

203

# TITEL

AUTOR A

authorA@udo.edu

AUTOR B

authorB@udo.edu

Durchführung: 28.11.23

Abgabe: 5.12.23

TU Dortmund – Fakultät Physik

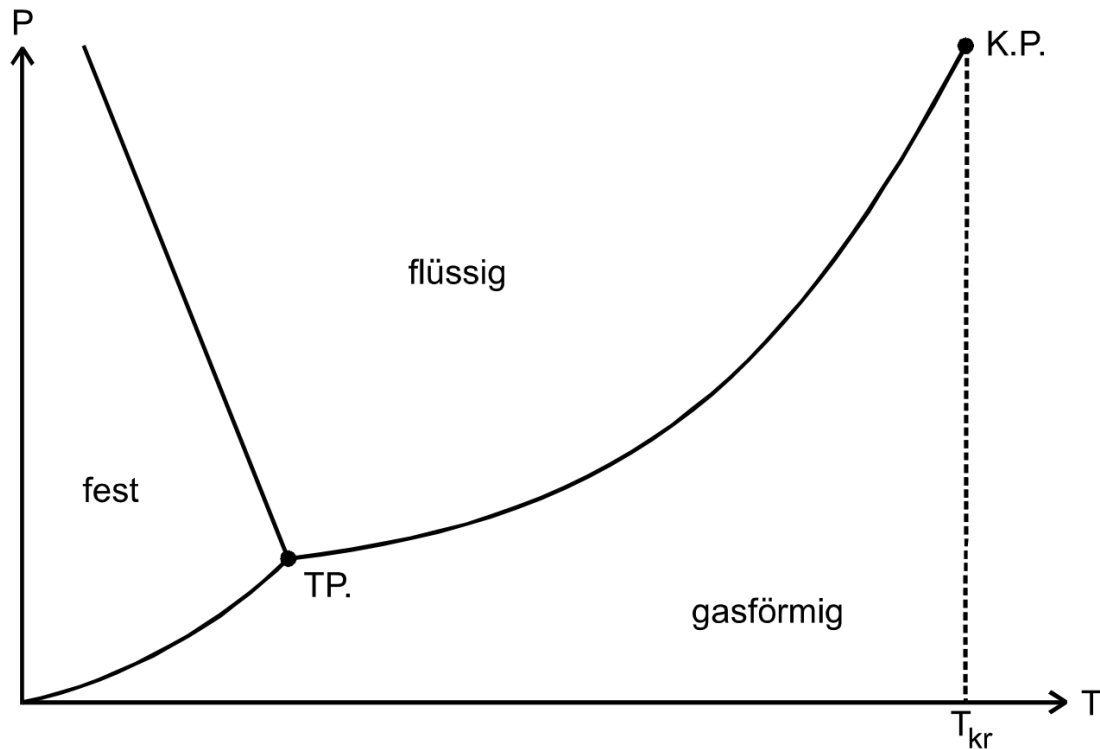
# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Durchführung</b>	<b>5</b>
2.1	Aufbau bei einem Druck bis maximal 1 bar . . . . .	5
2.2	Durchführung bei einem Druck bis maximal 1 bar . . . . .	6
2.2.1	Aufbau bei einem Druck größer als 1 bar . . . . .	6
2.3	Durchführung bei einem Druck größer als 1 bar . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>7</b>

## 1 Theorie

Der Zustand oder die Phase eines Stoffes wird durch seine Temperatur und den auf diesen wirkenden Druck charakterisiert werden. Damit hat der Stoff zunächst zwei Freiheitsgrade, mit denen dieser sich im Phasendiagramm 1 bewegen kann.

Abbildung 1: Qualitative Darstellung eines Phasendiagramms



Das Diagramm ist desweiteren in drei Bereiche aufgeteilt, die jeweils den festen, den flüssigen und den gasförmigen Zustand widerspiegeln. Der hier relevante Übergang, den zwischen dem flüssigen und gasförmigen Zustand wird als Dampfdruckkurve bezeichnet. Sie verläuft zwischen den Punkten TP und KP, wobei KP der sogenannte kritische Punkt ist. Wenn nun ausschließlich die Dampfdruckkurve betrachtet wird, dann reduziert sich der Freiheitsgrad des Systems auf einen, da nun die Temperatur und der Druck einen direkten Zusammenhang über die Verdampfungswärme  $L$  haben. Diese ist für jeden Stoff charakteristisch, aber auch von der Temperatur abhängig und somit keine Konstante. Es gibt allerdings einen Bereich, in dem  $L$  annähernd konstant ist.

