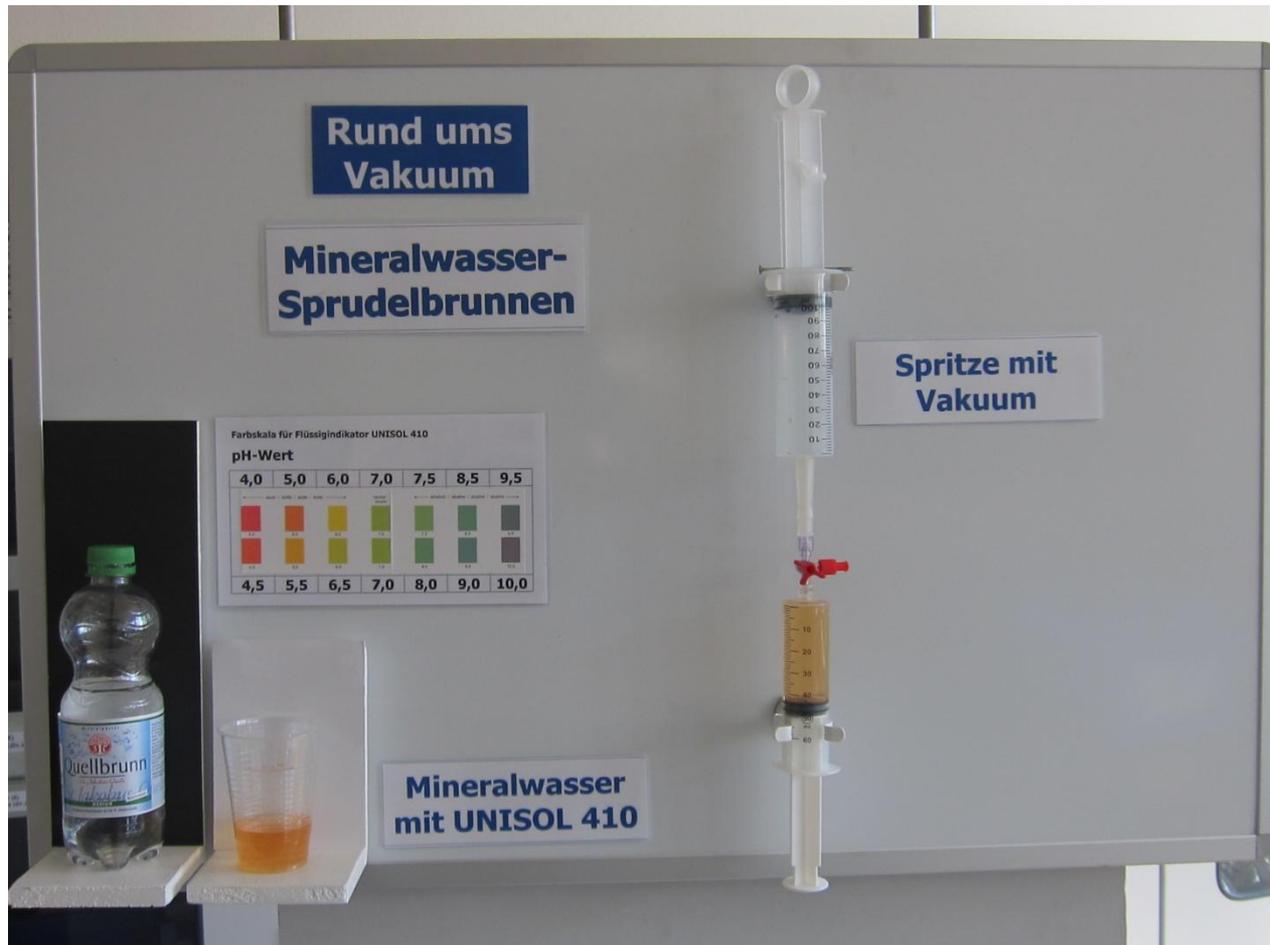
## 2.2 Sieden von Wasser bei Unterdruck Temperatur/Zeit-Diagramm



## 2) Rund ums Vakuum

### 2.3) „Mineralwasser-Sprudelbrunnen“

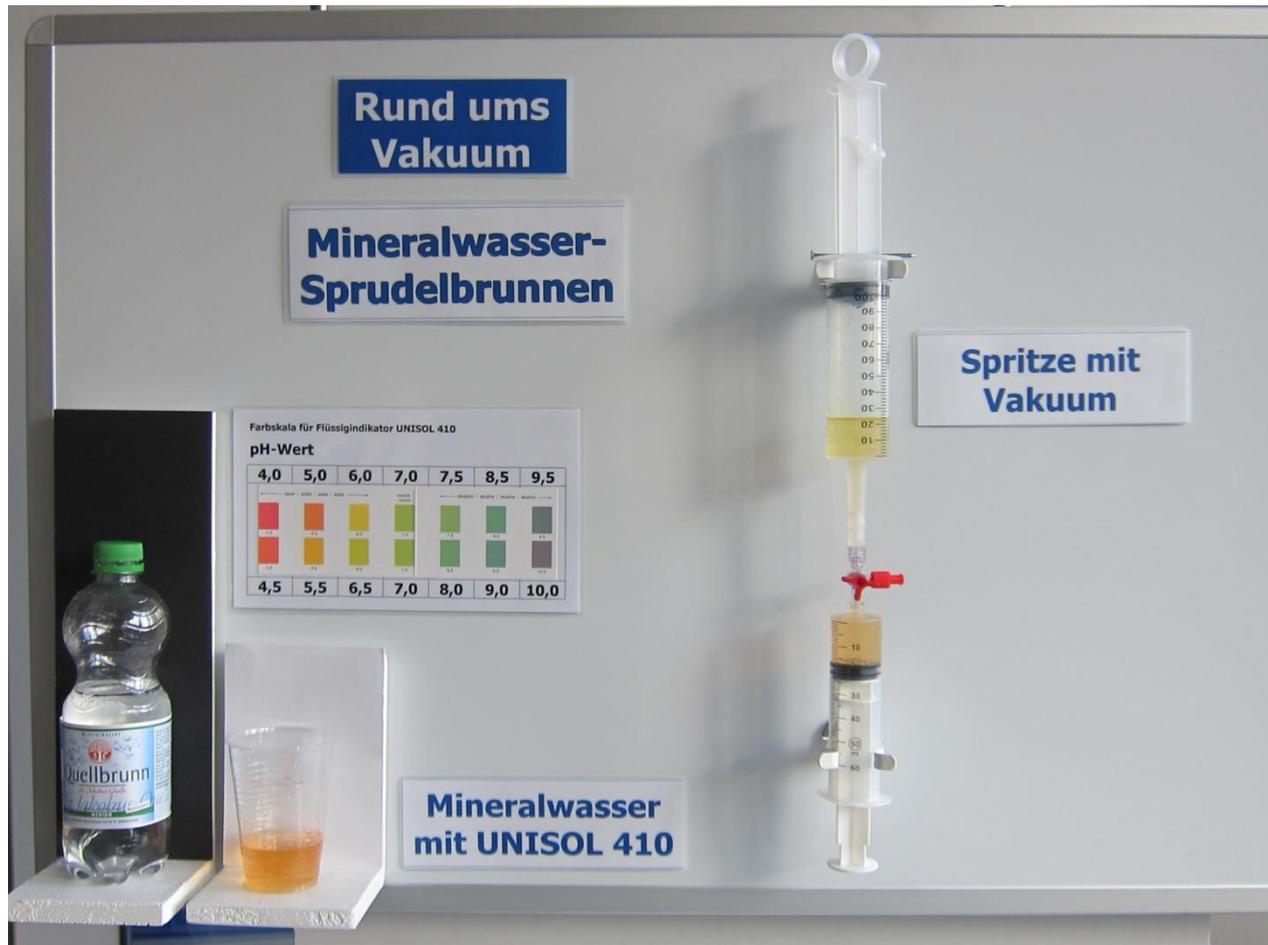
*Entzug von Kohlenstoffdioxid durch Unterdruck*



## 2) Rund ums Vakuum

### 2.3) „Mineralwasser-Sprudelbrunnen“

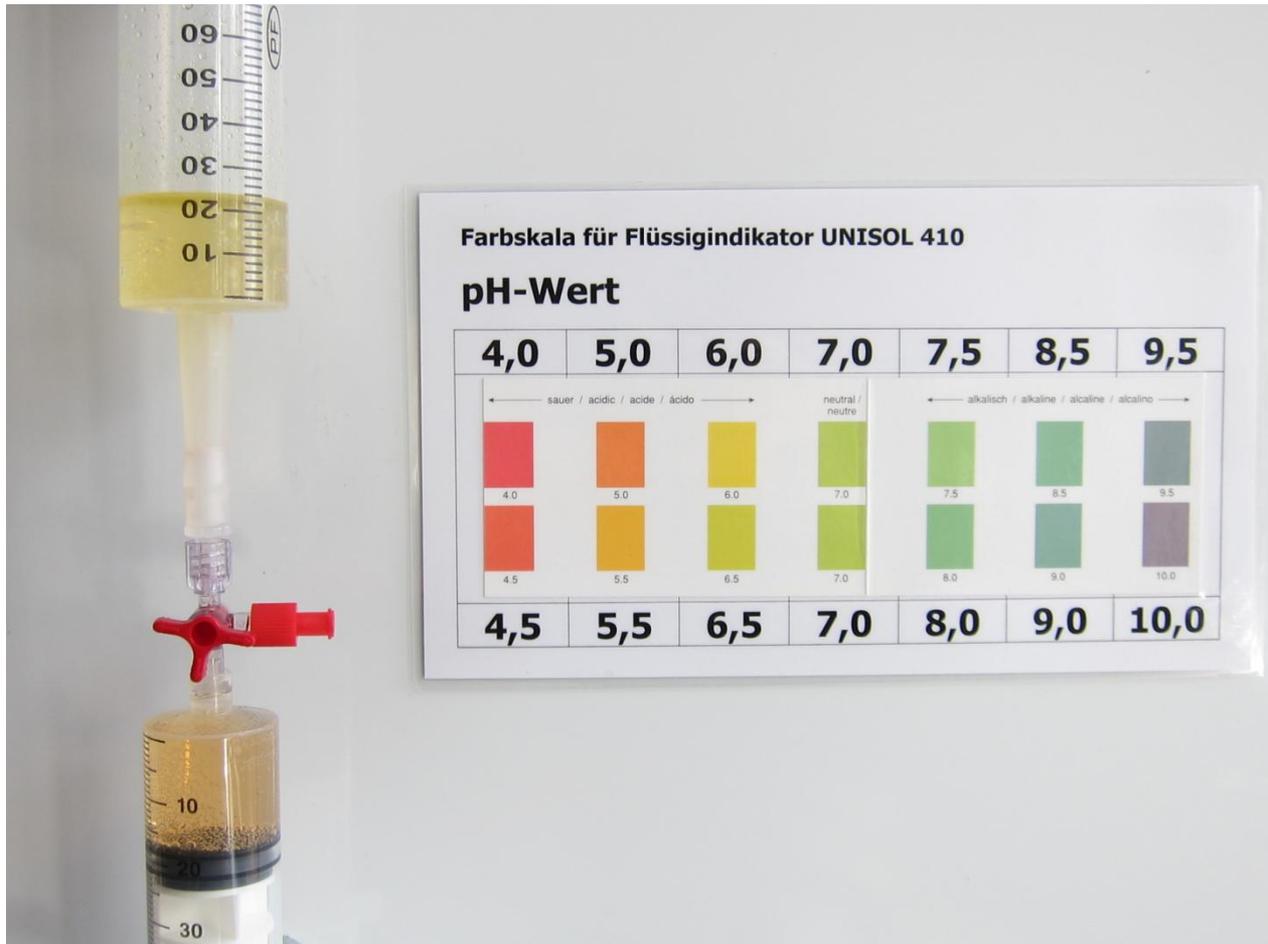
*Entzug von Kohlenstoffdioxid durch Unterdruck*



