

A46 - Zuerst Reinigung von Gasen

Durchführung: 5.7.10

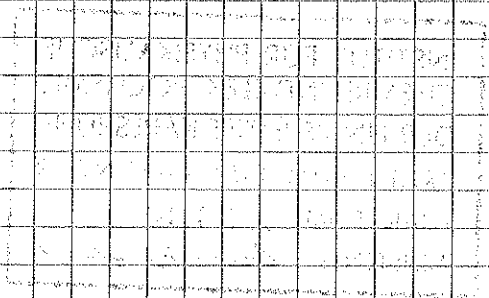
Kontrolle: 12.7.10

Gruppe B-12:

Constantin Koll

Jan Reiner

INSTITUT FÜR PHYSIKALISCHE
CHEMIE UND ELEKTROCHEMIE
DER UNIVERSITÄT KARLSRUHE
PRAKTIKUM FÜR ANFÄNGER
TESTIERT AM: 12.7.10
ASSISTENT: *Sebastian Müller*



Grundlagen:

Die Viskosität ist ein Maß für die Zähflüssigkeit von Flüssigkeiten oder Gasen. Die kinetische Gastheorie gibt für die Viskosität η von verdünnten Gasen an:

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \lambda \bar{c}$$

mit: ρ : Dichte des Gases

λ : mittlere freie Weglänge

\bar{c} : mittlere Molekulargeschwindigkeit

Aus verfeinerte Theorie ergibt sich allerdings ein Vorkoeffizient von 0,493 anstelle von $\frac{1}{3}$:

$$\Rightarrow \eta = 0,493 \rho \lambda \bar{c} \quad (1)$$

Weiter gilt:

$$\rho = \frac{pM}{RT} \quad (2), \quad \bar{c} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \quad (3), \quad \lambda = \left(\sqrt{2} \pi \sigma^2 \left(\frac{N}{V} \right) \right)^{-1} \quad (4)$$

mit: p : Druck des Gases

M : Molenmasse des Gases

R : Ideale Gaskonstante

T : Temperatur in K

$\frac{N}{V}$: Teilchendichte des Gases

σ : Stoßdurchmesser des Gases

$$(2), (3), (4) \text{ in } (1): \eta = 0,493 \rho \sqrt{\frac{8RT}{\pi}} \cdot \frac{1}{N_A \pi \sigma^2} \quad (5) \quad (\text{mit } N_A: \text{Avogadro'sche Zahl})$$

\Rightarrow Kennt man η , so kann man im Anstelligen λ und σ berechnen.

In diesem Versuch wird die Viskosität durch das Durchströmen eines Gases durch eine Kapillare bestimmt. In der Annahme idealer laminarer Strömung gilt dann das Hagen-Poiseuille'sche Gesetz:

$$\eta = \frac{r^4 \pi t \Delta p}{8 V L} \quad (6)$$

mit: r : Radius der Messkapillare, im Versuch $r = 3,55 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

t : Durchlaufzeit des Gases

V : Gasvolumen, welches in der Zeit t durch die Kapillare strömt

L : Länge der Kapillare, im Versuch $L = 0,3 \text{ m}$

Δp : Druckabfall

Im Versuch wird Δp mit einem Differentialmanometer bedient,

welches mit Glycerin gefüllt ist. Es gilt:

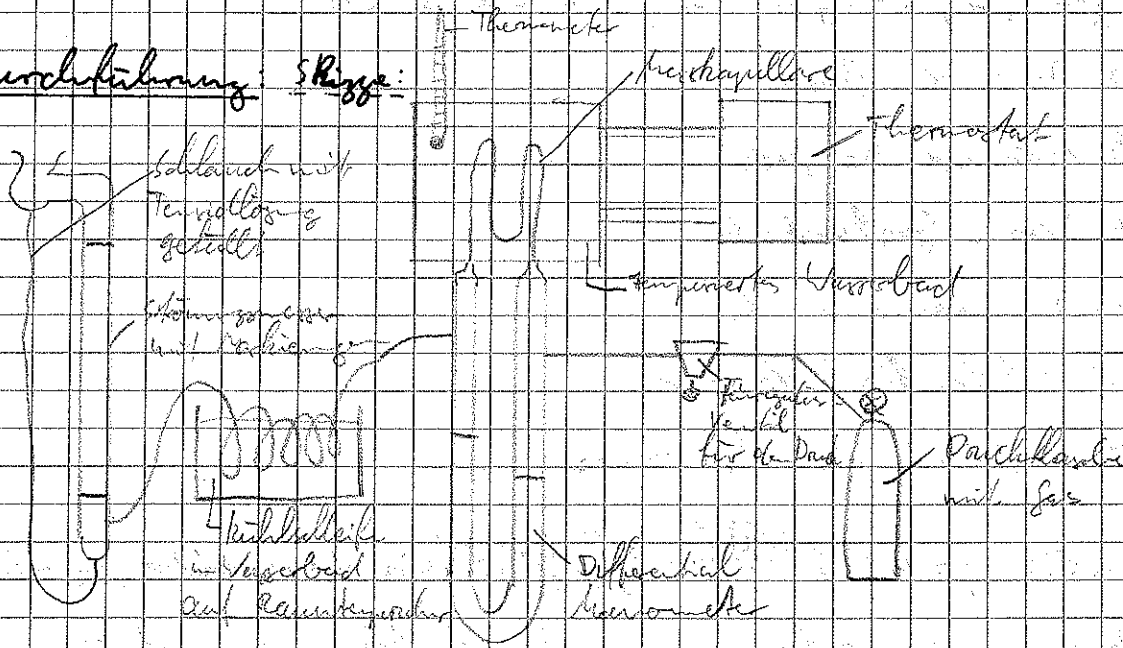
$$\Delta p = \rho_{\text{Glycerin}} \cdot g \cdot \Delta h \quad (7)$$

