

ANFÄNGERPRAKTIKUM DER FAKULTÄT FÜR PHYSIK,
UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

Dampfdruck von Wasser
Protokoll:

Praktikant: Felix Kurtz
Michael Lohmann
E-Mail: felix.kurtz@stud.uni-goettingen.de
m.lohmann@stud.uni-goettingen.de
Betreuer: Martin Ochmann
Versuchsdatum: 23.06.2014

Testat:

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Theorie	3
2.1	Van-der-Waals-Gleichung	3
2.2	Maxwell'sche Gerade	3
2.3	Carnot'scher Kreisprozess	3
2.4	Clausius-Clapeyron-Gleichung	3
2.5	Widerstandsthermometer	3
3	Durchführung	3
3.1	Sicherheitshinweise	4
4	Auswertung	4
4.1	Druckkurven	4
4.2	Siedetemperatur auf der Zugspitze	6
5	Diskussion	7
6	Anhang	7
	Literatur	7

1 Einleitung

Der Dampfdruck von Wasser ist für Lebewesen eine entscheidende Größe, da er für die Abkühlung des Körpers unabdingbar ist. Dieser kann seine Temperatur nur aufgrund der Sublimationskälte konstant halten.

2 Theorie

2.1 Van-der-Waals-Gleichung

Die reale Gasgleichung lautet nach [Mes10, S. 303] mit der Ersetzung von $V_{\text{mol}} = V/n$

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right) (V - nb) = nRT \quad (1)$$

Dabei betragen für Wasser die *Van-der-Waals-Konstanten* $a = 0.5537 \text{Pa m}^6$ (Binnen-
druck) und $b = 3.05 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$ (Sättigungsdruck).

Sie entsteht dadurch, dass bei realen Gasen die Ausdehnung der Atome nicht mehr vernachlässigt wird. Dadurch ist das "reale Volumen" größer, als das ideale und zwar um eine stoffabhängige Konstante multipliziert mit der Stoffmenge: $V_{\text{ideal}} = V_{\text{Real}} - n \cdot b$.

Da in der idealen Gasgleichung die intermolekularen Kräfte bis auf elastische Stöße vernachlässigt sind, muss auch im Druck ein Korrekturfaktor eingeführt werden. Der Druck sinkt durch die zusätzlichen Möglichkeiten, Energie an andere Teilchen zu übertragen, weshalb zu dem "realen Druck" ein Summand hinzugefügt werden muss, um den idealen zu bekommen: $p_{\text{ideal}} = p_{\text{real}} + \frac{n^2 \cdot a^2}{V^2}$. Aus der idealen Gasgleichung $p_{\text{ideal}} V_{\text{ideal}} = nRT$ wird so Gleichung (1).

2.2 Maxwell'sche Gerade

2.3 Carnot'scher Kreisprozess

2.4 Clausius-Clapeyron-Gleichung

2.5 Widerstandsthermometer

3 Durchführung

Nachdem die Sicherheitshinweise (insbesondere die starke Erwärmung steigert das Gefahrenpotential) sorgfältig durchgelesen wurden, schaltet man das Gerät ein. Der Heizstrahler erwärmt dann den mit Wasser gefüllten Kolben, welches dadurch verdampft. Am angeschlossenen Manometer liest man den Druck ab. Zeitgleich notiert man den Wert des Widerstandsthermometers und somit indirekt die Temperatur. Dies geschieht