## 2) Rund ums Vakuum

### 2.3) „Mineralwasser-Sprudelbrunnen“

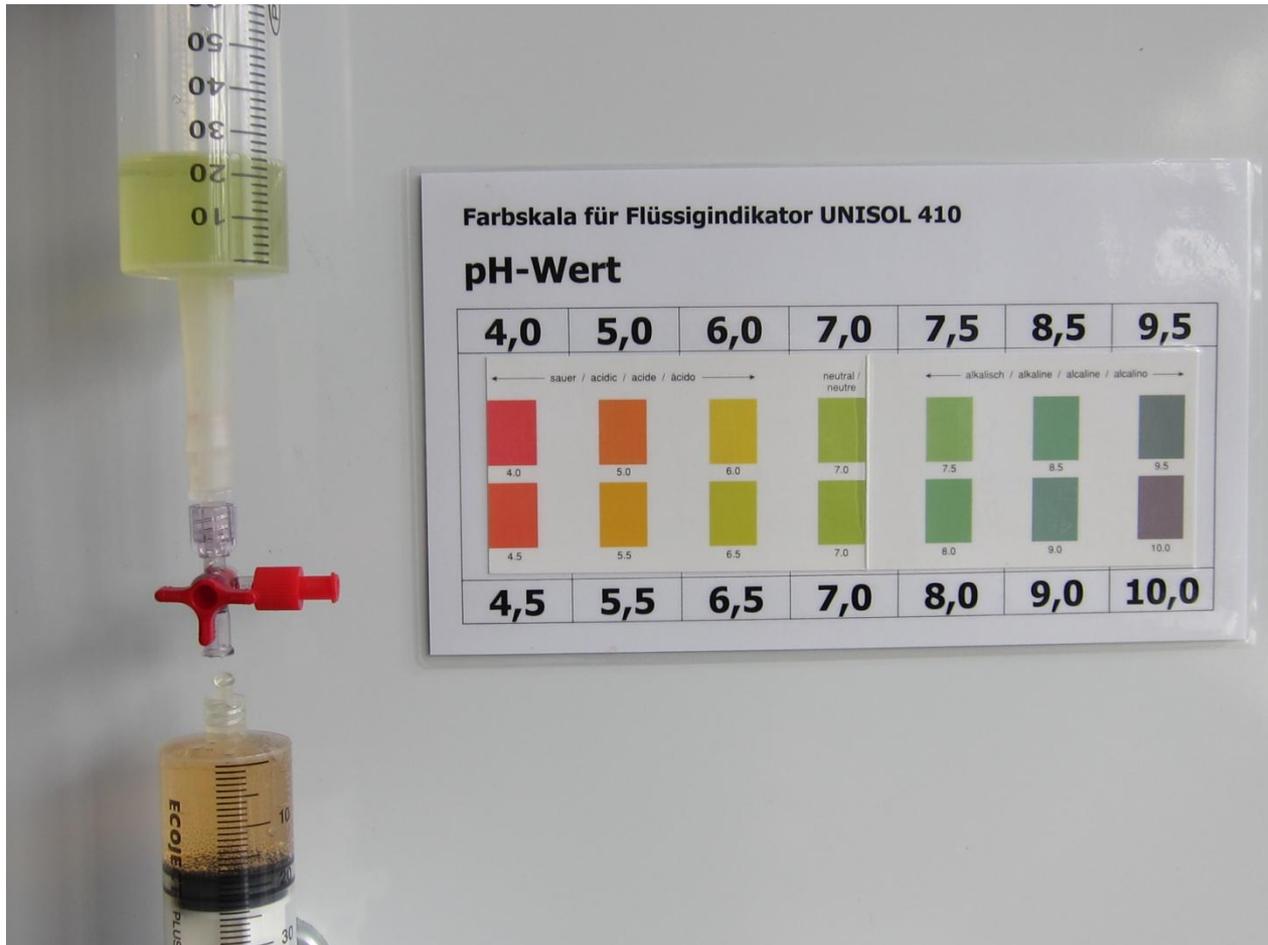
*Ergebnis nach Schritt 1*



## 2) Rund ums Vakuum

### 2.3) „Mineralwasser-Sprudelbrunnen“

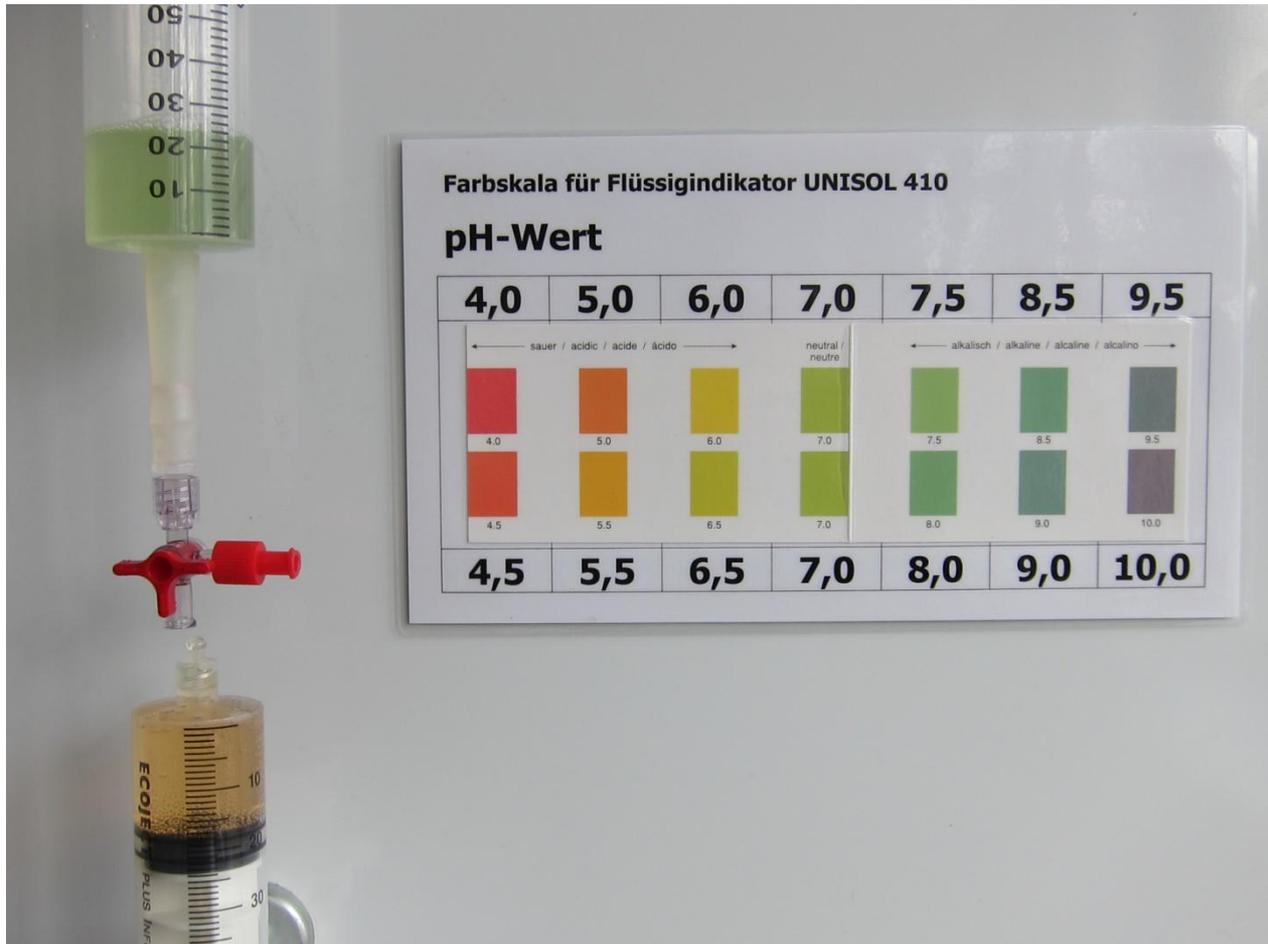
*Ergebnis nach Schritt 2*



## 2) Rund ums Vakuum

### 2.3) „Mineralwasser-Sprudelbrunnen“

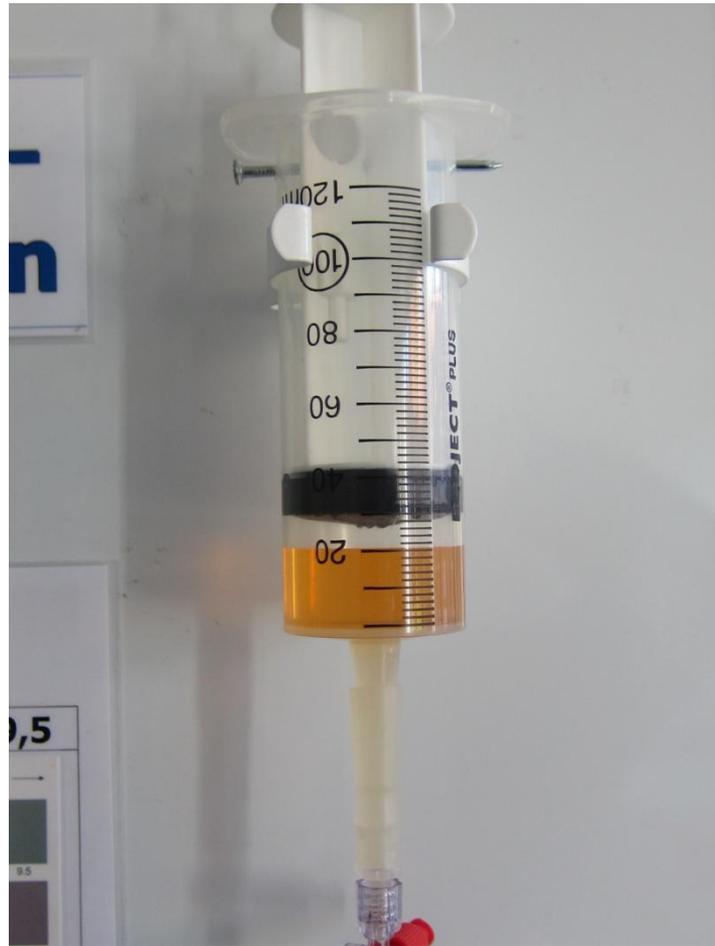
*Ergebnis nach Schritt 3*



## 2) Rund ums Vakuum

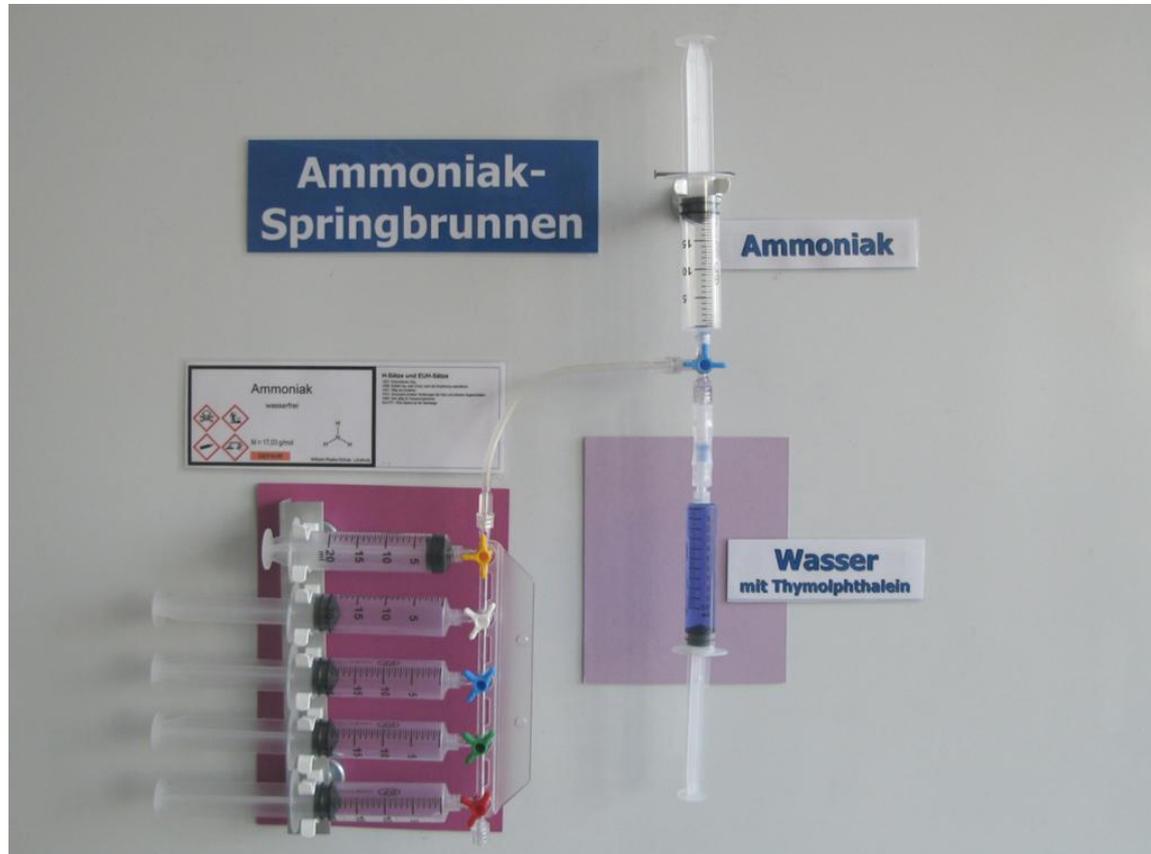
### 2.3) „Mineralwasser-Sprudelbrunnen“

*Gleichgewichts-Verschiebung durch Druckerhöhung*



## 2) Rund ums Vakuum

2.4) Ammoniak-Springbrunnen - das Vakuum entsteht durch die Reaktion  
*fünf 20 mL-Spritzen an 5er-Hahnbank*



# Der Mix macht's

## 3 Rund ums Flüssiggas quantitative Messungen mit einer Apparatur

3.1 Siedetemperaturen

3.2 Verdampfen

3.2.1 Volumenänderung

3.2.2 Druckaufbau

3.3 Verbrennen

3.4 „Kühlschrank-Versuche“ Druckabhängigkeit der Temperatur

### 3) Rund ums Flüssiggas

*Collin, Lange, Flint; Feuerzeuggas flüssig oder gasförmig? Chemkon 16(3), 147-148 (2009)*

Messungen in einer Apparatur



### 3) Rund ums Flüssiggas

#### *Messung in einer Apparatur*

Spritze mit Temperaturfühler, gesichertem Gummistopfen und Druckanschluss



### 3) Rund ums Flüssiggas *Messung in einer Apparatur*

präparierte Spritzen

*oben:*

Dreiwegehahn

an Mini-Adapter (m)

in durchbohrtem Gummistopfen

links: (D 21; 16 – 21- 25)

rechts: (D 22; 17 – 22 – 25)

gesichert mit angeschraubter

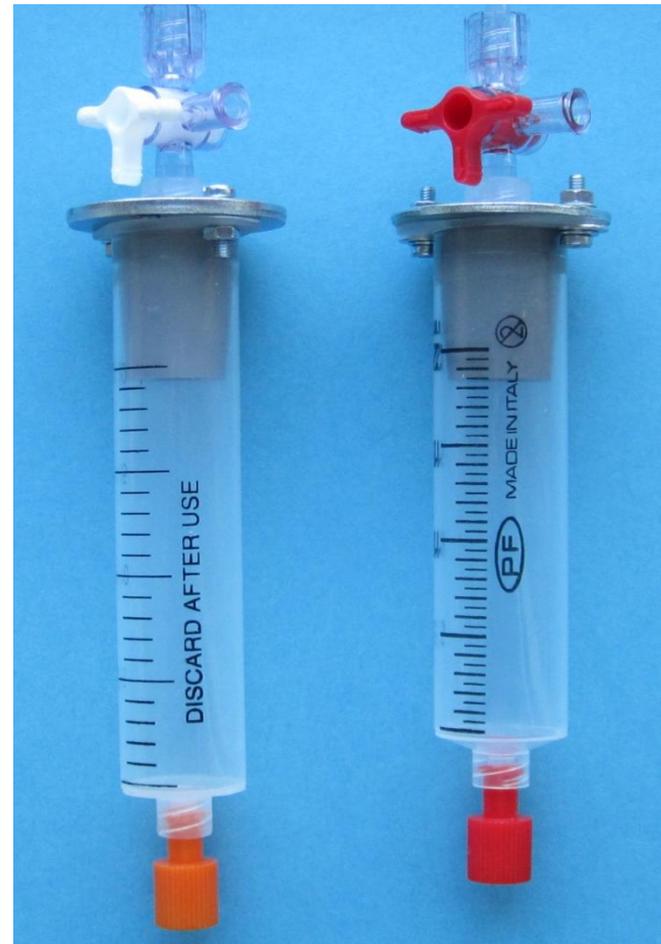
Karosseriescheibe M 12

*unten:*

durchbohrter Kombistopfen

(d = 1,5 mm)

für Temperaturfühler



### 3) Rund ums Flüssiggas *Messung in einer Apparatur*

Präparieren der Spritze:

Dreiwegehahn

Mini-Adapter (m)

durchbohrter Gummistopfen  
(D 21; 16 – 21- 25)

Karosseriescheibe M 12,  
2-fach durchbohrt (3,2 mm)

2 Schrauben 10 x 3 mm,  
mit Muttern und U-Scheiben



### 3) Rund ums Flüssiggas

#### Messung in einer Apparatur

#### 3.1) Siedetemperaturen



# Siedetemperaturen und Gaschromatogramme

## Probe 1: **Stevenson**

Kp: - 5,5 °C

## Probe 2: **CFH**

Kp: - 7,5 °C

## Probe 3: **TOM**

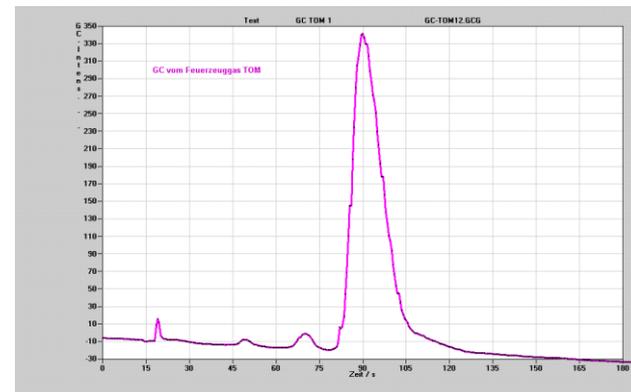
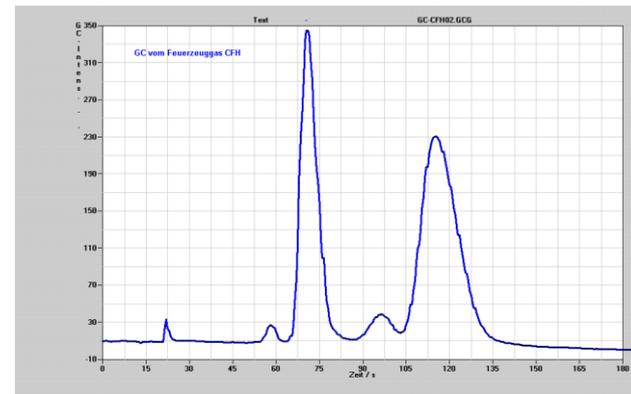
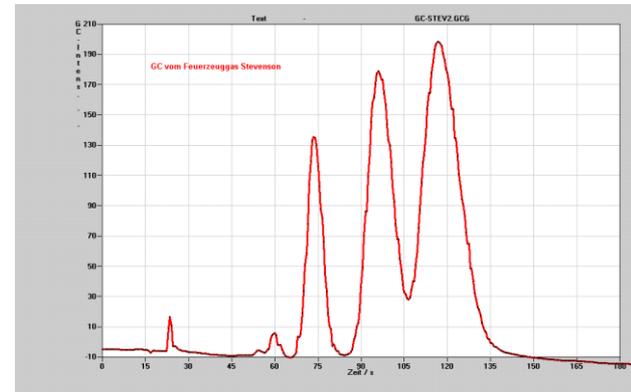
Kp: - 10,5 °C

