

Versuchs-Protokoll

DAMPFDRUCK VON WASSER

ANTWORTEN ZU DEN FRAGEN

Welche Temperatur hat der Dampf über der Flüssigkeit?

Er hat dieselbe Temperatur wie die Flüssigkeit. Denn sei z.B. die Flüssigkeit kühler als der Dampf und es herrsche derselbe Druck in beiden. Dann würden sich die Temperaturen beginnen zu mischen. Die Wassermoleküle würden schneller und die des Dampfes langsamer, dadurch würden sich deren Drücke ändern. Nun aber würde der Druckausgleich angestrebt werden, so dass Moleküle der Flüssigkeit (mit nun größerem Druck!) zu Dampf werden würden, bis das Gleichgewicht erreicht würde. Durch das Mischen aber haben beide selbe Temperatur.

Warum ist der Druck eines idealen Gases abhängig vom Volumen, der eines Dampfes jedoch nicht?

Der zweite Teil der Frage wurde bereits in der Einleitung der Versuchsbeschreibung erklärt und braucht jetzt nicht wiederholt werden. Deshalb wenden wir uns nur dem ersten Teil der Frage zu. Dabei hilft uns die Modellvorstellung von einem idealen Gas. Ideale Gase bestehen aus *vollkommen* elastischen Kugeln, die *keinerlei* Wechselwirkungen mit anderen Teilchen zeigen. Dieser letzte Punkt erklärt dann auch das andere Verhalten eines idealen Gases. Seine Kugeln bzw. Teilchen können nicht mit anderen Teilchen Wechsel wirken und sich deshalb auch nicht *binden*, um zu Flüssigkeit zu werden. Vielmehr stoßen sie bei Änderung des Volumens mehr oder weniger aufeinander, was den Druck erhöht.

Was ändert sich, wenn in dem geschlossenen Gefäß über dem Wasser auch noch Luft vorhanden ist?

Luft wäre nur ein weiterer Parameter, der den Druck beeinflussen würde. Das Gleichgewicht zwischen Dampf und Flüssigkeit würde nun in anderen Proportionen entstehen (etwa mehr Wasser vorhanden bei demselben Druck wie ohne Luft).

MESSERGEBNISSE

Der Versuch ging davon aus, dass wir Messwerte zwischen 0 und 90 °C aufnehmen. Leider hat sich an unserem Arbeitsplatz während der Versuchsdurchführung bei etwa 80 °C der Quecksilberbalken gespalten. Damit war die weitere Versuchsdurchführung unmöglich. Da wir aber ohnehin gleich mehr als 10 Werte aufnehmen wollten, um die Auswertung hinterher genauer machen zu können, haben wir zwar nun 14 Werte, aber leider nur bis etwa 75 °C. Dabei tanzt auch noch dieser deutlich aus der Reihe. Den letzten Wert von 90 °C haben wir von unseren Nachbarn abgeschrieben, bei denen das Problem mit der Quecksilbersäule nicht aufgetreten ist. Die Extrapolation haben wir daher gleich dreimal durchgeführt, nämlich für die 13 guten Werte, dann inklusive dem 14., der aus der Reihe tanzt und schließlich zusätzlich mit dem abgeschriebenem, der – nebenbei erwähnt – erst recht nicht zu den restlichen passt.

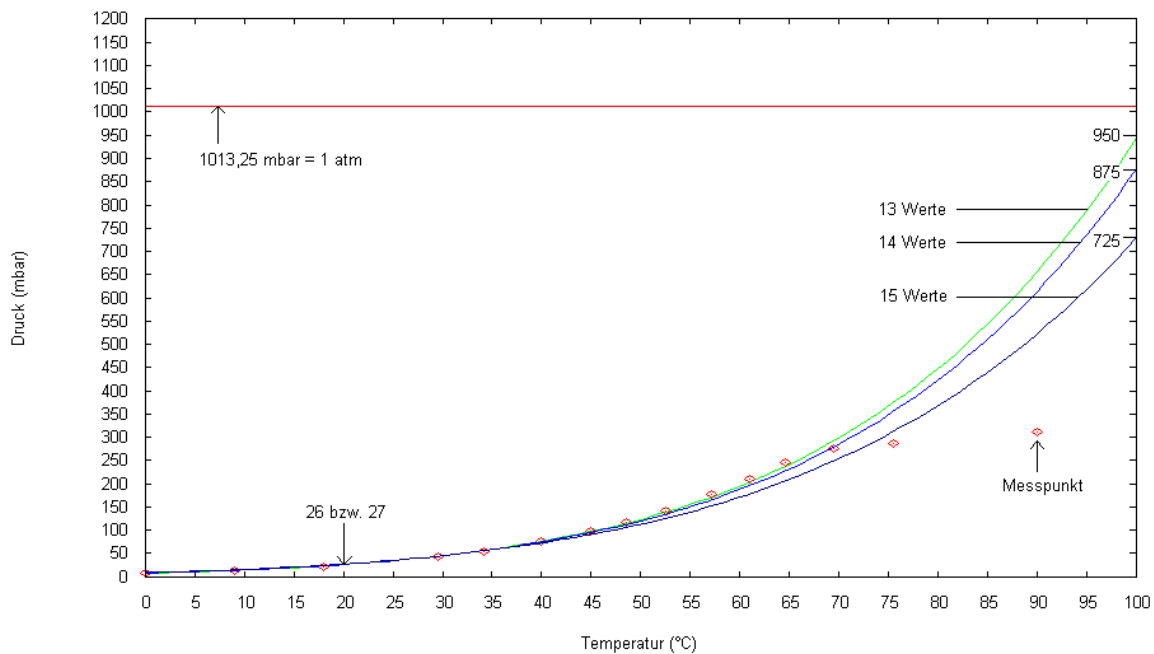
Die folgende Tabelle enthält die oben erwähnten Messdaten:

ϑ	0	9	18	29,5	34,2	40	45	48,5	52,5	57,1	61	64,5	69,4	75,5	90
p	8	14	22	42	55	75	97	117	142	177	211	246	275	288	312

Temperaturen ϑ in °C, Drücke p in mbar

AUSWERTUNG

1. Dampfdruckkurve $p = p(\vartheta)$:



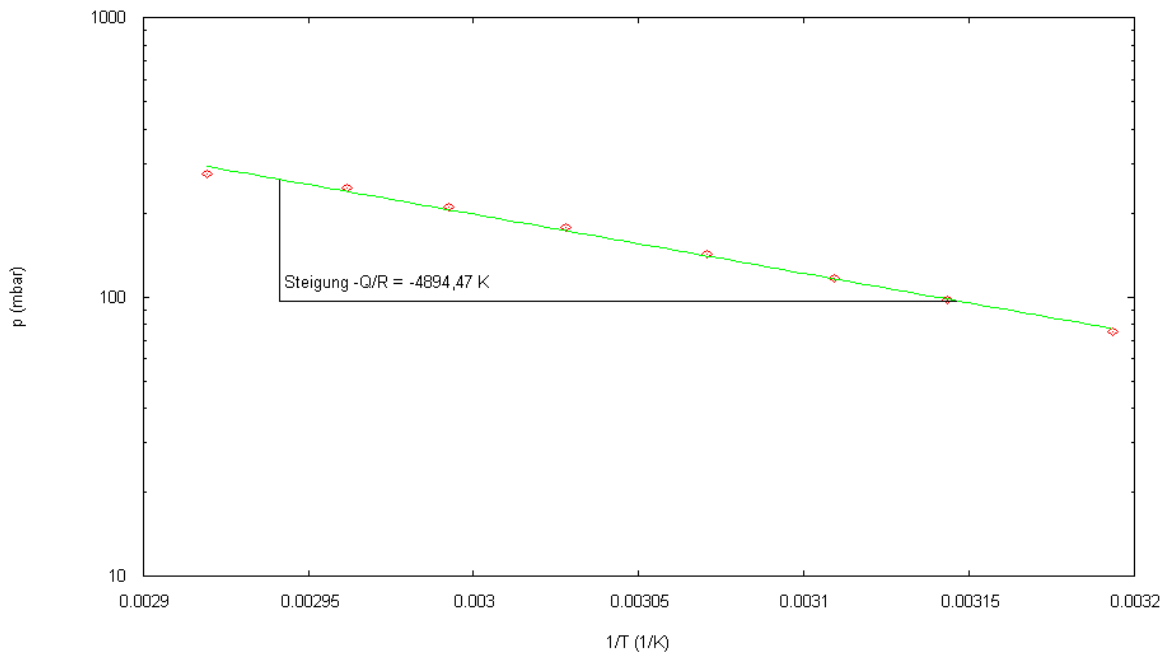
Anmerkungen: Diese Graphik wurde mit Hilfe von *gnuplot* erstellt. Die entsprechenden Messdaten wurden nach der Gleichung in 2. mit dem Befehl *fit* extrapoliert und gezeichnet. Außerdem enthält die Graphik auch unsere 15 Messpunkte. Besondere Werte wurden gesondert in die Zeichnung geschrieben. Somit erhalten wir als Antwort auf die Fragen:

Temperatur	Druck bei		
	13 Werten	14 Werten	15 Werten
20 °C	27 mbar	27 mbar	26 mbar
100 °C	950 mbar	875 mbar	725 mbar

Am besten ist – wie man sieht – das Ergebnis für 13 Werte, da wir – wie erwartet – bei einer Temperatur von 100 °C einen Druck von etwa 1 atm (= 1013,25 mbar) erhalten. Deshalb haben wir in Punkt 2. nur noch mit den 13 Werten (abzüglich der unter 40 °C) gerechnet.