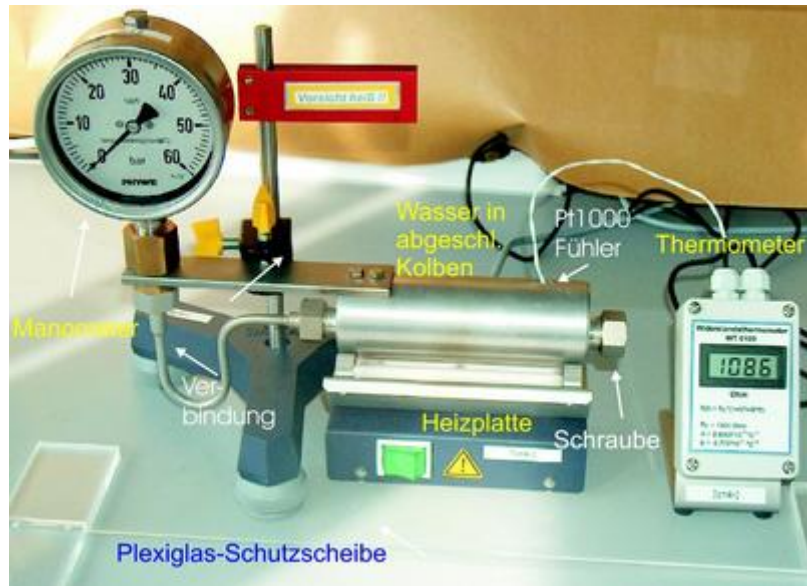


Abbildung 1: Versuchsaufbau Quelle:LP

R_0	$1000 \, \Omega$
A	$3.9083 \cdot 10^{-3} \, ^\circ\text{C}^{-1}$
B	$-5.775 \cdot 10^{-7} \, ^\circ\text{C}^{-2}$

Tabelle 1: Kennwerte des Widerstandsthermometers

in 1 Bar-Schritten. Das Heizen wird beendet, wenn $1900 \, \Omega$ oder 45bar überschritten werden, damit das Gerät keinen Schaden nimmt. Nun wird die Messung während des Abkühlens wiederholt.

3.1 Sicherheitshinweise

4 Auswertung

4.1 Druckkurven

$$R(\vartheta) = R_0 \cdot (1 + A\vartheta + B\vartheta^2) \quad (2)$$

$$\Rightarrow \vartheta = -\frac{A}{2B} - \sqrt{\frac{A^2}{4B^2} - \frac{1}{B} + \frac{R}{R_0 B}} \quad (3)$$

$$\Delta\vartheta = \pm(0.3 \, ^\circ\text{C} + 0.005\vartheta) \quad (4)$$

Nun muss ϑ noch in Kelvin umgerechnet werden. Außerdem wird für p_0 der gemessene Umgebungsdruck von 1017 hPa verwendet.

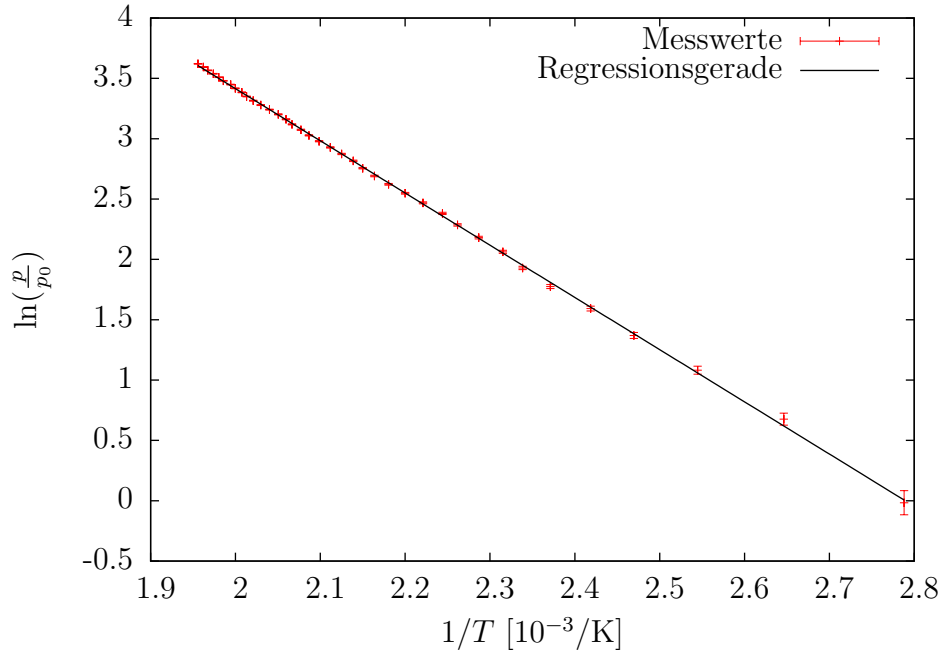


Abbildung 2: Arrheniusplot für das Erwärmen

Größe	Erwärmen	Abkühlen
m	(-4326 ± 13) K	(-4618 ± 21) K
b	12.0672 ± 0.02819	12.5427 ± 0.04496