## *Siedetemperaturen der Reinstoffe*

*Propan:* - 42,1 °C

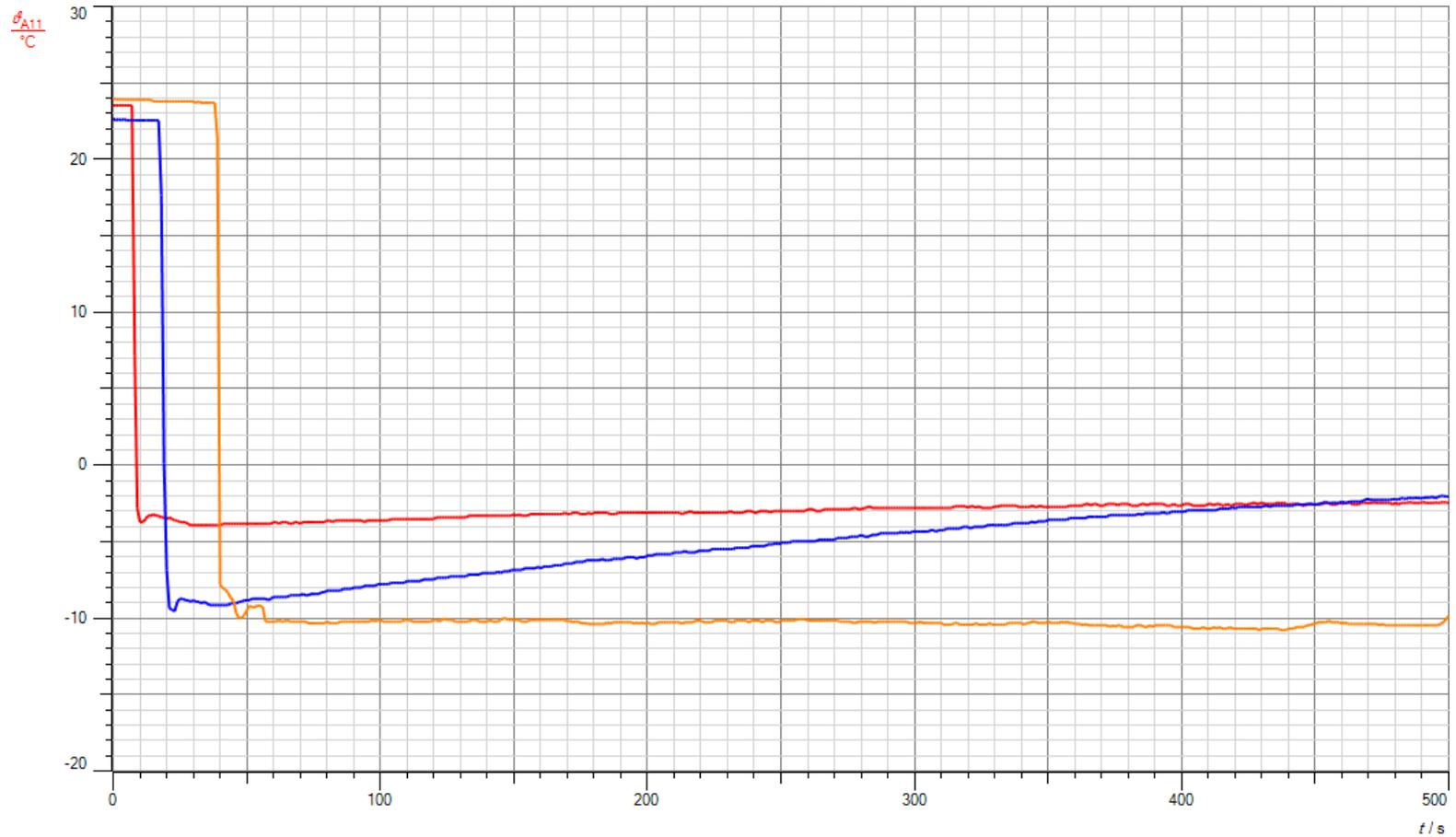
*i-Butan:* - 11,7 °C

*n-Butan:* - 0,5 °C



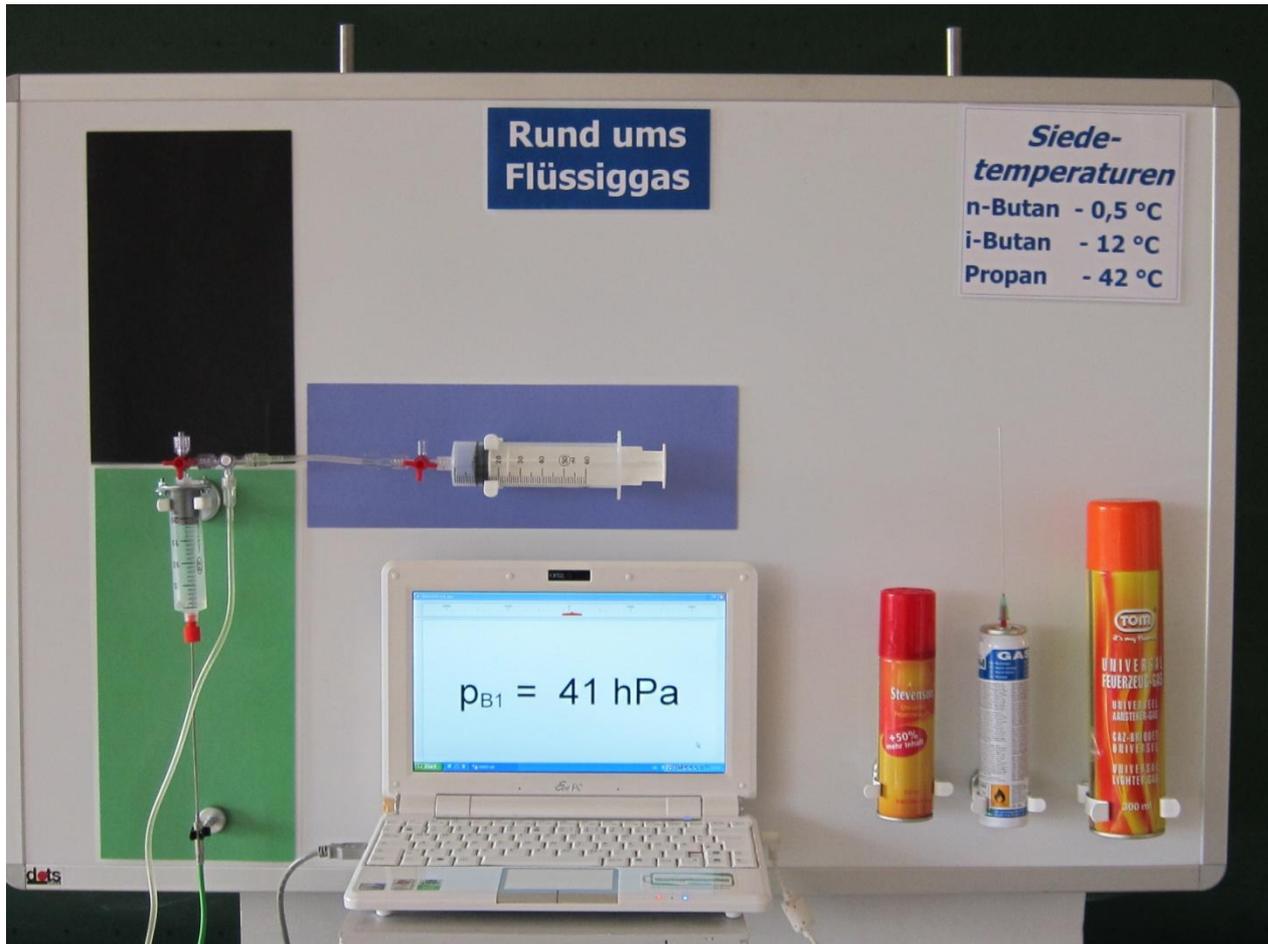
# Temperatur/Zeit-Diagramme

Stevenson – CFH – TOM in 20 mL-Spritzen



### 3) Rund ums Flüssiggas

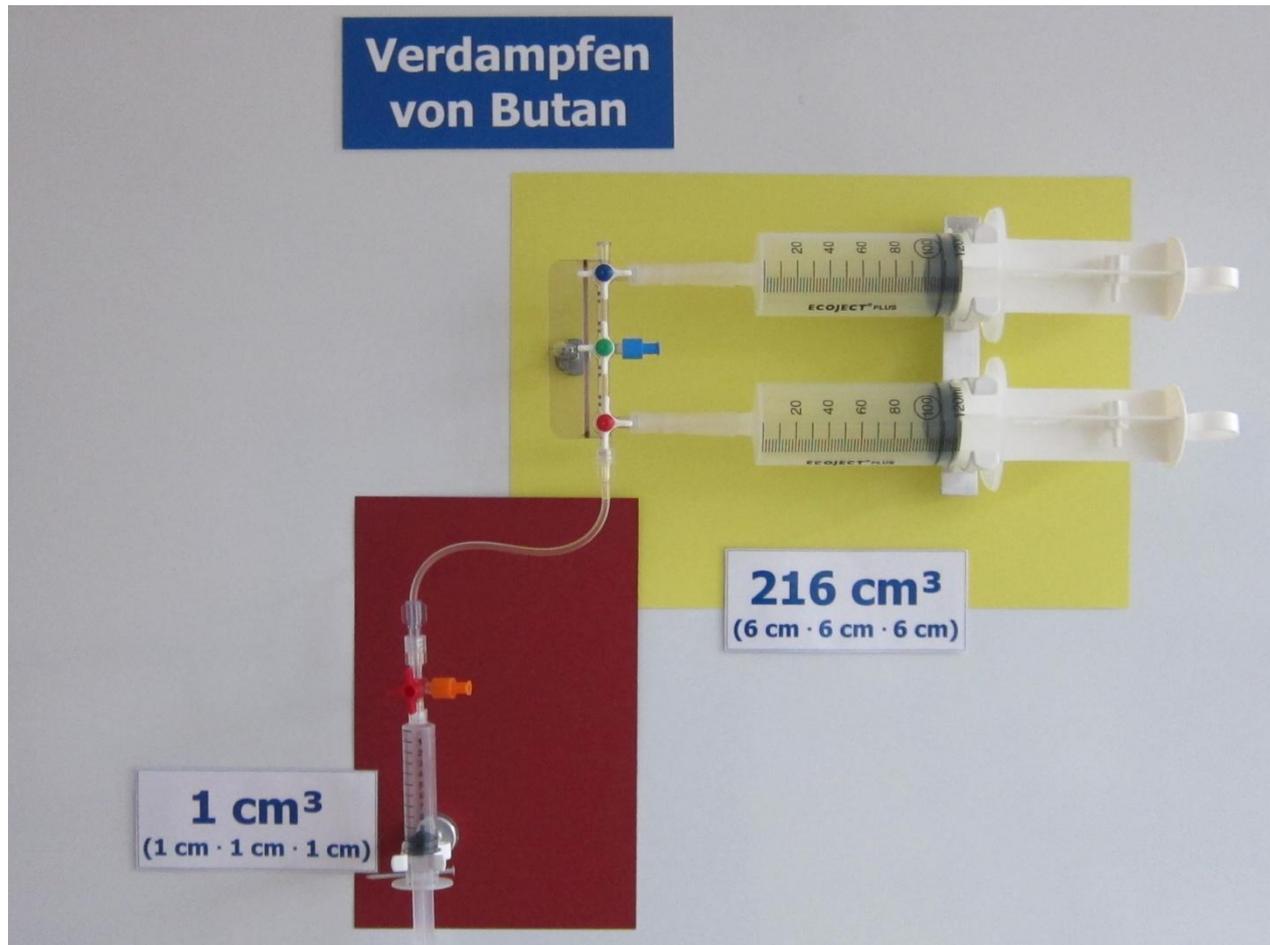
3.2) Verdampfen: Zum Verschieben des Kolbens reicht ein geringer Überdruck



### 3) Rund ums Flüssiggas

3.2) Verdampfen: Aus 1 mL Butan(l) entstehen 216 mL Butan(g)

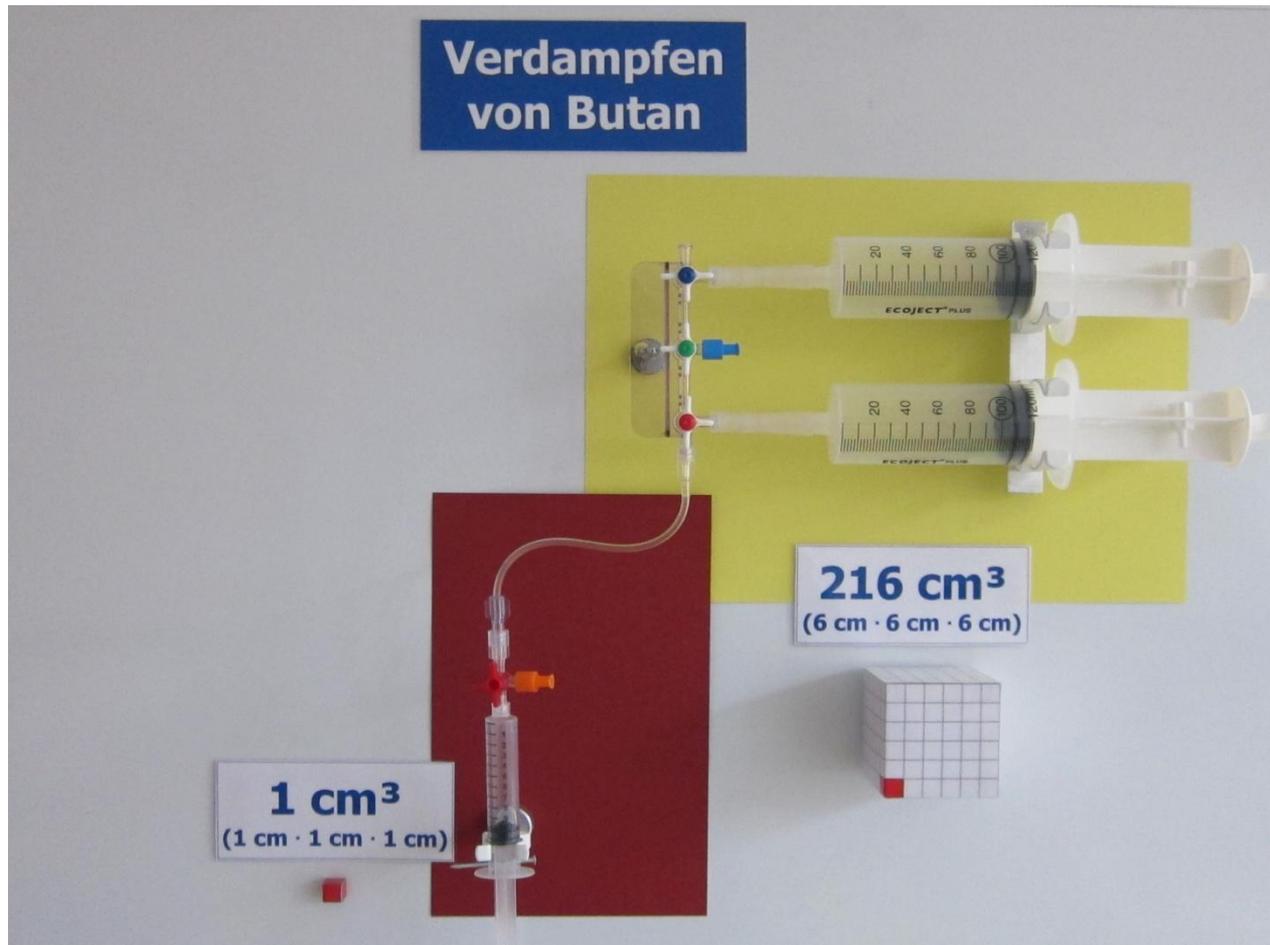
*Petermann, Friedrich, Oetken; Die Quantifizierung des „Horror vacui“; PdN-CiS 60(2), 45-48 (2011)*



### 3) Rund ums Flüssiggas

3.2) Verdampfen: Aus 1 mL Butan(l) entstehen 216 mL Butan(g)

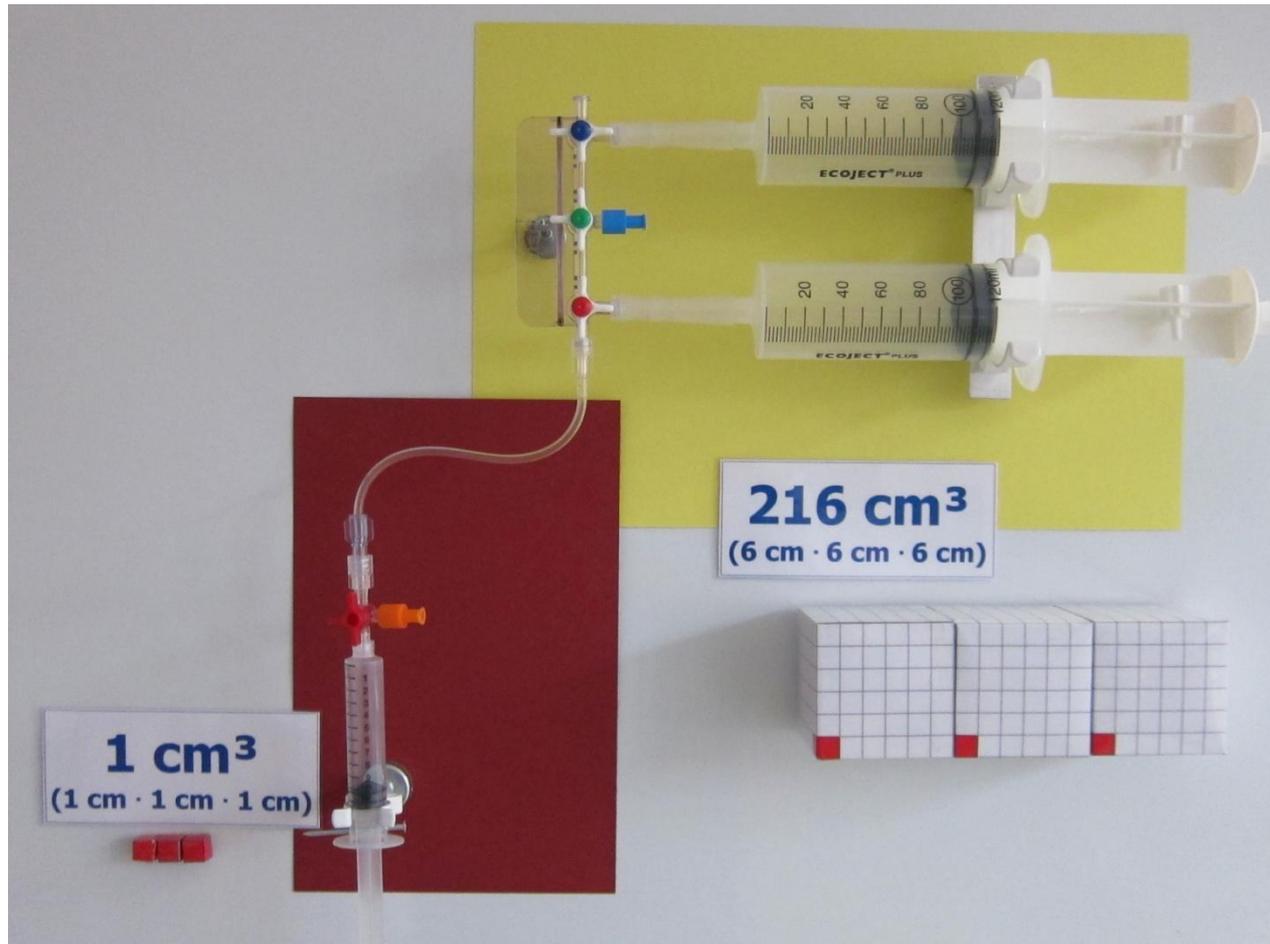
Teilchenmodell: Volumenzunahme um den Faktor 216



### 3) Rund ums Flüssiggas

3.2) Verdampfen: Aus 1 mL Butan(l) entstehen 216 mL Butan(g)

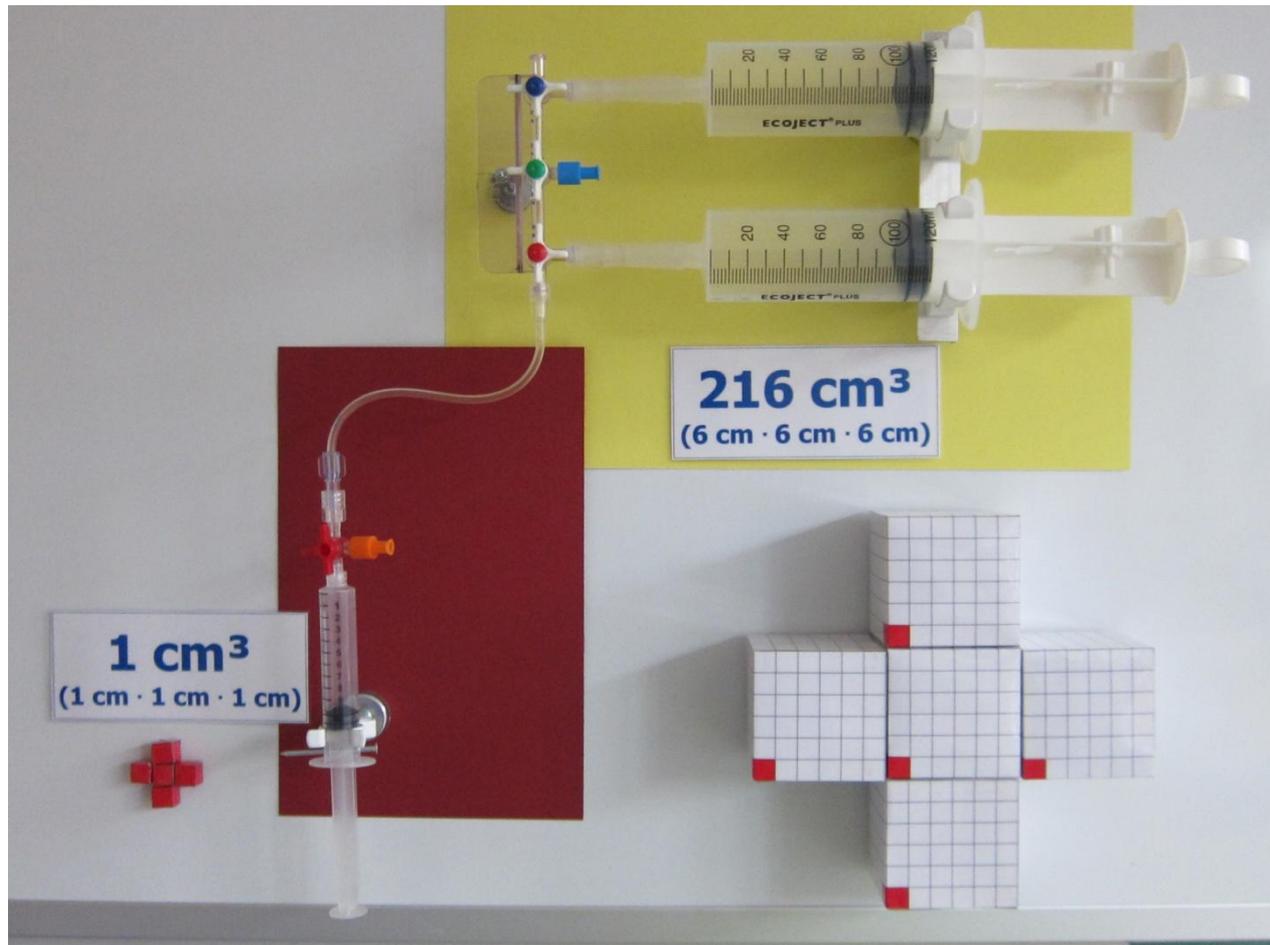
Teilchenmodell: Vergrößerung des Teilchenabstandes um den Faktor 6