Außerdem denken wir nicht, dass die Luftfeuchtigkeit einen Einfluss auf unsere Ergebnisse haben kann, da die Apparatur ja evakuiert wurde und die restlichen feinen Wasserteilchen keine große Rolle spielen können. Denn das Feststellen des Gleichstands beider Säulen ist ohnehin eine grobe Sache, da spielen ein paar Tropfen Wasser mehr oder weniger keine Rolle!

2. Molare Verdampfungswärme Q_{mol} :



Wir erhalten aus der Graphik (mit $R = 8,31451 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$):

$$Q_{\text{mol}} / R = 4894,47 \text{ K} \Leftrightarrow Q_{\text{mol}} = 8,31451 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 4894,47 \text{ K} = \mathbf{40,695 \text{ kJ mol}^{-1}}$$

Dieser Wert stimmt sehr genau mit dem Literaturwert ($40,67 \text{ kJ mol}^{-1}$) überein! Ein kleiner Test mit 14 bzw. 15 Werten ergab, dass nur der Wert bei 13 berücksichtigten Werten zu so einem guten Ergebnis führt!

Die molare Verdampfungswärme Q_{mol} gibt an, wie viel Energie benötigt wird, um 1 mol Wasser (bzw. einer anderen Flüssigkeit) zu verdampfen.

Ein Liter Wasser hat eine Masse von 1 kg. Die molare Masse von Wasser beträgt 18 g mol^{-1} (zwei Wasserstoffatome à 1 g mol^{-1} und ein Sauerstoffatom à 16 g mol^{-1}). Somit „stecken“ in einem Liter Wasser $1000 / 18 \text{ mol} = 55,6 \text{ mol}$ Moleküle. Somit benötigt man für den Liter eine Energie von $55,6 \cdot 40,67 \text{ kJ} = 2259,4 \text{ kJ}$, um ihn zu verdampfen!

LUFFTFEUCHTIGKEIT

TAUPUNKT-HYGROMETER

Die folgende Tabelle enthält die Temperaturen T_1 , bei denen bei uns die Taubildung auf dem Spiegel einsetzte, die Temperaturen T_2 , bei denen bei uns der Spiegel wieder klar wurde, sowie das arithmetische Mittel von beiden, die Taupunkttemperatur τ :

	Achim				Grzegorz			
T_1	5	7,6	7,8	8	7,4	7,5	7,8	8,3
T_2	18	17	17,8	17,6	19	18	17,4	18,1
τ	11,5	12,3	12,8	12,8	13,2	12,75	12,6	13,2

Alle Temperaturangaben in °C!

⇒ Mittelwert des Taupunktes: $\tau = 12,6 \text{ °C}$

Der Tabelle entnehmen wir für 12 °C eine Wasserdampfdichte von $\rho_{\text{Sätt}} = 10,7 \text{ g m}^{-3}$ bzw. für 13 °C eine von $\rho_{\text{Sätt}} = 11,4 \text{ g m}^{-3}$. Da die Abhängigkeit der Dichte von der Temperatur gerade für solche um 12 °C relativ linear zu sein scheint, können wir – da wir $12,6 \text{ °C}$ erhalten haben – unsere Dampfdichte zu $\rho_{\text{Sätt}} = 11,1 \text{ g m}^{-3}$ angeben. Diesen Wert berechnet man wie folgt:

$$\rho_{\text{Sätt}}(12,6 \text{ °C}) = \rho_{\text{Sätt}}(12 \text{ °C}) + [\rho_{\text{Sätt}}(13 \text{ °C}) - \rho_{\text{Sätt}}(12 \text{ °C})] \cdot 0,6 = 11,1 \text{ g m}^{-3}$$

Die Raumtemperatur betrug an diesem Tag etwa **23,3 °C**; dafür ergibt sich aus der Tabelle eine Dampfdichte von etwa $\rho_{\text{Sätt}} = 21 \text{ g m}^{-3}$ über einen ähnlichen Rechenweg wie oben. Damit ergibt sich für die *relative Luftfeuchtigkeit* an dem Tag:

$$f_{\text{rel}} = \frac{11,1 \text{ g m}^{-3}}{21,0 \text{ g m}^{-3}} = 53 \%$$

Damit sind in einem Kubikmeter Luft **11,1 g** Wasserdampf enthalten. Der zugehörige Dampfdruck beträgt in etwa **14,5 mbar** (dazu siehe Tabelle!).

ELEKTRONISCHER FEUCHTMESSER

Das elektronische Feuchtmessgerät zeigte im Labor eine Luftfeuchtigkeit von 54,1 %, was – wie man sieht – doch ziemlich genau in der Größenordnung unseres gemessenen Wertes liegt. Das bestätigt, dass wir gar nicht mal so ungenau gemessen haben. Schließlich war das Bestimmen der beiden Temperaturen T_1 und T_2 reine Gefühlssache.

Draußen haben wir eine Luftfeuchtigkeit von 63,1 % bei einer Temperatur von $17,1 \text{ °C}$ gemessen.