mit: $\rho_{\text{Glycerin}} = 1260 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ die Dichte von Glycerin

$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ die Erdbeschleunigung

Δh : Abgelesener Höhenunterschied ~~im~~ im Manometer

Durchführung: Skizze:



Es wurde eine Durchflusszelle mit Gas angebläsen (O_2 und H_2 wurde verwendet), das auf einen Druck auf $\sim 0,5 \text{ bar}$ angepresst. Mit dem Feinregulierungsventil wurde eine Hochdifferenz von $0,5 \text{ cm}$ im Manometer eingestellt. Durch Drehen des mit Temptätung gefüllten Schlauchs werden Stromzähler Blase mitgemessen (vom Gas aus), deren Durchlaufzeit zwischen den Markierungen 10 Mal gemessen wird.

Für beide Gase werden die Zeit ~~erhalten~~ für eine Temperatur von ca 20°C und für ca 70°C Temperatur der Resonanzkapillare durchgeführt.

Auswertung:

1. a) Das Volumen V_3 zwischen den Markierungen des Strömungsgerätes ist bekannt: $V_3 = 28,5 \text{ cm}^3$
 Unter der Annahme konstanten Drucks und Stoffmenge folgt für das Volumen V welches in gleicher Zeit durch das Resonanzkapillare fließt (nach dem idealen Gasgesetz):

$$V = \frac{T_1}{T_2} V_3 \quad \text{mit} \quad \begin{array}{l} T_1: \text{Temperatur Resonanzkapillare} \\ T_2: \text{Temperatur Umgebung des Kontrollbleibs} \end{array}$$

mit dem Fehler:

$$\Delta V = \frac{V_3}{T_2} \left(1 + \frac{T_1}{T_2}\right) \Delta T \quad (\Delta T = 0,2 \text{ K angenommen})$$

b) Die Durchlaufzeit t ergibt sich aus dem Mittelwert der einzelnen Messungen mit Standardabweichung als Fehler.

c) $\Delta L = 8,5 \text{ cm}$ für alle Fälle. Als Fehler wurde $\Delta L_h = 0,1 \text{ cm}$ angenommen.

Δt_p folgt dann nach (7) und es gilt $\Delta t_p = \frac{L}{c} \cdot \frac{\Delta L_h}{L} \cdot \Delta L$

d) η folgt jetzt nach (6) mit $\Delta \eta = \frac{\eta}{c} \left(\frac{\Delta t_p}{t} \Delta V + \frac{\Delta L}{L} \Delta L_p + \frac{\Delta F}{F} \Delta F \right)$

Die Werte finden sich in tabellarischer Form in Anhang.

2. Ist $\eta \sim \sqrt{T}$ so erwartet man: $\eta(T_2) = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \cdot \eta(T_1)$

Im Fall CO_2 erhält man: die Aufgabe ist $\frac{\eta(T_1)}{\sqrt{T_1}} \stackrel{!}{=} \frac{\eta(T_2)}{\sqrt{T_2}}$

$\eta(T=13,6^\circ\text{C}) \sqrt{\frac{342,9 \text{ K}}{341,75 \text{ K}}} = 1,14 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$. Das stimmt recht gut

mit $\eta(T=63,75^\circ\text{C})$ überein mit einem relativen Fehler von 3,2%.

Im Fall von H_2 ergibt man:

$\eta(T=13,6^\circ\text{C}) \sqrt{\frac{342,9 \text{ K}}{341,75 \text{ K}}} = 5,72 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, was mit einem relativen

Fehler von 19% nicht so gut passt, aber im betrachteten

der weniger zahlreichere Stoff die Proportionalität $\eta \sim r^2$ recht gut zu.