### 3) Rund ums Flüssiggas

3.2) Verdampfen: Aus 1 mL Butan(l) entstehen 216 mL Butan(g)

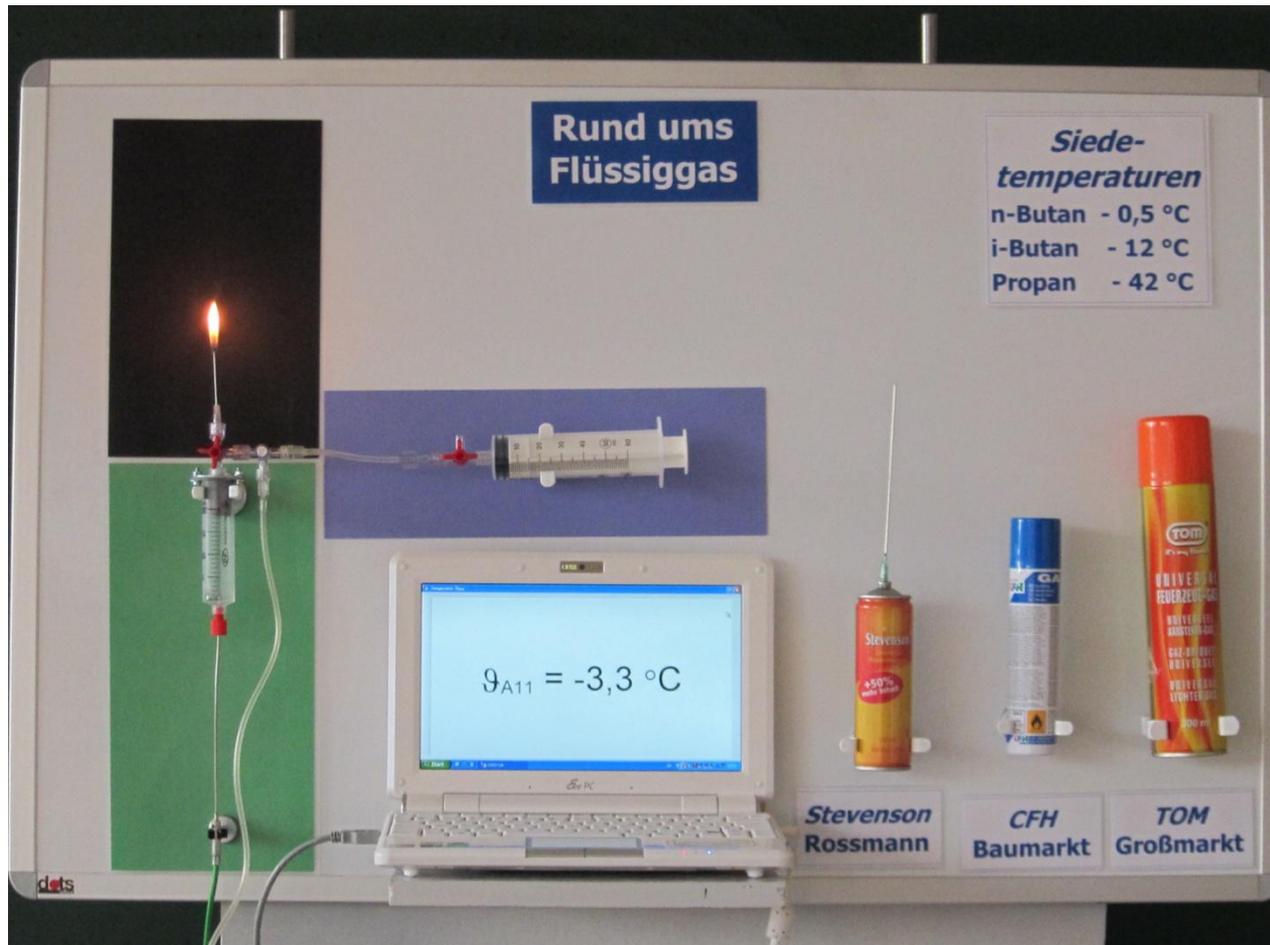
Teilchenmodell: Vergrößerung des Teilchenabstandes um den Faktor 6



# 3) Rund ums Flüssiggas

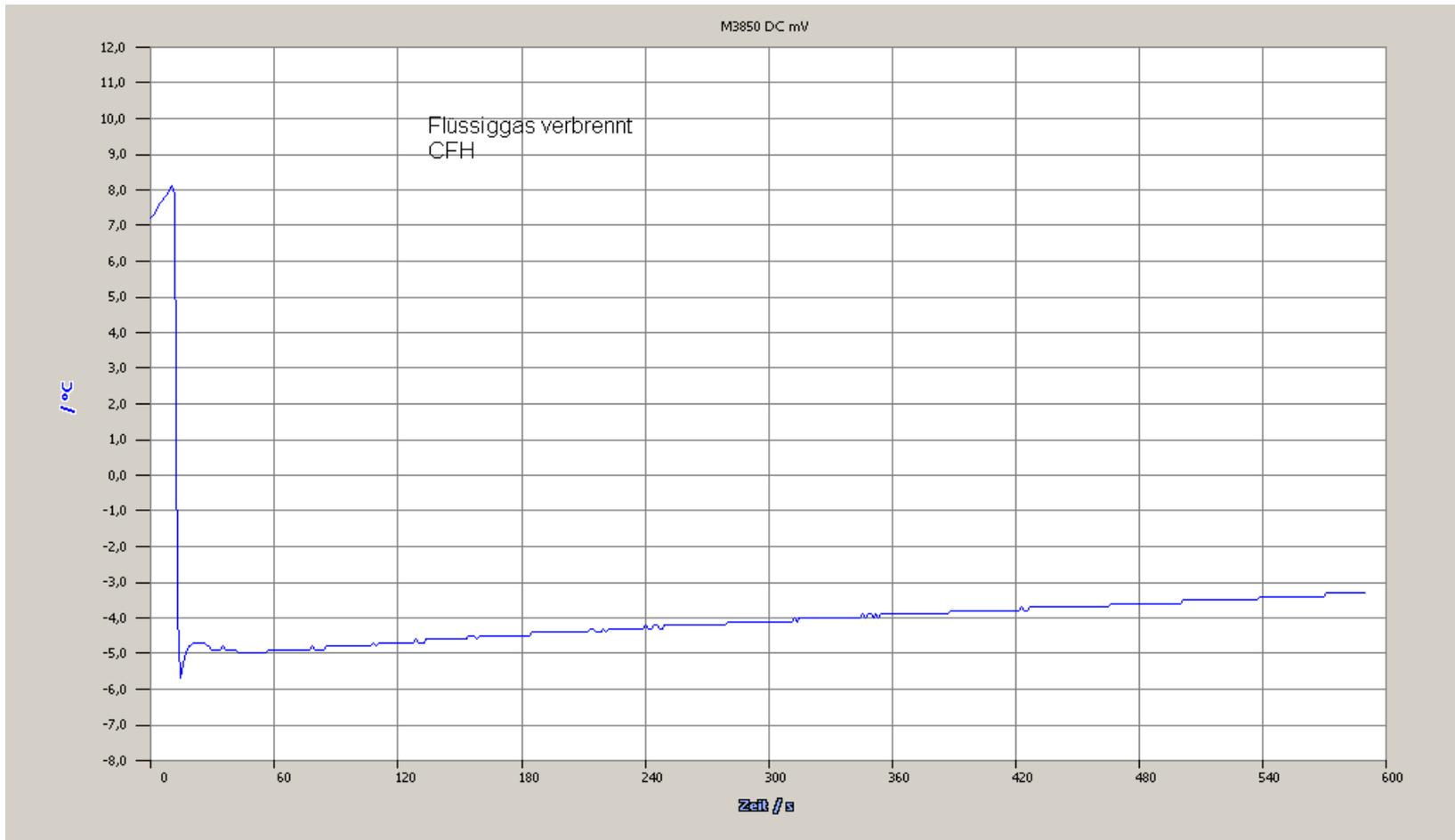
## Messung in einer Apparatur

### 3.3) Flammen



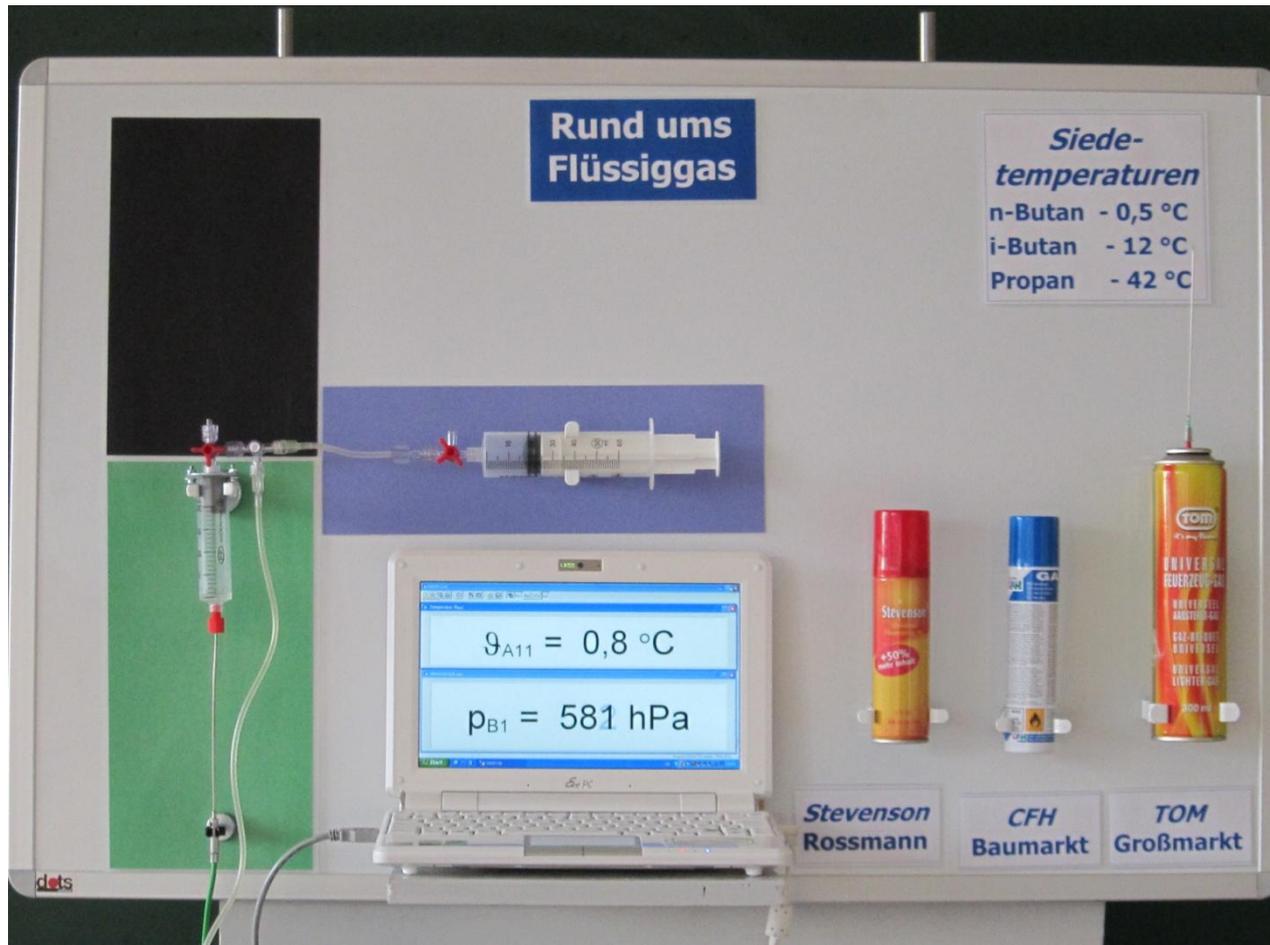
### 3.3) Temperatur des Flüssiggases beim Verbrennen

Beispiel CFH - Die Temperatur steigt sehr langsam (0,2 °C/Min)