Wenn eine Flüssigkeit in einen abgeschlossenen Behälter gebracht wird, dann verdampft ein Teil der Flüssigkeit, da einige Teilchen nach der Maxwellverteilung für Geschwindigkeiten schnell genug sind, um sich von den Zwischenmolekularen Bindungen zu lösen. Entsprechend kondensieren Teilchen wieder durch Zwischenmolekulare Interaktionen.

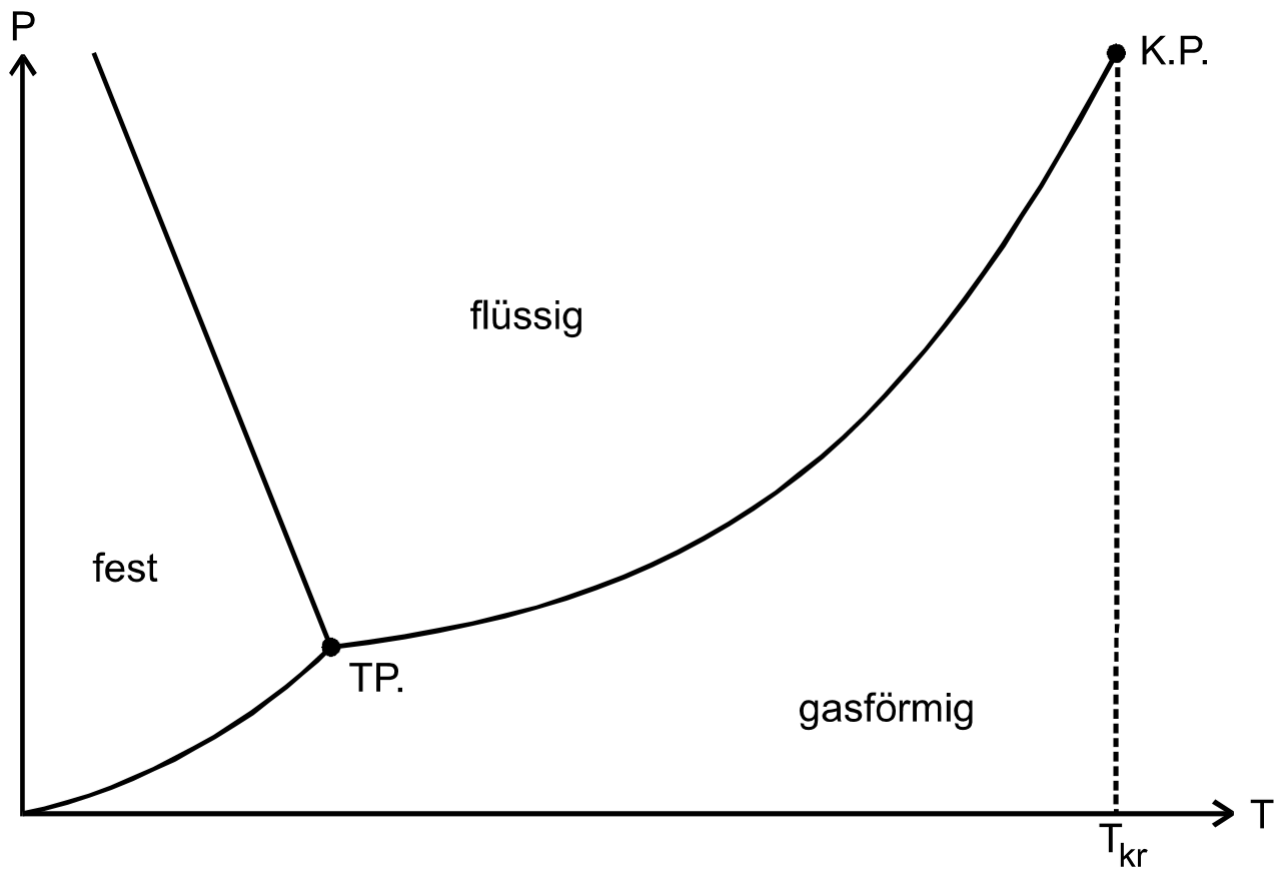
Wenn das System lang genug laufen gelassen wird stellt sich ein Gleichgewicht ein, der Sättigungsdampf. Der von diesem Dampf verursachte Druck heißt Sättigungsdruck. Dabei wird dieser nicht über die allgemeine Gasgleichung

$$pV = RT \quad (1)$$

beschrieben, wobei  $R$  die allgemeine Gaskonstante ist.

