

# UNIVERSITÄT TÜBINGEN

## PHYSIKALISCHES PRAKTIKUM II

TP

---

# Taupunkt

---

*Von:*  
Fabian Kraus  
Simon Fischer

*Betreuung:*  
S. Struzek

10. Dezember 2021

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Motivation</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Versuchsbeschreibung</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b>	<b>1</b>
3.1	Absolute, maximale und relative Feuchte . . . . .	1
3.2	Taupunkt . . . . .	2
<b>4</b>	<b>Ergebnisse &amp; Auswertung</b>	<b>2</b>

# 1 Motivation

Bei dem heutigen Versuch wurde der Taupunkt bestimmt, der eine wichtige physikalische Größe in der Meteorologie zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit. Temperatur und Wassergehalt in der Luft sind maßgeblich für die Bildung von Wolken verantwortlich, die eine entscheidende Rolle für das globale Klima einnehmen.

## 2 Versuchsbeschreibung

Der Aufbau besteht aus einer LED, einem Spiegel mit befestigtem PT1000 zur Temperaturbestimmung, einer Sammellinse und einer Fotodiode. Die LED wird ganz nah an den Spiegel gestellt und der Spiegel so ausgerichtet, dass mithilfe der Sammellinse der reflektierte Strahl der LED die Fotodiode voll trifft. Wenn nun durch das ebenfalls am Spiegel angebrachte Peltierelement der Spiegel abgekühlt wird und dadurch beschlägt wird, die Intensität an der Fotodiode geringer. Durch den PT1000, der in Reihe mit einem Festwiderstand geschaltet ist, kann über eine Spannungsmessung am Festwiderstand und gemessenen 0,5V Eingangsspannung, die Temperatur des Spiegels bestimmt werden. Die Spannungsmessung am Festwiderstand sowie die Spannungen der Fotodiode werden mit Cassy ausgelesen. Die Schaltung ist in Aufbau 1 zu sehen. Das Peltierelement wird extra bei Messbeginn mit 2A versorgt (Aufbau 2). Durch das kalte werdende Peltierelement wird der Spiegel beschlagen und daher die Spannung an der Fotodiode sinken. Am Punkt, an dem die Spannung das erste Mal sinkt, ist der Taupunkt, über die Spannungsmessung am Festwiderstand kann die Temperatur des Spiegels zu diesem Zeitpunkt bestimmt werden.

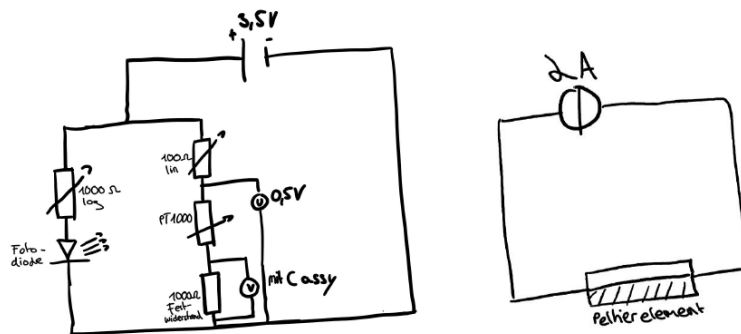


Abbildung 1: Versuchsbaufbau

## 3 Physikalische Grundlagen

### 3.1 Absolute, maximale und relative Feuchte

Für unseren Versuch sind einige Begriffe und Größen wichtig, die im folgenden kurz beleuchtet werden sollen.

Die ideale Gasgleichung ist gegeben durch

$$pV = nRT = \frac{m}{M_{mol}}RT = \frac{fV}{M}RT, \quad (1)$$

wobei  $p$  der Druck,  $V$  das Volumen,  $n$  die Teilchenzahl,  $R$  die ideale Gaskonstante,  $M_{mol}$  die molare Masse von Wasser und  $f$  die Feuchte ist. Die Feuchte ist definiert über

$$f = \frac{m}{V} = \rho = \frac{Mp_T}{RT}. \quad (2)$$

Diese wird manchmal auch *absoluten Feuchte* genannt:

$$f_{abs,T} = \frac{p_T M}{RT}. \quad (3)$$

Die absolute Feuchte gibt Auskunft über den tatsächlichen Wasserdampfgehalt, der aktuell in der Luft vorhanden ist.

Der Sättigungsdampfdruck ist eine temperaturabhängige Obergrenze des Dampfdrucks in einem bestimmten Luftvolumen. Er ist ein Maß für die maximal mögliche Wasserdampfmenge, der Sättigungsfeuchte, die bei einer bestimmten Temperatur in einem Luftvolumen gehalten werden kann, ohne dass es zur Kondensation bzw. Deposition kommt. Der Sättigungsdampfdruck ist gegeben durch die Beziehung

$$p_{satt,T} = \frac{f_{max,T} RT}{M}, \quad (4)$$

wobei  $f_{max,T}$  die *maximale Feuchte* ist, also nach Umstellen der vorherigen Gleichung

$$f_{max,T} = \frac{p_{satt,T} M}{RT}. \quad (5)$$

Sobald die maximale Feuchte erreicht ist, beginnt das Wasser aus der Luft zu kondensieren. Diese Größe ist die bei einer bestimmten Temperatur maximal mögliche absolute Luftfeuchtigkeit. Sie wird erreicht, wenn der Wasserdampfpartialdruck in der Luft so groß wie der Sättigungsdampfdruck des Wassers bei der entsprechenden Temperatur  $T$  ist. Bei diesem Zustand liegt die relative Feuchte bei 100%. Letztendlich führen wir noch die *relative Feuchte* ein:

$$\phi_T = \frac{f_{abs,T}}{f_{max,T}}. \quad (6)$$

Sie gibt das Verhältnis der tatsächlich enthaltenen zur maximal möglichen Masse an Wasserdampf in der Luft an; oder anders ausgedrückt: das Verhältnis zwischen der absoluten Luftfeuchte und der maximalen Luftfeuchte. Als Quotient zweier Größen mit derselben Einheit ist dies eine dimensionslose Größe.