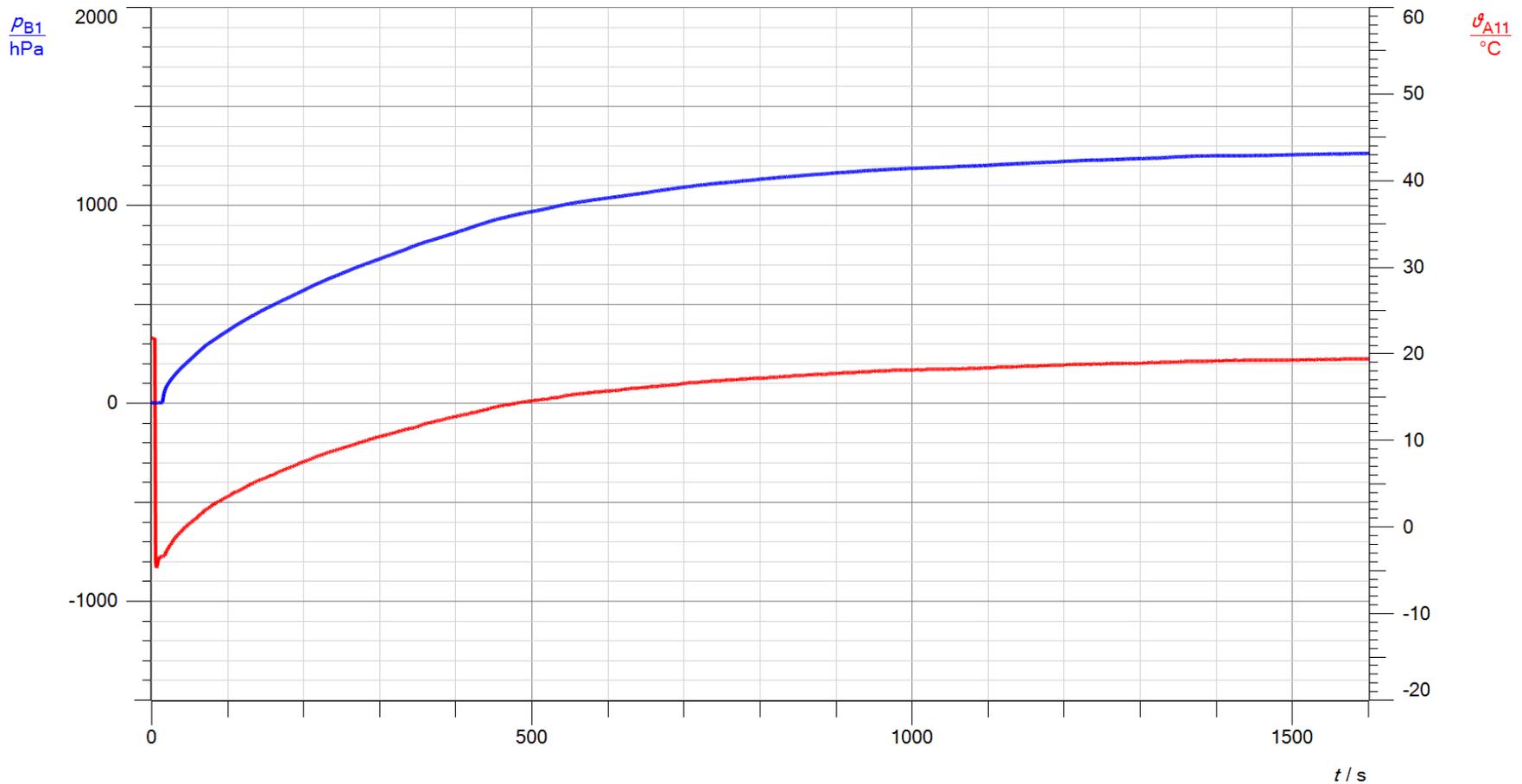
### 3) Rund ums Flüssiggas

#### 3.4) Druck und Siedetemperaturen der Flüssiggase



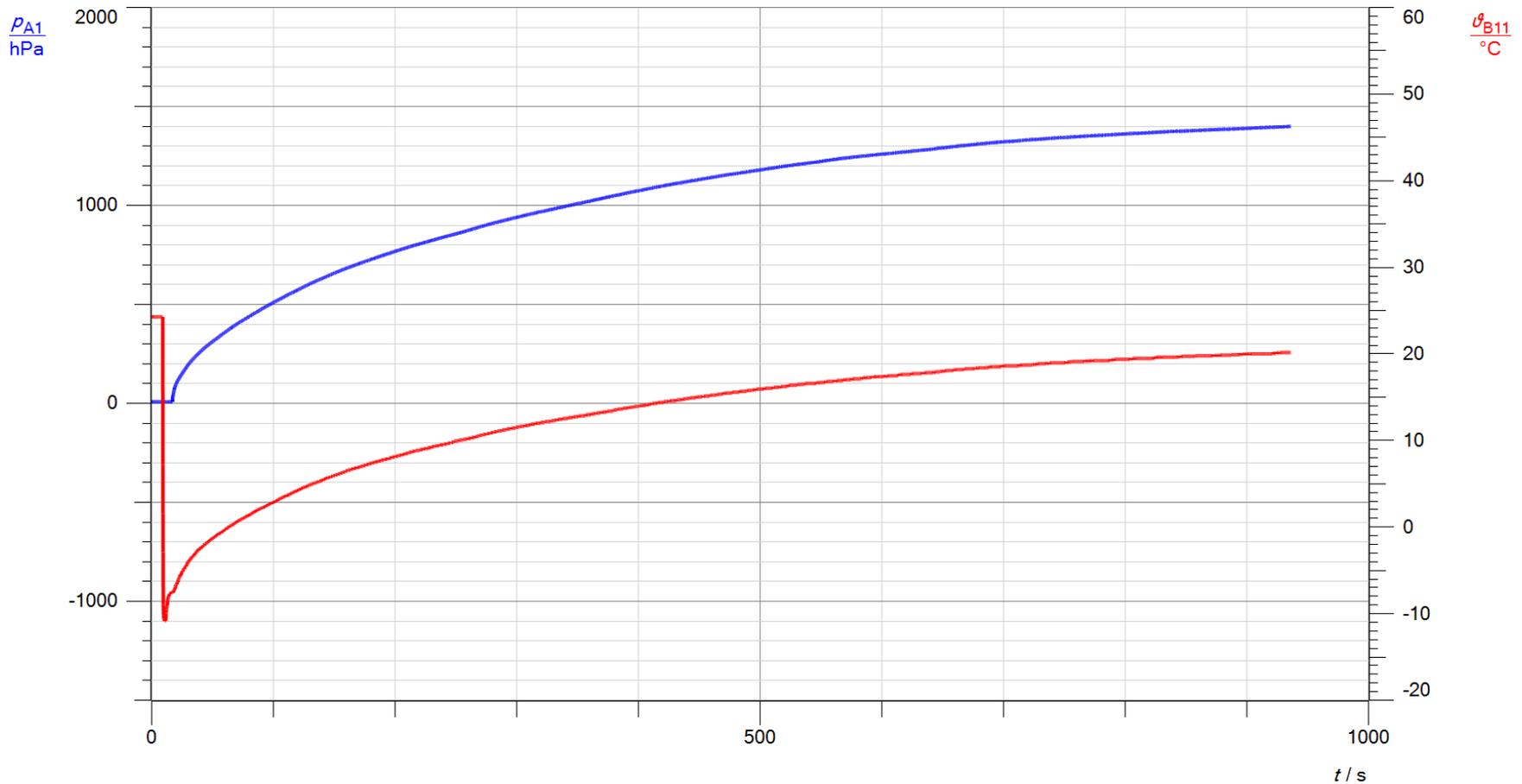
### 3) Rund ums Flüssiggas

#### 3.4) Druckaufbau und Siedetemperaturen der Flüssiggase - Stevenson



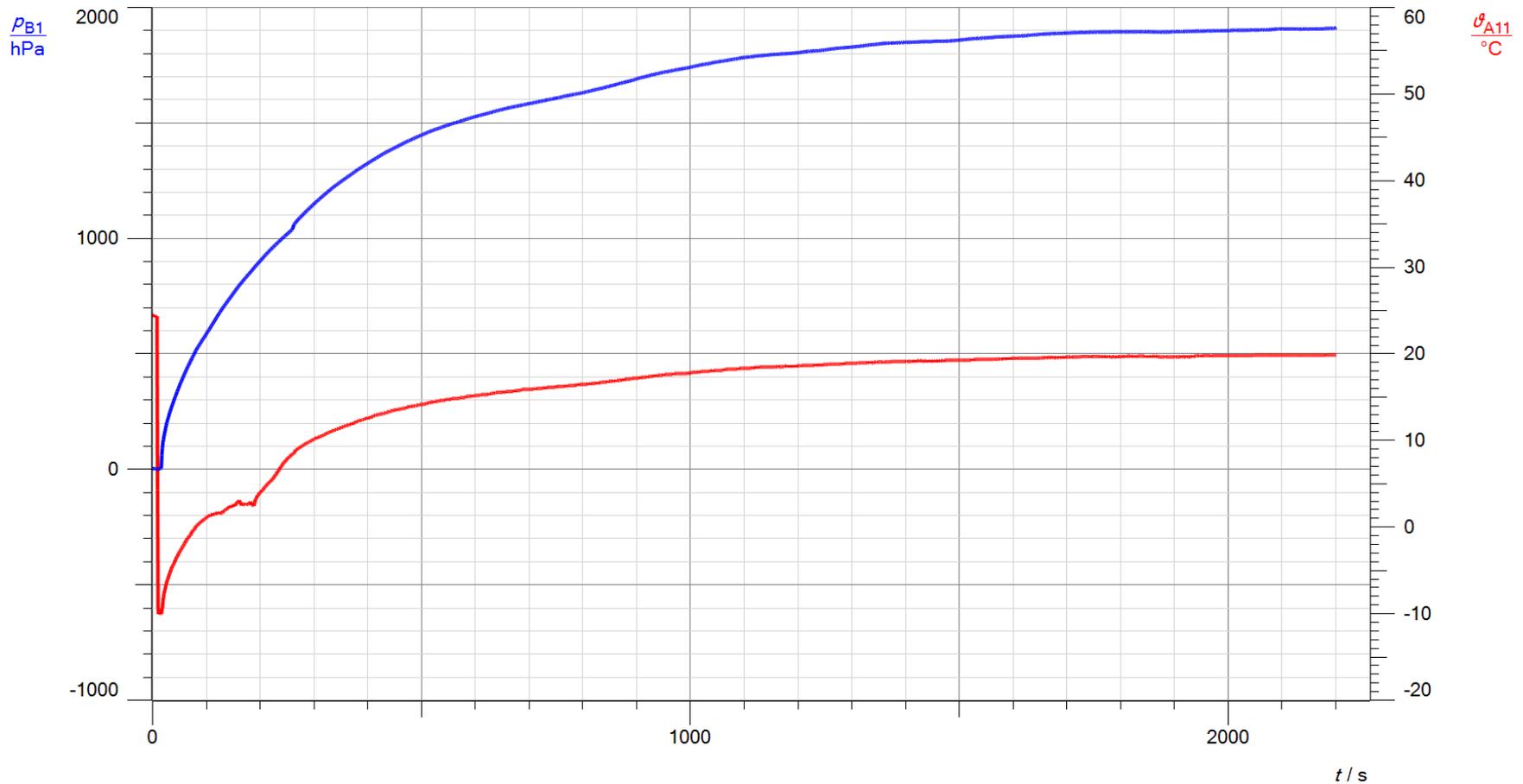
### 3) Rund ums Flüssiggas

#### 3.4) Druckaufbau und Siedetemperaturen der Flüssiggase - CFH



### 3) Rund ums Flüssiggas

#### 3.4) Druckaufbau und Siedetemperaturen der Flüssiggase - TOM



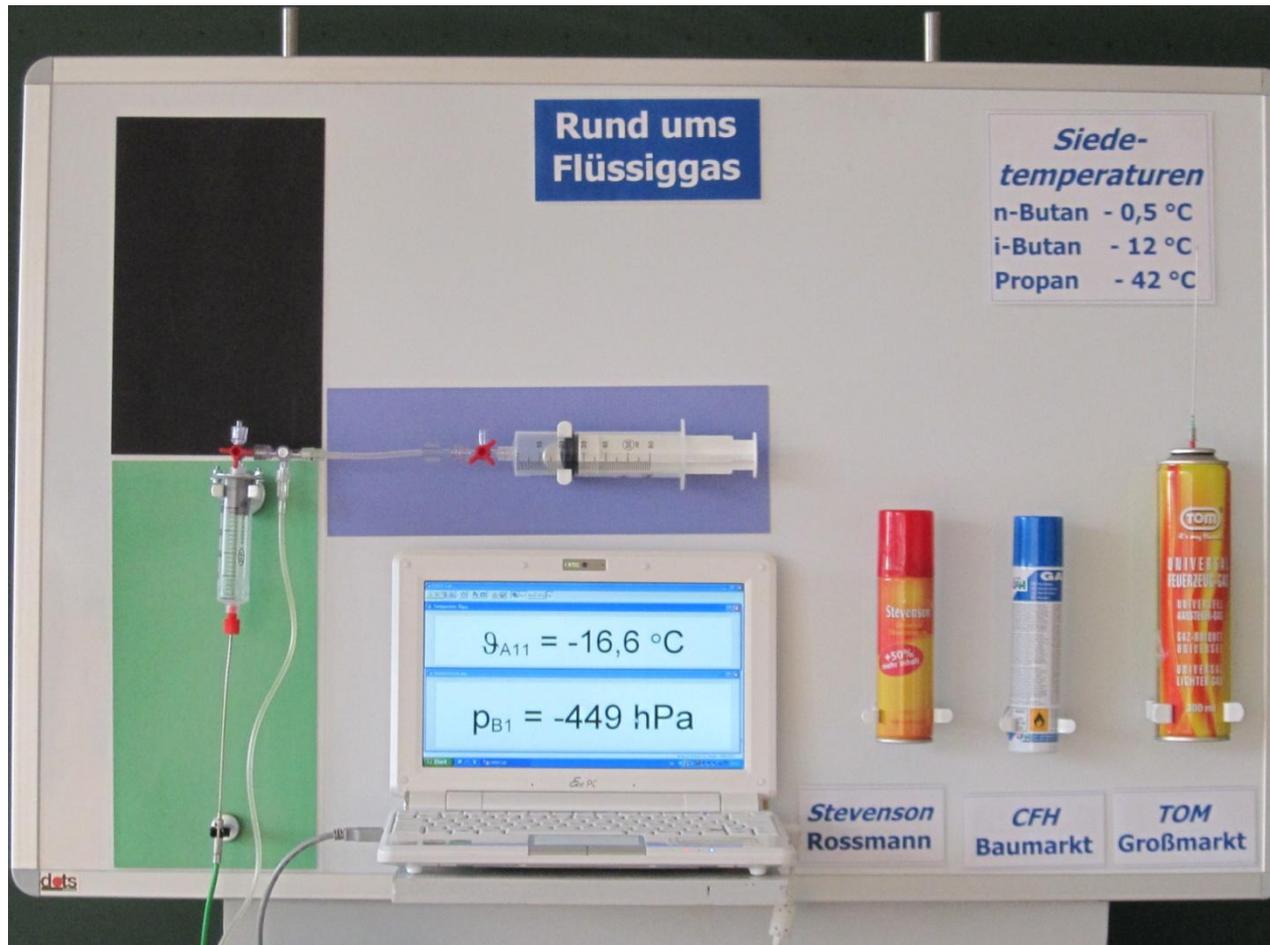
### 3) Rund ums Flüssiggas

#### 3.4) Drücke in den Gasdosen

	Stevenson	CFH	TOM
t = 21 °C	1,9 - 2,2 bar	2,2 bar	> 2,5 bar
t = 27 °C	2,2 – 2,7 bar	2,5 - 2,9 bar	> 3,5 bar