3. Nach (9) ergibt sich $k = \sigma \cdot \delta = \left(0,339 \cdot \left(\frac{RT}{\pi} \cdot \frac{1}{M} \cdot \frac{1}{\eta} \right)^{1/2} \right)$
 mit $\delta = \frac{1}{25} \text{ cm}$.

Da sich η als Funktion des Radius r ändern kann (besonders bei kleinen Drücken) beschreibt mit k nach (1) durch: $k = \eta \cdot (0,433 p \bar{E})^{-1}$ mit $\delta k = \delta \eta (0,433 p \bar{E})^{-1}$

Es ergeben sich folgende Zahlenwerte für $T = 19,6^\circ\text{C}$ und $p = 1 \text{ bar}$:

Für H_2 : $\sigma = (3,5 \pm 3,75 \cdot 10^{-2}) \text{ \AA}$

$r = (6,31 \pm 0,143) \text{ nm}$

Für CO_2 : $\sigma = (5,49 \pm 4,32 \cdot 10^{-2}) \text{ \AA}$

$r = (3,11 \pm 4,58 \cdot 10^{-2}) \text{ nm}$

4. In der Kirkwaller⁽¹⁾ finden sich für die Van-der-Waals-Koeffizienten b von H_2 und CO_2 : $b_{\text{H}_2} = 2,661 \cdot 10^{-2} \frac{\text{L}}{\text{mol}}$, $b_{\text{CO}_2} = 4,267 \cdot 10^{-2} \frac{\text{L}}{\text{mol}}$

$\sqrt{\frac{b_{\text{H}_2}}{4N_A \cdot \frac{\pi}{6}}} = 2,76 \text{ \AA}$, $\sqrt{\frac{b_{\text{CO}_2}}{4N_A \cdot \frac{\pi}{6}}} = 3,24 \text{ \AA}$ ($V = \frac{4}{6} \pi r^3$, Koeffizienten $\hat{=}$ 4-fachen Eigenvolumen)

\Rightarrow Der aus dem Mol-Koeffizienten berechnete Kugeldurchmesser geht in eine ähnliche Richtung, wie die aus der Viskosität berechneten Stofddurchmesser, es zeigen sich aber doch recht deutliche Abweichungen (32% bei H_2 , 67% bei CO_2).

5. Für Gase gilt nach Kirkwaller Gaslehre:

$\eta = \frac{1}{3} G \bar{c} h$, $D = \frac{1}{3} \Lambda \bar{c}$, $\kappa = \frac{1}{3} \Lambda \bar{c} \epsilon_{\text{vm}} [X]$

Aufgrund der Proportionalität aller drei Größen zu \bar{c} folgt eine Proportionalität zu \sqrt{T} . Transportkoeffizienten steigen also mit der Wurzel der Temperatur.

η und κ sind nicht (bzw. nur schwach bei sehr hohen Drücken, aber sehr, sehr kleinen Drücken) druckabhängig, während Viskosität und Leitfähigkeit ϵ und κ bei der Van-der-Waals-Gleichung [X] und Λ gleiches Maßstab abgelesen. Nur D nimmt mit steigendem Druck ab, da keine Größe der druckabhängig ist von h abgelesen wird.

Bei Flüssigkeiten zeigt sich konkret auch folgende Abh.:
Gewalt hat man beim so vielen Perzentualitäten,
Verhältnissigkeit stellt ein oder alle.
Es ist keine allgemeine Aussage mehr zur
Temperaturabhängigkeit möglich; es hängt
bei Flüssigkeiten D mit der Temperatur, allerdings
gilt $\ln(\eta) \sim \frac{1}{T}$, die Viskosität sinkt also mit
steigender Temperatur.