Qualitativ kann so ein Prozess aus kondensieren und verdampfen als Kreisprozess dargestellt werden, wie in Abbildung 2 aufgezeichnet ist.

**Abbildung 2:** Kreisprozess zwischen Kondensation und Verdampfung



Hier liegt in Punkt A nur eine Flüssigkeit vor, die durch Zufuhr von Verdampfungswärme  $L$  auf B um  $dT$  erhitzt wird und dabei auf  $V_F$  expandiert. In diesem Zustand verdampft die Flüssigkeit nun und befindet sich dann in Punkt C des Diagramms und ist dabei auf ein Volumen  $V_D$  expandiert. Wenn das Gas von C auf D abgekühlt wird, kondensiert es in seinen Ursprungszustand zurück und gibt die Wärmemenge  $L$  wieder ab. Aus

diesem Prozess lässt sich dann mithilfe des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik auf Kreisprozesse angewendet

$$\sum_i \frac{Q_i}{T_i} = 0$$

die Clausius-Clapeyronische Differentialgleichung

$$(V_D - V_F)dp = \frac{L}{T}dT \quad (2)$$

herleiten.

Da sowohl die beiden Volumina  $V_i$  und die Verdampfungswärme  $L$  Funktionen von der Zeit sein können, werden zum Lösen der Gleichung die Annahmen getroffen, dass

- $V_F$  gegenüber  $V_D$  vernachlässigbar ist.
- $V_D$  sich mithilfe der idealen Gasgleichung 1 bestimmen lässt.
- $L$  ist konstant gegenüber Veränderungen im Druck und der Temperatur.

Beim Lösen der Gleichung mithilfe von Trennung der Variablen lässt sich dann feststellen, dass sich