### 3) Rund ums Flüssiggas

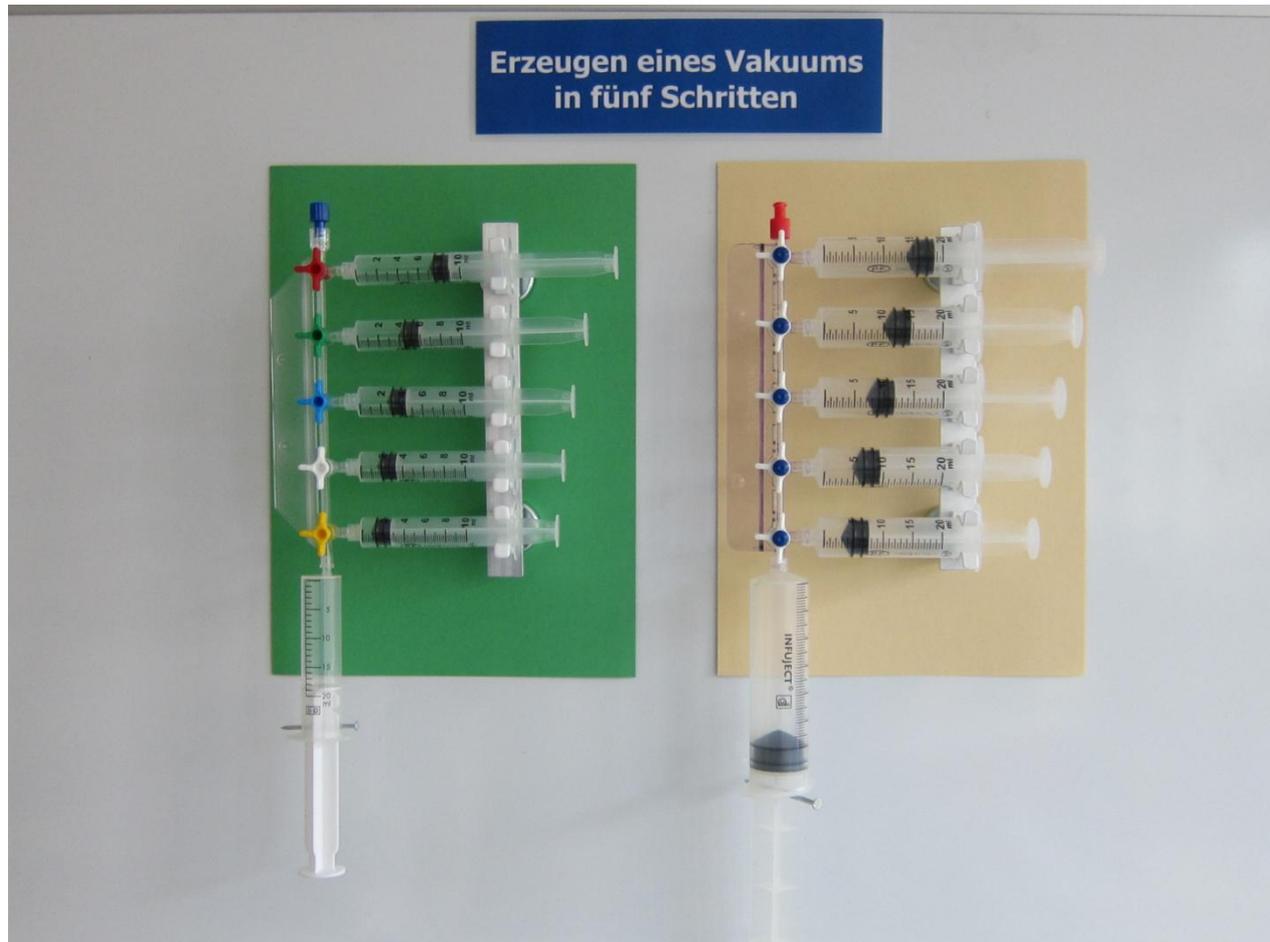
#### 3.5) Druckabhängigkeit der Siedetemperatur: Modell des Kühlschranks



### 3.5.1 *Vorversuche mit Luft* - Erzeugen von Unterdruck

links: 20 mL-Spritze mit Luft; Hahnbank mit fünf 10 mL-Spritzen

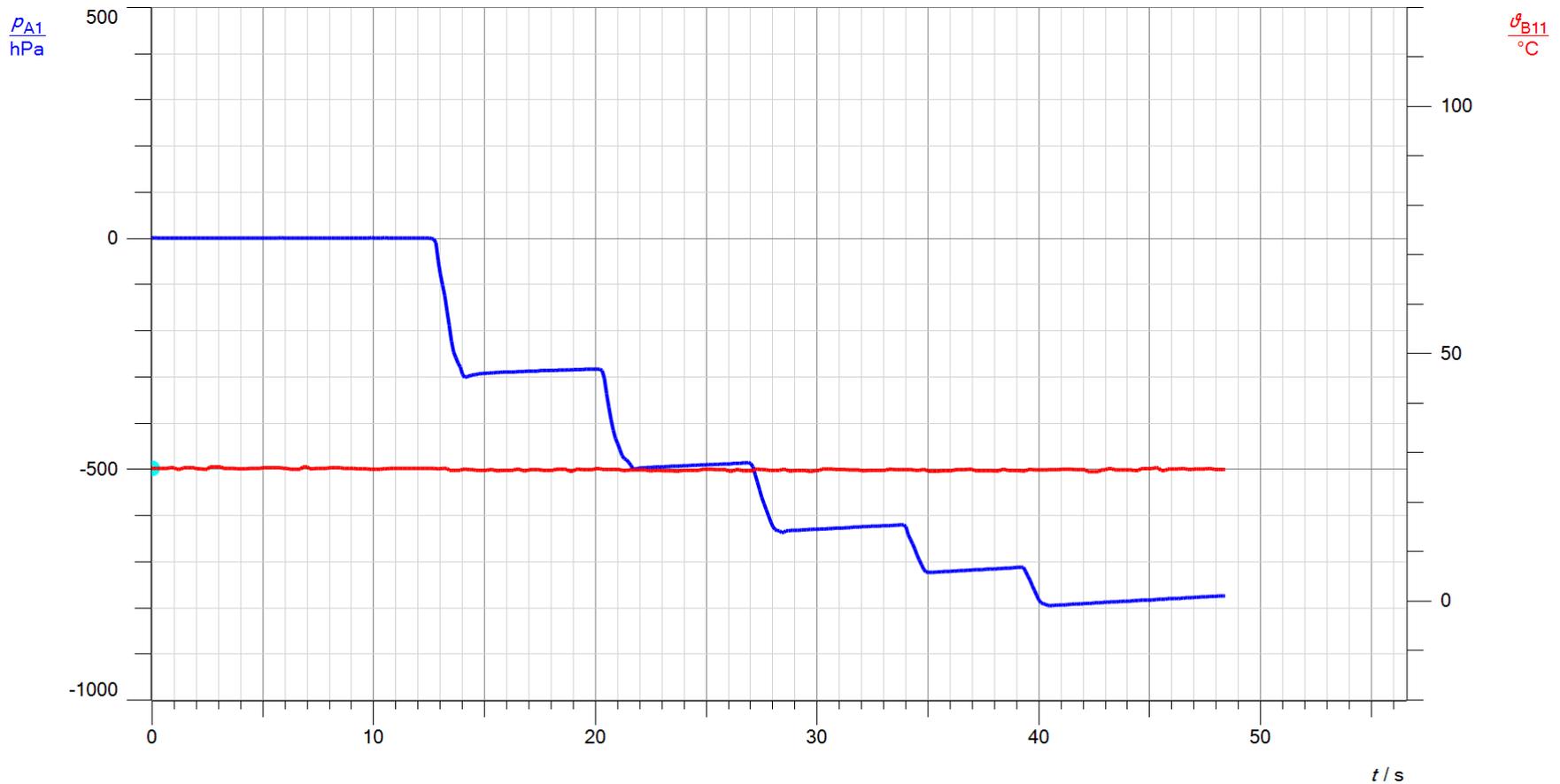
rechts: 60 mL-Spritze mit Luft; Hahnbank mit fünf 20 mL-Spritzen



### 3.5.1 Vorversuche mit Luft - Erzeugen von Unterdruck

20 mL-Spritze mit Luft; Hahnbank mit fünf 10 mL-Spritzen

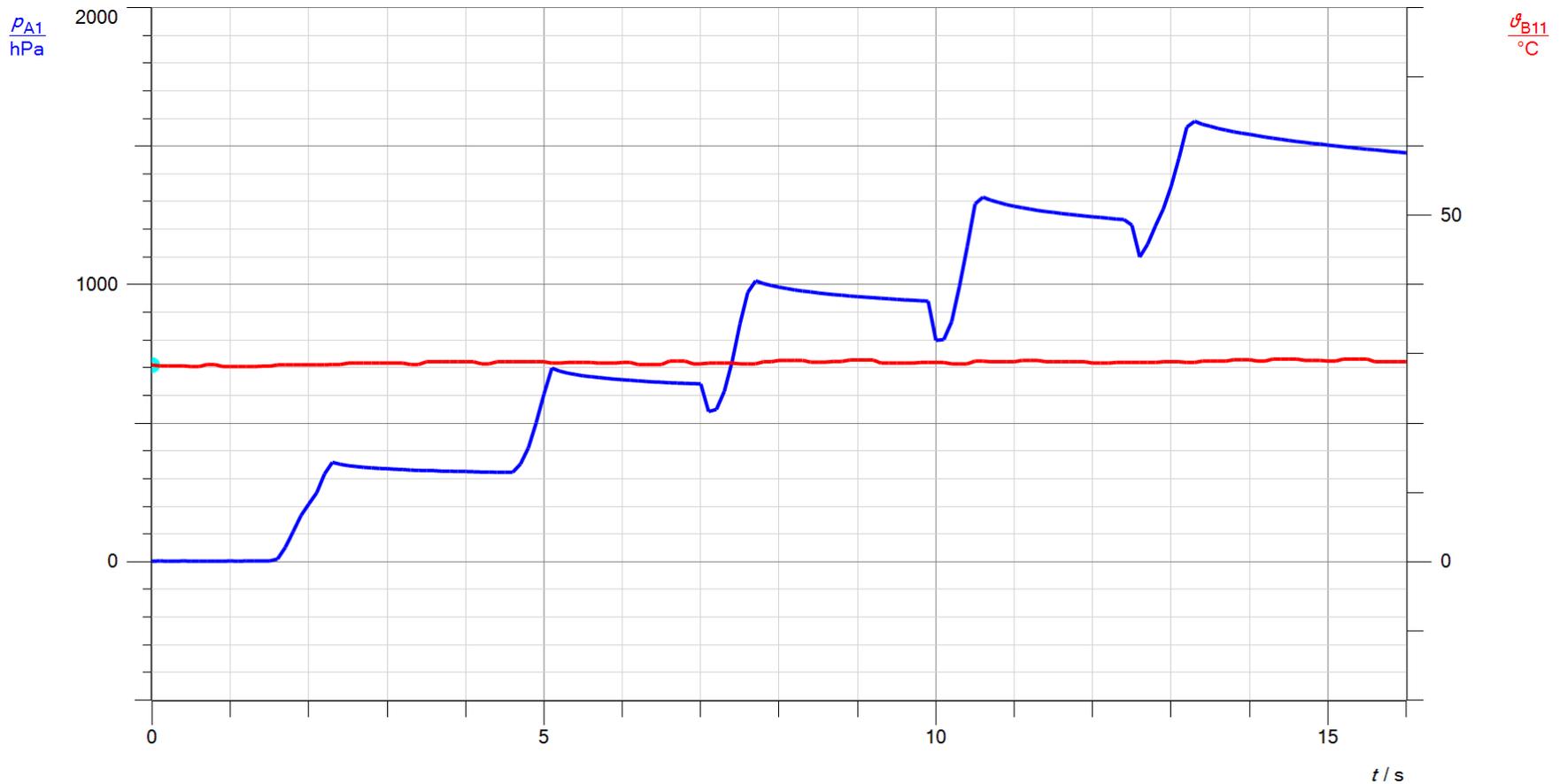
$p_1 = -300$  hPa,  $p_2 = -500$  hPa,  $p_3 = -650$  hPa,  $p_4 = -720$  hPa,  $p_5 = -800$  hPa;  $t = 29$  °C



## 3.5.2 Vorversuche mit Luft - Erzeugen von Überdruck

20 mL-Spritze mit Luft; Hahnbank mit fünf 10 mL-Spritzen (PF)