Im Versuch arbeiten wir in einem offenen System, weswegen der Luftdruck konstant bleibt, daher gilt:

$$p_{satt,T} = p_\tau = p_T, \quad (7)$$

also gilt

$$\tau f_{max,\tau} = T f_{T,abs}. \quad (8)$$

## 3.2 Taupunkt

Man sieht anhand Gleichung (3), dass  $f_{abs} \propto \frac{1}{T}$ . Das bedeutet, dass für kleinere Temperaturen mit konstantem Druck die Feuchtigkeit steigt.

Der Taupunkt ist bei Luft mit einer bestimmten Luftfeuchtigkeit diejenige Temperatur  $\tau$ , die bei konstantem Druck unterschritten werden muss, damit sich Wasserdampf als Tau oder Nebel abscheiden kann. Am Taupunkt  $T = \tau$  beträgt die relative Luftfeuchtigkeit 100% und die Luft ist mit Wasserdampf (gerade) gesättigt.

## 4 Ergebnisse & Auswertung

Im folgenden Schaubild sind alle Größen eingezeichnet.

Die blaue Kurve zeigt den Temperaturverlauf, wohingegen die schwarze Kurve die Fotospannung anzeigt. Zwei Ausgleichsgeraden wurden angelegt und der Schnittpunkt bestimmt den Taupunkt.

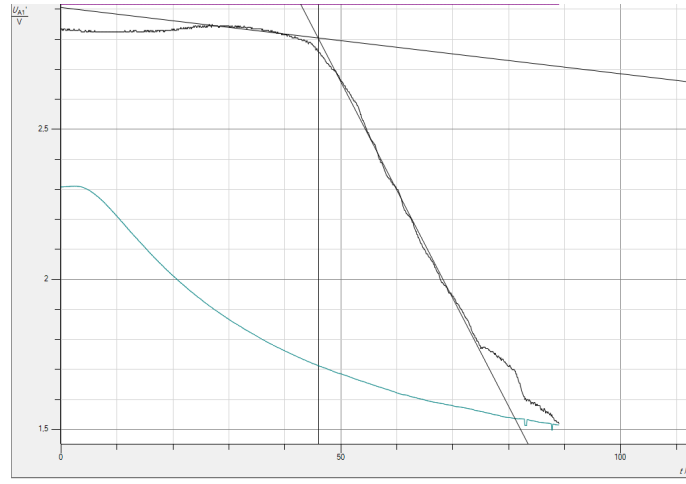


Abbildung 2: Messergebnisse: Verlauf der Spannung an der Fotodiode und der Temperaturverlauf des Spiegels

Der Taupunkt wurde abgelesen zu  $\tau = 7.1^\circ\text{C} = 280.25\text{K}$ . Per Interpolation erhält man aus der Anleitung dafür einen Sättigungsdampfdruck Druck von  $p_{\text{satt},280.25\text{K}} = 10.60\text{mbar}$ . Mit dem bestimmten Taupunkt kann jetzt die relative und absolute Feuchtigkeit der Luft bestimmt werden. Im Raum herrschte eine Temperatur von  $23.4$ , also  $296.55\text{K}$ . Mit der Tabelle aus der Anleitung und per Interpolation berechnet sich der Sättigungsdampfdruck bei dieser Temperatur zu  $p_{\text{satt},296.55\text{K}} = 28.985\text{mbar}$ . Daraus errechnet man die Werte der maximalen absoluten Feuchte bei Raumtemperatur und bei dem Taupunkt aus Gleichung (5) zu

$$f_{\text{max},296.55\text{K}} \approx \frac{18 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 28.985 \cdot 10^2 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 280.25\text{K}} \approx 21.16 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \quad (9)$$

$$f_{\text{max},\tau} \approx \frac{18 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 10.60 \cdot 10^2 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot \text{K}} \approx 7.74 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \quad (10)$$

Nun kann mit (8) die absolute Feuchte bestimmt werden zu

$$f_{\text{abs},T=296.55\text{K}} = \frac{\tau}{T} f_{\tau,\text{max}} \approx \frac{280.25\text{K}}{296.55\text{K}} \cdot 7.74 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \approx 7.3 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}. \quad (11)$$

Letztendlich lässt sich mit Gleichung (6) noch die relative Luftfeuchtigkeit im Versuchsraum berechnen:

$$\phi_{T=296.55\text{K}} = \frac{f_{\text{abs},T=296.55\text{K}}}{f_{\text{max},T=296.55\text{K}}} = \frac{7.3}{21.16} \approx 0.345. \quad (12)$$

Dieser Wert stimmt recht gut mit dem vom digitalen Thermometer abgelesenen Wert von 32% überein.