Gewichtete Mittelwerte

$$m = (-4407 \pm 11) \text{ K} \quad b = 12.201 \pm 0.024$$

$$\Lambda_V = -m \cdot R$$

$$\sigma_{\Lambda_V} = \sigma_m \cdot R$$

$$\Lambda_V = (36640 \pm 100) \text{ J/mol}$$

$$T_0 = -\frac{m}{b}$$

$$\sigma_{T_0} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{b}\right)^2 + \left(\frac{m \cdot \sigma_b}{b^2}\right)^2}$$

$$T_0 = (361.2 \pm 1.3) \text{ K} = (88.0 \pm 1.3) ^\circ \text{C}$$

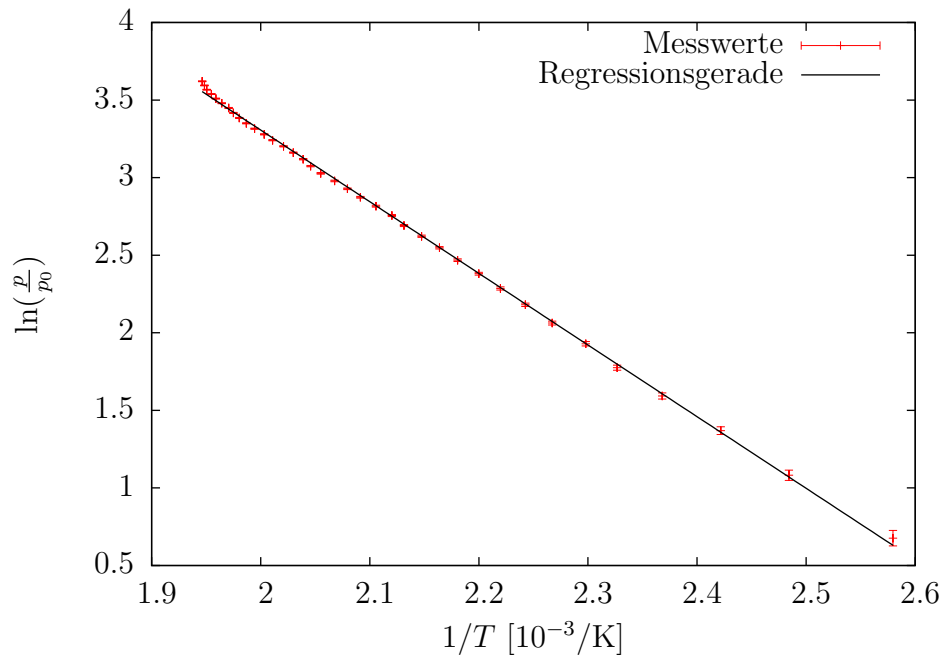


Abbildung 3: Arrheniusplot für das Abkühlen

Dampfdruck von Wasser bei $T = 0^\circ\text{C} = 273.15\text{K}$

$$p = p_0 \exp\left(m \frac{1}{T} + b\right)$$

$$\sigma_p = p \sqrt{\frac{\sigma_m^2}{T^2} + \sigma_b^2}$$

$$p = (1990 \pm 100)\text{Pa}$$

4.2 Siedetemperatur auf der Zugspitze

barometrische Höhenformel

$$p(h) = p_0 \exp\left(\frac{-\rho g h}{p_0}\right) \quad (5)$$

$$\frac{\Lambda_V}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)$$

Höhe der Zugspitze $h = 2962 \text{ m}$

$$T = \left(\frac{1}{T_0} + \frac{\rho g h R}{p_0 \Lambda_V} \right)^{-1}$$

$$T = 362.9 \text{ K} = 89.8^\circ\text{C}$$

Größe	Wert
T_0	373.15 K
ρ	1.29 kg/m ³
g	9.81 m/s ²
R	8.31 J/(mol K)
p_0	1013.25 hPa
Λ_V	40642 J/mol

Tabelle 2: Literaturwerte

5 Diskussion

6 Anhang

Literatur

- [Mes10] Meschede, Dieter: *Gerthsen Physik*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 24. Auflage, 2010, ISBN 978-3-642-12893-6.