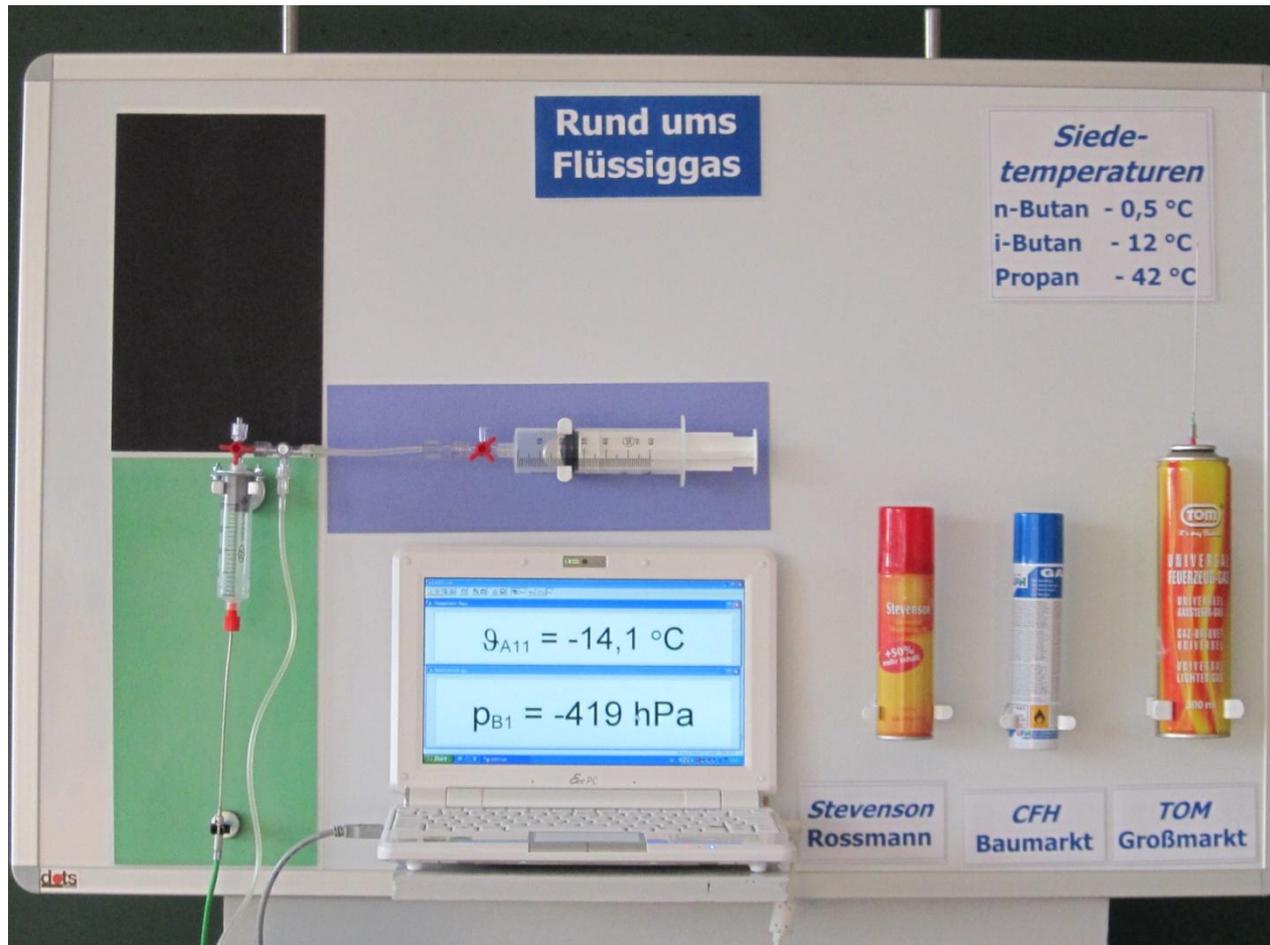
$p_1 = +350$  hPa,  $p_2 = +690$  hPa,  $p_3 = +1000$  hPa,  $p_4 = +1300$  hPa,  $p_5 = +1600$  hPa;  $t = 29$  °C



### 3.5.3 „Kühlschrank-Experimente“ mit Flüssiggas

*Die Änderung des Drucks mit der 60 mL-Spritze*

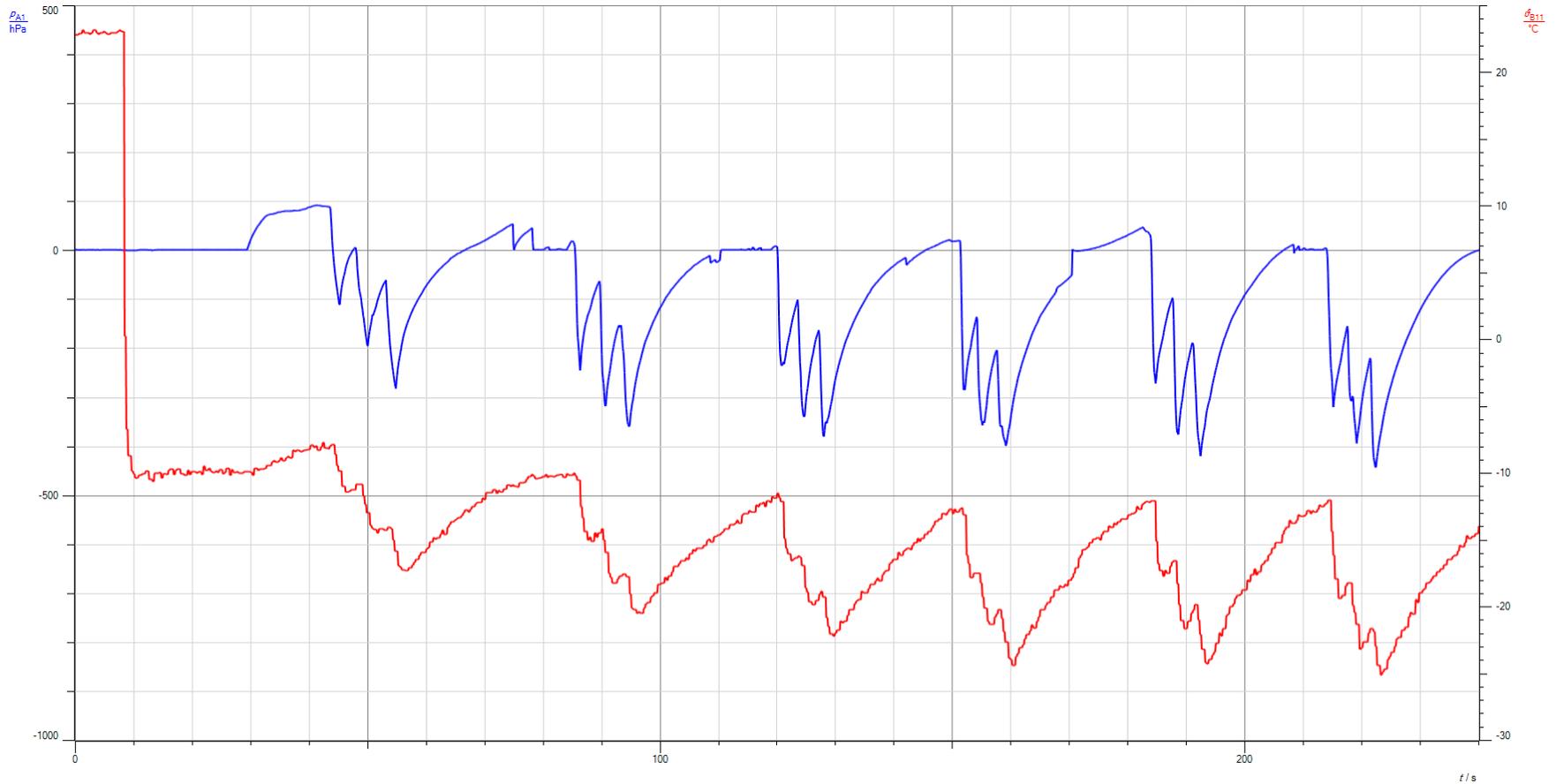
*führt zur Änderung der Temperatur des Flüssiggases in der 20 mL-Spritze*



# Beispiel 06 (04.07.2013)

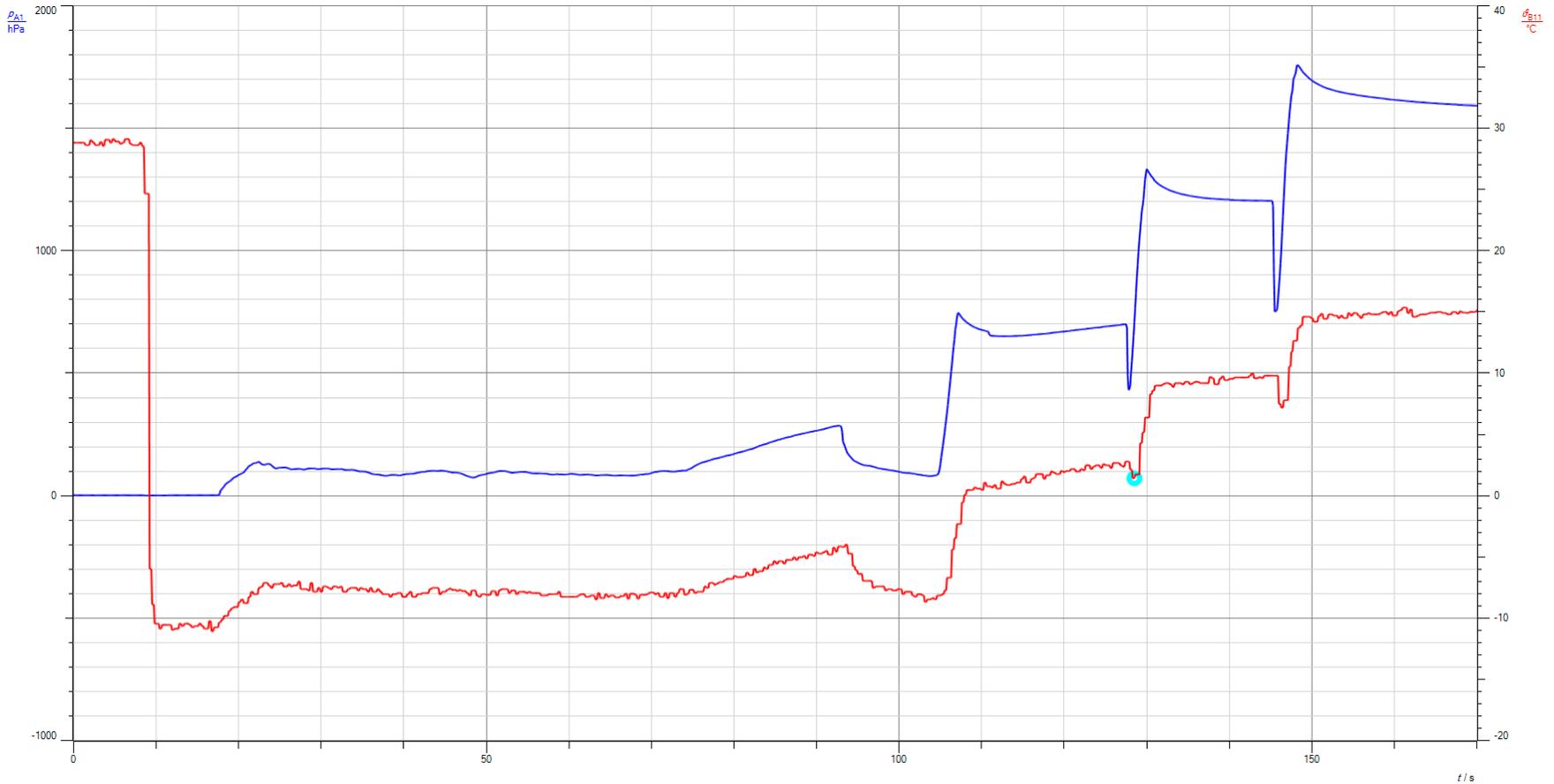
Die Erniedrigung des **Drucks** in drei Schritten führt zur Änderung der **Temperatur**

$p = -300$  bis  $-450$  hPa ergibt  $t = -16$  bis  $-25^\circ\text{C}$  ( $t_0 = -10^\circ\text{C}$ )



# Beispiel 09 (04.07.2013)

Die Erhöhung des **Drucks** in drei Schritten führt zur Erhöhung der **Temperatur**  
 $p_1, p_2, p_3 = +700, +1200, +1600 \text{ hPa}$  ergibt  $t_1, t_2, t_3 = 0, +9, +15^\circ\text{C}$  ( $t_0 = -8^\circ\text{C}$ )



# Der Mix macht's

## 4 Halbmikrotechnik

### 4.1 Titration von Urinstein-Entferner mit Natronlauge

Vorteile:

Kleinste Mengen reichen aus,  
Arbeit mit 1 molarer Natronlauge ist möglich,  
das Säubern der Apparatur ist sehr einfach.

## 4) Halbmikrotechnik

Die Natronlauge befindet sich in der Heidelberger Verlängerung



## 4) Halbmikrotechnik

Die Natronlauge befindet sich in der Heidelberger Verlängerung



# Der Mix macht's

*Am Ende der Vorführung fehlt noch die Hausaufgabe(!) ...*

## 5 Kinetik-Experimente an Hahn(en)bänken

### 5.1 Veranschaulichung der Reaktionsordnung

## 5) Kinetik-Experimente an Hahn(en)bänken



Die Reaktionsordnung ist klar?



Die Reaktionsordnung ist klar?



Die Reaktionsordnung ist jetzt klar?



# Natürlich: Eine Reaktion erster Ordnung (konstante HWZ)



Die Reaktionsordnung ist jetzt klar?



Natürlich: Eine Reaktion zweiter Ordnung  
(Die HWZ verdoppelt sich von Mal zu Mal)

**Reaktionskinetik**

The setup includes five syringes in a rack, each containing a different volume of a pink liquid. A digital timer displays 07:49,9 and 00:04,2. A tablet shows a table of data for the reaction.

Run	Time 1	Time 2
5	04:00,2	07:45,6
4	02:00,0	03:45,4
3	01:00,1	01:45,3
2	00:30,1	00:45,2
1	00:15,0	00:15,0

**Reaktion  
2. Ordnung**

Eine andere Anordnung der Spritzen verdeutlicht die Änderung der HWZ



Eine noch eine Erweiterung,  
um die Änderung der HWZ zu verdeutlichen.



Auch das ist ein wunderbares Ergebnis  
(fünf Messwerte)



# Das gleiche Ergebnis mit neun Messwerten



*Und hier ist die Hausaufgabe:*

Die *Ergebnisse* sind fertig ...

... es fehlen nur noch die passenden *Experimente!*

## Der Mix macht's

Übrigens – erfolgreiche Experimentatorinnen haben in der Regel schon frühzeitig Erfahrungen mit Medtech-Zubehör gemacht



## Der Mix macht's

Übrigens – erfolgreiche Experimentatorinnen haben in der Regel schon frühzeitig Erfahrungen mit Medtech-Zubehör gemacht



*Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!*