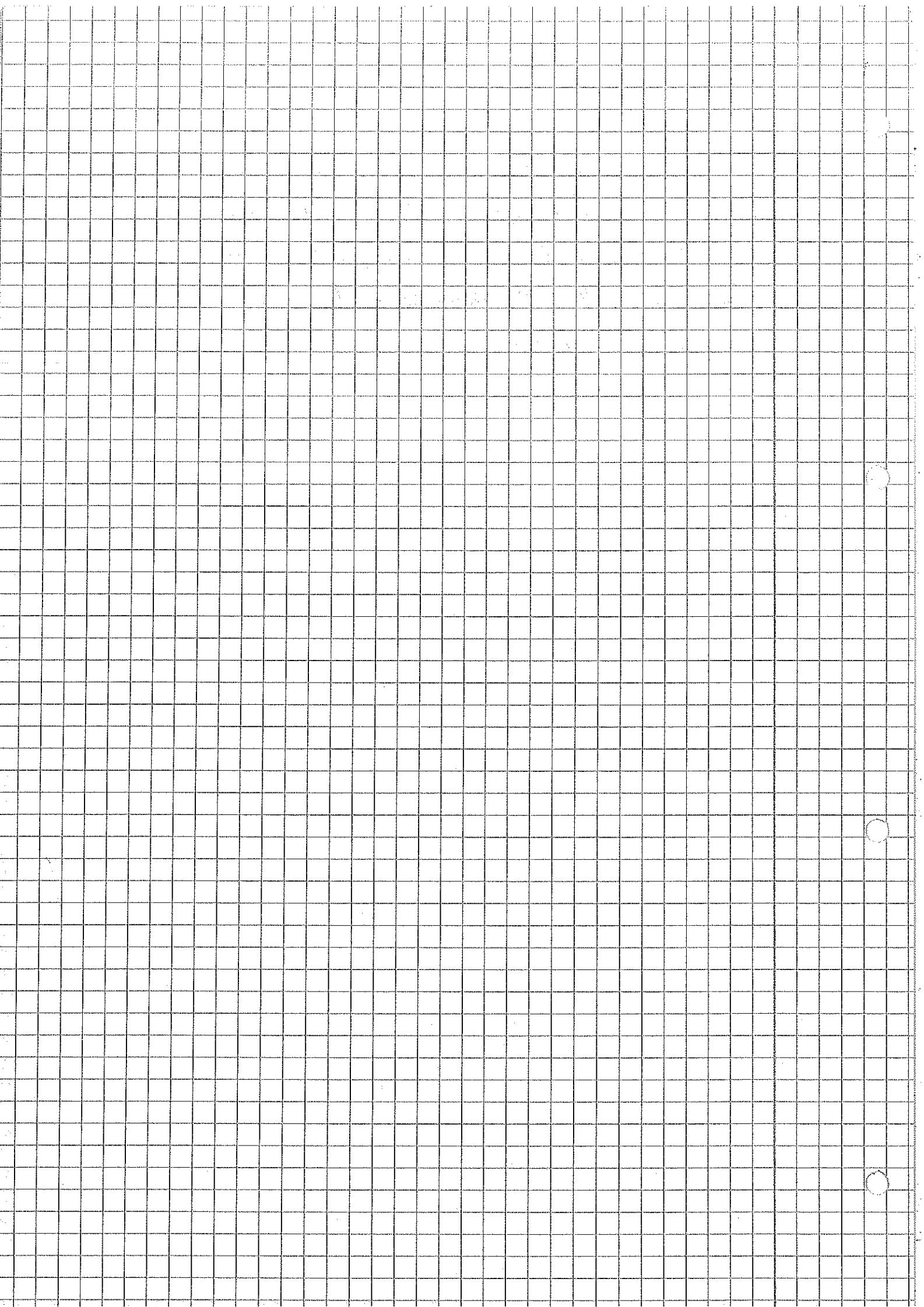


Tabelle 1: CO_2 bei $19,6\text{ }^\circ C$

V [m^3]:	t [s]:	Δp [Pa]:	η [$Pa \cdot s$]:
$(2,814E-05 \pm 3,822E-08)$	$(13,574 \pm 0,03933)$	$(1050,651 \pm 12,361)$	$(1,0535E-05 \pm 1,688E-07)$

Tabelle 2: CO_2 bei $69,75\text{ }^\circ C$

V [m^3]:	t [s]:	Δp [Pa]:	η [$Pa \cdot s$]:
$(3,297E-05 \pm 4,147E-08)$	$(17,755 \pm 0,06294)$	$(1050,651 \pm 12,361)$	$(1,176E-05 \pm 1,949E-07)$

Tabelle 3: H_2 bei $19,6\text{ }^\circ C$

V [m^3]:	t [s]:	Δp [Pa]:	η [$Pa \cdot s$]:
$(2,814E-05 \pm 3,822E-08)$	$(6,448 \pm 0,04855)$	$(1050,651 \pm 12,361)$	$(5,005E-06 \pm 1,034E-07)$

Tabelle 4: H_2 bei $69,75\text{ }^\circ C$

V [m^3]:	t [s]:	Δp [Pa]:	η [$Pa \cdot s$]:
$(3,297E-05 \pm 4,147E-08)$	$(9,007 \pm 0,05559)$	$(1050,651 \pm 12,361)$	$(5,968E-06 \pm 1,146E-07)$

In allen Fallen galt: $T_{\text{Wasserbad}} = (23,3 \pm 0,2)^\circ C$

