

Lernzettel

Experimentelle Einführung in
Gleichgewichtsdaten: Messmethoden,
Phasendiagramme (Dew- und Bubble-Point),
Datengewinnung

Universität: Technische Universität Berlin
Kurs/Modul: Thermodynamik II
Erstellungsdatum: September 6, 2025



Zielorientierte Lerninhalte, kostenlos!
Entdecke zugeschnittene Materialien für deine Kurse:

<https://study.AllWeCanLearn.com>

Thermodynamik II

Lernzettel: Thermodynamik II**(1) Experimentelle Einführung in Gleichgewichtsdaten: Messmethoden, Phasendiagramme (Dew- und Bubble-Point), Datengewinnung**

(1) Grundbegriffe und Messprinzipien. Gleichgewichtsdaten beschreiben, unter welchen Bedingungen Phasen in einem Mehrkomponenten-System koexistieren. Typische Größen:

$$P-T \quad , \quad T-x-y \quad , \quad P-x-y.$$

Für rein i gilt der Sättigungsdampfdruck $P_i^{\text{sat}}(T)$. In der Lösung gilt oft:

$$P_i = x_i P_i^{\text{sat}}(T) \quad (\text{Raoult'sches Gesetz, idealer Zustand für die Komponente } i).$$

Bubble Point vs. Dew Point.

Bubble Point (Siedepunkt eines Flüssigkeitsgemisches): $P = \sum_i x_i P_i^{\text{sat}}(T)$.

Dew Point (Tropfpunkt eines Dampf-Gemisches): $P = \sum_i y_i P_i^{\text{sat}}(T)$.

Wichtige Anmerkungen.

- Bei nicht-idealen Lösungen werden Aktivitätskoeffizienten γ_i verwendet:

$$P = \sum_i \gamma_i x_i P_i^{\text{sat}}(T) \quad (\text{Bubble Point}),$$

und

$$P = \sum_i y_i P_i^{\text{sat}}(T) \quad (\text{Dew Point bei gegebener } T).$$

- Sättigungsdampfdruckmodelle, z.B. Antoine-Gleichung:

$$\log_{10} P_i^{\text{sat}}(T) = A_i - \frac{B_i}{C_i + T}, \quad P_i^{\text{sat}} \text{ in mmHg, } T \text{ in } ^\circ\text{C}.$$

(2) Messmethoden: Grundlagen der Dew- und Bubble-Point-Erfassung.

- *Dew Point*-Verfahren: Ein Gasgemisch mit bekannter Zusammensetzung wird gekühlt, bis Kondensation beginnt. Der Punkt, an dem kondensierendes Phasenmaterial erscheint, definiert den Dew Point. Typische Messgrößen: Gesamtdruck P , Temperatur T , Gaszusammensetzung y_i .
- *Bubble Point*-Verfahren: Ein Flüssigkeitsgemisch wird erhitzt oder der Druck erhöht, bis der erste dampfförmige Anteil austritt. Der Punkt, an dem Blasen auftreten, definiert den Bubble Point. Typische Messgrößen: Gesamtdruck P , Temperatur T , Flüssigkeitszusammensetzung x_i .

- Messprinzipien: direkte Messung von $P(T)$ oder $T(P)$ sowie anschließende Ableitung von $P_i^{\text{sat}}(T)$ aus Daten.
- Praktische Hinweise: Kalibrierung von Drucktransducern, Temperaturfühlern; Probenentnahme in Reinform oder stabilisiertem Gemisch; Berücksichtigung von Nicht-Idealitäten.

(3) Phasendiagramme: Dew- und Bubble-Point Diagramme.

- *Bubble Point Kurven* in einem x - T oder x - P Diagramm: $P = \sum_i x_i P_i^{\text{sat}}(T)$ (unter Annahme idealer Gasphasen bzw. mit γ_i bei Nicht-Idealisierung).
- *Dew Point Kurven* in einem y - T oder y - P Diagramm: $P = \sum_i y_i P_i^{\text{sat}}(T)$.
- *Gleichgewichtskurve* trennt zwei Ein-Phasen-Bereiche: links oder unten nur Flüssigkeit, rechts oder oben nur Dampf (je nach Diagrammtyp).
- Typische Darstellungen:
 - T vs. x_i (bei festem Druck) mit Bubble-Point und Dew-Point Grenzen.
 - P vs. T mit Bubble- und Dew-Point Linien.

(4) Datengewinnung und -auswertung.

- *Messreihen*: Erfassung von T und P bei festen Mischungsanteilen, oder von x_i, y_i bei festen T bzw. P .
- *Datenverarbeitung*: Glättung/Interpolation, Bestimmung von $P_i^{\text{sat}}(T)$ mittels Antoine- oder anderen Modellen.
- *Konsistenzprüfung*: Überprüfung der Massenbalance, Plausibilitätschecks der Sättigungsdrücke.
- *Unsicherheiten*: Quantifizierung zukünftiger Streuungen aus Messaufbau, Sensor-Genauigkeit und Nicht-Idealeffekten.

(5) Beispiel-Ansatz für eine Ausgleichsrechnung.

- Gegeben: Binaryes Gemisch A–B, Druck P bekannt, Temperatur T bekannt.
- Ziel: Bubble Point oder Dew Point bestimmen.
- Vorgehen (ideal):

$$\text{Bubble Point: } P = x_A P_A^{\text{sat}}(T) + x_B P_B^{\text{sat}}(T), \quad x_B = 1 - x_A.$$

$$\text{Dew Point: } P = y_A P_A^{\text{sat}}(T) + y_B P_B^{\text{sat}}(T), \quad y_B = 1 - y_A.$$

- Falls bekannt: $P_i^{\text{sat}}(T)$ aus Antoine-Modell berechnen und dann lösen.

(6) Hinweise zur Praxis.

- Wähle je nach Ziel entweder Bubble Point oder Dew Point als Messziel.

- Nutze geeignete Modelle für $P_i^{\text{sat}}(T)$ und ggf. Aktivitätskoeffizienten γ_i (Nicht-Idealitäten berücksichtigen).
- Dokumentiere Probenname, Mischungsverhältnisse, Druck, Temperatur, Sensorenniveau und Kalibrierungen.

(7) Weiterführende Hinweise.

- In der Praxis werden oft mehrkomponentige Systeme untersucht; hier gilt die Summentheorie über alle Komponenten entsprechend.
- Für verfahrenstechnische Anwendungen dienen Dew-/Bubble-Point-Daten als Grundlage für Phasenvisualisierung, Mischer-Design und Trennprozesse.