$$\ln(p) = -\frac{L}{RT} + C$$

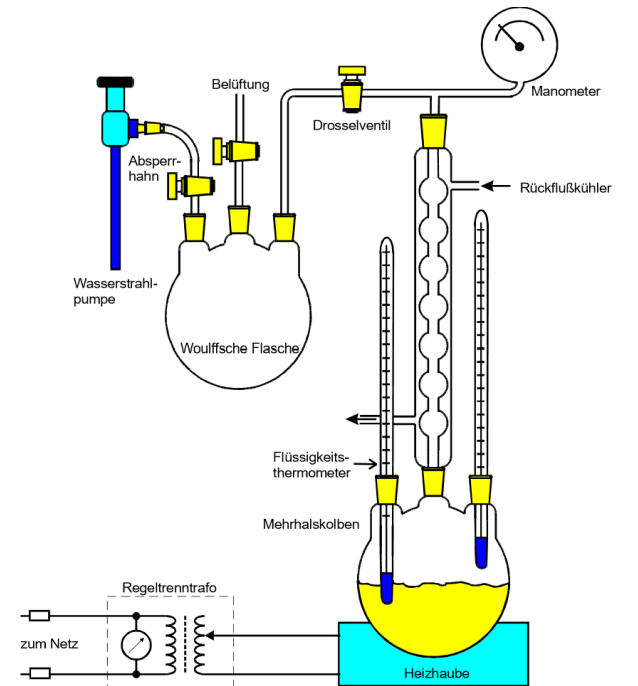
ergibt, oder auch

$$p = p_0 \exp\left(-\frac{L}{RT}\right) \quad (3)$$

## 2 Durchführung

### 2.1 Aufbau bei einem Druck bis maximal 1 bar

Um die Dampfdruckkurve bei  $p \leq 1$  bar zu messen, wird es befindet sich Wasser in einem Mehrhalskolben, in welchem sich ein Thermometer befindet. Der Kolben steht auf einer Heizhaube, damit die Temperatur des Wassers regulierbar ist. An dem Mehrhalskolben ist außerdem ein Rückflusskühler angeschlossen, der die aufsteigenden Dämpfe daran hindern soll, in das dahinter angeschlossene Manometer zu gelangen. Mit diesem kann der Druck des Dampfes gemessen werden. Außerdem ist, wie in Abbildung ?? dargestellt, über eine Woulsche Flasche eine Wasserstrahlpumpe verbunden. Mit dieser lässt sich der Aufbau evakuieren. Abgetrennt ist dieser durch einen Absperrhahn zur Woulschen Flasche, welche wiederum über ein Drosselventil vom Rest des Aufbaus abgetrennt ist. Der Zweck der Woulschen Flasche ist, den hinter dem Drosselventil liegenden Teil des Aufbaus vor möglichem Eindringen von kaltem Wasser zu schützen. Zudem ist ein Belüftungsventil an der Appareatur angeschlossen.



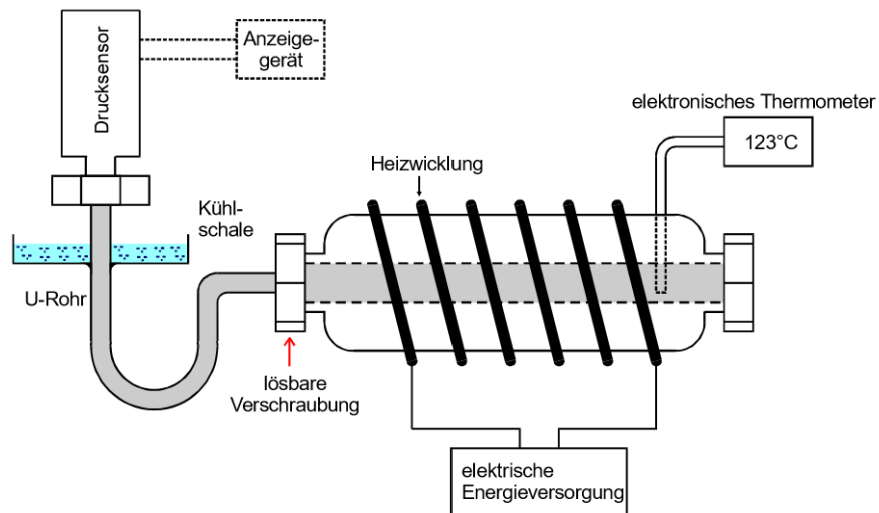
**Abbildung 3:** Abgebildet ist ein Modell des Aufbaus zur Messung der Verdampfungswärme bei einem Druck bis maximal 1 bar.

## 2.2 Durchführung bei einem Druck bis maximal 1 bar

Zu Beginn wird der Atmosphärendruck mit dem Manometer gemessen. Der Aufbau wird danach mithilfe der Wasserstrahlpumpe evakuiert. Dabei ist der Absperrhahn und das Drosselventil geöffnet. Das Lüftungsventil bleibt geschlossen, während das Experiment durchgeführt wird. Dabei wird gewartet, bis der kleinstmögliche Druck erreicht wird. Danach wird der Absperrhahn und das Drosselventil geschlossen. Zur selben Zeit werden dann die Wasserzufuhr des Rückflusskühlers und die Heizhaube eingeschaltet. Nun werden Wertepaare für den Dampfdruck und die Temperatur abgelesen, bis der Druck 1 bar erreicht.

### 2.2.1 Aufbau bei einem Druck größer als 1 bar

Dargestellt ist der Aufbau in Abbildung ?? In einem Stahlbolzen befindet sich Wasser. An dem Bolzen sind Heizwicklungen angebracht, um diesen zu erhitzen. Um die Siedetemperatur zu messen befindet sich ein Thermometer im Wasser. Über ein U-Rohr ist dann ein Drucksensor verbunden, um auch hier den Druck des Systems zu messen.



**Abbildung 4:** Dies ist der schematische Aufbau zur Messung der Verdampfungswärme bei einem Druck größer als 1 bar.

### 2.3 Durchführung bei einem Druck größer als 1 bar

Mit den Heizwicklungen wird der Stahlbolzen langsam aufgeheizt. Dabei werden auch hier Wertepaare für Druck und Temperatur abgelesen.

## 3 Auswertung

## 4 Diskussion