

Name.

PartnerIn in Crime:

Datum:

Versuch: Wasserdampf 1203B

Einleitung:

Fest, flüssig, gasförmig; dies sind die drei Aggregatzustände, in denen Stoffe existieren können. Dabei kann die flüssige Phase als Gas oder Dampf in Erscheinung treten. Bleibt die Temperatur eines geschlossenen Systems konstant, tritt ein Gleichgewicht zwischen der gasförmigen und der flüssigen Phase ein.

Beim Wasser verhält es sich folgendermaßen: Erhitzt man Wasser und Wasserdampf in einem geschlossenen System, steigt der Druck mit zunehmender Temperatur stetig an, bis ein Punkt erreicht ist, in dem flüssiges Wasser und Wasserdampf nicht mehr voneinander zu unterscheiden sind.

Betrachtet man ein thermodynamisches Gleichgewicht, stellt man fest, dass der Druck nur von der Temperatur abhängt. Hierbei spricht man von einem Dampfdruck: Bei erhöhter Temperatur steigen sowohl Dampfdruck also auch Dampfichte an, während gleichzeitig die Dichte der Flüssigkeit stetig abnimmt.

In dem folgenden Versuch soll die Temperaturabhängigkeit des (Wasser-)Dampfes veranschaulicht werden.

Materialien:

Dampfdruckapparat, Maßstab mit Visiereinrichtung, Becherglas, Rührer, Heizplatte

Versuchsaufbau:

Versuchsdurchführung:

1. Untere Ende des Dampfdruckapparats wird in das Wasserbad eingetaucht
2. Rührwerk wird in Gang gesetzt
3. Quecksilberbestand H_{eng} wird bei steigender Temperatur alle 5 K gemessen
4. Quecksilberbestand H_{weit} + Wassersäule H_{Wasser} werden zu Beginn und am Ende gemessen

Versuchsbeobachtung & -auswertung:

Tabelle 1

T [°C]	H_{eng} [cm]	H_{weit} [cm]	H_{Wasser} [cm]	$\Delta h(H_{eng} - H_{weit})$ [cm]
18,8	3	2	4,6	1
23,8	3,3	2,186		1,114
28,8	3,7	2,181		1,519
33,8	4,4	2,173		2,227
38,8	5,6	2,158		3,442
43,8	6,7	2,152		4,548
48,8	8,8	2,12		6,68
53,8	11,2	2,091		9,109
58,8	13,6	2,062		11,538
63,8	16,8	2,024		14,776
68,8	20,5	1,98		18,52
73,8	26,2	1,911		24,289
78,8	32,6	1,834		30,766
83,8	39,2	1,708		37,492
88,8	43,1	1,542		41,558
93,8	57	1,1	3,7	55,9

1. Auswertung:

Da sich H_{weit} linear zu T verhält, kann eine Geradengleichung erstellt und durch Einsetzen der bereits bekannten Werte die H_{weit} -Werte berechnet werden.

$$P_1 (18,8/2) \\ P_2 (93,8/1,1)$$

$$f(x) = mx + b$$

$$m = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} = \frac{1,1 - 2}{93,8 - 18,8} = -0,012$$

$$f(2) = -0,012 \cdot 18,8 + b$$

$$b = 2,2256$$

$$f(x) = -0,012x + 2,2256$$

Berechnung von H_{weit} ϑ

z.B.:

$H_e = 3,3$ einsetzen in $f(x)$

$$f(x) = -0,012 \cdot 3,3 + 2,2256 = 2,186$$

- nach demselben Verfahren werden die restlichen H_{weit} -Werte berechnet und in Tabelle 1 eingetragen

Berechnung des Dampfdruckes ρ_s

$$\Delta h = H_{\text{eng}} - H_{\text{weit}} = 3 - 2 = 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$$

$$\Delta h_0 = H_{\text{Wasser}} - H_{\text{weit}} = 4,6 - 2 = 2,6 \text{ cm} = 0,026 \text{ m}$$

$$\rho_s = \rho_{Hg} \cdot g \cdot \Delta h \cdot (\rho_{H_2O} \cdot g \cdot h_0)$$

z.B.:

$$\rho_s = 13590 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,01 \text{ m} \cdot \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,026 \text{ m} \right) = 1078,119 \text{ Pa}$$

- Anhand dieses Beispiels werden die restlichen ρ_s -Werte berechnet und in Tabelle 2 eingetragen
- Die Antwort auf die Frage, warum der Druck des Restgases ρ_{H_2O} konstant bleibt, ist, dass während des Experimentes kein H_2O aus dem Dampfdruckapparat entweichen konnte.

Tabelle 2

$\frac{1}{T} \cdot 10^{-3} [K]$	ρ_s [Pa]	$\ln \frac{\rho_s}{\rho_0} (\rho_0 1078,119) [\text{Pa}] *$
3,91	1078,119	0
3,83	1230,101	0,13
3,76	1770,039	0,5
3,69	2713,93	0,92
3,62	4333,742	1,39
3,56	5808,238	1,68
3,5	8650,576	2,08
3,44	11888,868	2,4
3,39	15127,159	2,64
3,32	19443,993	2,89
3,27	24435,415	3,12
3,22	32126,525	3,39
3,17	40761,525	3,63
3,12	49728,487	3,83
3,07	55149,193	3,93
3,02	74269,646	4,23

$\frac{1}{T} \cdot 10^{-3}$ und $\ln \frac{\rho_s}{\rho_0}$ werden im Graph 1 eingezeichnet, um daraus die Steigung zu ermitteln.

Steigung m:

$$P_1(3,05 \cdot 10^{-3} K^{-1}/4,1)$$

$$P_2(3,83 \cdot 10^{-3} K^{-1}/0,25)$$

$$m = \frac{0,25 - 4,1}{(3,83 \cdot 10^{-3} - 3,05 \cdot 10^{-3}) K^{-1}} = -5000 K$$

- Die Wahl für ρ_s spielt keine Rolle. Es handelt sich lediglich um einen Referenzwert. Bei einer Änderung von ρ_s bleibt die Steigung des Graphen unverändert (nur Änderung an der y-Achsenabschnitt).

2. Auswertung:

Die molare Verdampfungswärme $\Lambda_{\text{V,molar}}$ von Wasser soll mit Hilfe der Clausius-Clapeyron-Gleichung bestimmt werden.

$$\Lambda = m \cdot R = 5000 K \cdot 8,314 \frac{J}{\text{mol} \cdot K} = 41570 K \cdot \frac{J}{\text{mol} \cdot K} = 41,57 \frac{kJ}{\text{mol}}$$

$$R = \text{Gaskonstante} = 8,314 \frac{J}{\text{mol} \cdot K}$$

Abweichung:

Literaturwert: $\Lambda_{\text{V,molar}} \text{ von H}_2\text{O} = 40,6$

Experiment: $\Lambda_{\text{V,molar}} \text{ von H}_2\text{O} = 40,6$

prozentuale Abweichung: 2,39%

Fehlerdiskussion:

Mögliche Fehlerquellen können unter anderem beim Ablesen der Messapparatur auftreten. Weiterhin wurde der Druck des Restgases in der Messapparatur nicht berücksichtigt. Eine mögliche Lösung bestünde darin, die ps-Werte mit Hilfe eines Literaturwertes zu kalibrieren, da der Druck des Restgases während des Experiments konstant sein müsste.

Graph 1 (Korrekturversion)

$\ln(p_3)$

5

4

3

2

1

3,68 3,7 3,75 3,8 3,85 3,9 3,95 4,0

$\frac{7}{10}$

