

Laborpraxis

Destillation und Rektifikation II

Das mittlere Molekulargewicht M_m errechnet sich folgendermaßen:

$$M_m = \frac{G_1 + G_2 + G_3}{\frac{G_1}{M_1} + \frac{G_2}{M_2} + \frac{G_3}{M_3}} = \frac{G_1 + G_2 + G_3}{Mz_1 + Mz_2 + Mz_3} \quad (1)$$

Anzahl der Mole: $Mz = \frac{G}{M}$

Beispiel:

$G_1 = 200$ g Benzol $M_1 = 78,11$

$G_2 = 300$ g Toluol $M_2 = 92,13$

$G_3 = 500$ g Xylol $M_3 = 106,16$

$$\frac{G_1}{M_1} = Mz_1 = \frac{200}{78,11} = 2,56$$

$$\frac{G_2}{M_2} = Mz_2 = \frac{300}{92,13} = 3,26$$

$$\frac{G_3}{M_3} = Mz_3 = \frac{500}{106,16} = 4,71$$

$$G_1 + G_2 + G_3 = 1000$$

$$Mz_1 + Mz_2 + Mz_3 = 10,53$$

$$M_m = \frac{1000}{10,53} = 95,0$$

Die Konzentrationen werden immer, wenn nicht ausdrücklich anders verlangt, auf die leichtsiedende Komponente bezogen. Die Zusammensetzung kann in Volumen-, Gewichts- oder Mol-% angegeben werden.

Unter dem Konzentrationsbruch bezeichnet man zunächst das Verhältnis einer Komponente zur Summe aller Komponenten:

Volumbruch Komponente a $Vb_1 = \frac{V_1}{V_1 + V_2}$

(2)

Volumbruch Komponente b $Vb_2 = \frac{V_2}{V_1 + V_2}$

$$\text{Gewichtsbruch Komponente a } Gb_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2} \quad (3)$$

$$\text{Gewichtsbruch Komponente b } Gb_2 = \frac{G_2}{G_1 + G_2}$$

$$\text{Molenbruch Komponente a } Mb_1 = \frac{Mz_1}{Mz_1 + Mz_2} \quad (4)$$

$$\text{Molenbruch Komponente b } Mb_2 = \frac{Mz_2}{Mz_1 + Mz_2}$$

Multipliziert man die Brüche dann mit 100, so erhält man die entsprechenden Prozentzahlen.

Beispiel:

$$\text{Komponente a: 200 g Benzol; } \frac{G_1}{M_1} = Mz_1 = 2,56$$

$$\text{Komponente b: 300 g Toluol; } \frac{G_2}{M_2} = Mz_2 = 3,26$$

$$\frac{G_1 + G_2 = 500 \text{ g}}{Mz_1 + Mz_2 = 5,82}$$

$$\text{Molenbruch Komponente a } Mb_1 = \frac{2,56}{5,82} = 0,440$$

$$\text{Molenbruch Komponente b } Mb_2 = \frac{3,26}{5,82} = 0,560$$

$$\text{Mol-\% Komponente a} = 0,44 \times 100 = 44,0 \text{ Mol-\%}$$

$$\text{Mol-\% Komponente b} = 0,56 \times 100 = 56,0 \text{ Mol-\%}$$

Bei Mehrstoffgemischen vergrößert sich der Nenner jeweils um die zusätzlichen Komponenten, z. B.:

$$\text{Molenbruch } Mb_1 = \frac{Mz_1}{Mz_1 + Mz_2 + Mz_3 + \dots} \quad (5)$$

Die verschiedenen Umrechnungen erfolgen für binäre Gemische nach folgenden Formeln, jeweils auf die leichter siedende Komponente bezogen:

1. Gew.-% in Mol-%:

$$\text{Mol-\%} = \frac{\frac{G_1}{M_1}}{\frac{G_1}{M_1} + \frac{G_2}{M_2}} \times 100 \quad (6)$$

2. Vol-% in Gew-%:

$$\text{Gew-\%} = \frac{V_1 \rho_1}{(V_1 \rho_1) + (V_2 \rho_2)} \quad (7)$$

3. Mol-% in Gew-%:

$$\text{Gew-\%} = \frac{M_1 \cdot Mb_1}{(M_1 \cdot Mb_1) + (M_2 \cdot Mb_2)} \quad (8)$$

4. Gew-% in Vol-%

$$\text{Vol-\%} = \frac{\frac{G_1}{\rho_1}}{\frac{G_1}{\rho_1} + \frac{G_2}{\rho_2}} \quad (9)$$

5. Mol-% in Vol-%:

$$\text{Vol-\%} = \frac{\frac{M_1 \cdot Mb_1}{\rho_1}}{\frac{M_1 \cdot Mb_1}{\rho_1} + \frac{M_2 \cdot Mb_2}{\rho_2}} \quad (10)$$

Da die Umrechnungen zum Teil sehr zeitraubend sind, wurden verschiedene Nomogramme ausgearbeitet, die eine schnelle und einfache Umrechnung ermöglichen. Bei der Umrechnung von Mol-% oder Gew-% in Vol-% ist zu beachten, daß die Umrechnungen nur dann Gültigkeit haben, wenn die Komponenten beim Vermischen keine Volumenänderung (Kontraktion) ergeben.

Bei gasförmigen Gemischen sind die Angaben in Mol-% und Vol-% identisch, da sich die Volumina auf Atmosphärendruck beziehen und es üblich ist, mit einem einheitlichen Volumen für 1 Mol von 22,4 l bei 0 °C und 760 Torr bzw. 22,4 l bei 15 °C und 735,5 Torr zu rechnen.

Dampfdruck und Teildampfdruck

Über jedem Raum einer Flüssigkeit bildet sich eine Dampfphase. Das Maß für dieses Verdampfen oder auch Verdunsten eines jeden Stoffes ist sein Dampfdruck. Der Dampfdruck fester Substanzen ist allerdings sehr gering.

In jedem Körper, gleich ob flüssig oder fest, befinden sich die Atome bzw. Moleküle dauernd in Bewegung; sie werden durch zwischenmolekulare Kräfte zusammengehalten. Dabei können, insbesondere bei Flüssigkeiten, vor allem die energiereicheren Teilchen unter Überwindung der zurücktreibenden Kräfte aus dem Stoff heraus in den umgebenden Raum eintreten.

Von den im freien Raum umherfliegenden Teilchen tritt ein Teil wieder in

den Stoff zurück, wofür wieder andere aus dem Stoff austreten; diesen Vorgang bezeichnet man als Verdunsten. Diese Verdunstung erfolgt bei jedem Stoff mit unterschiedlicher Geschwindigkeit.

Die sich in einem geschlossenen Dampfraum regellos bewegenden Teilchen treffen natürlich bei ihren Bewegungen auf die den Gasraum abschließenden Gefäßwänden; dieser Aufprall der Teilchen auf die Behälterwände macht sich als Druck bemerkbar. Da der Druck von dem entstandenen Dampf herrührt, spricht man vom Dampfdruck des betreffenden Stoffes.

Solange mehr Teilchen austreten als eingefangen werden, spricht man noch von einer Verdampfung oder Verdunstung. In dem Moment, wo die Zahl der austretenden Teilchen gleich der der zurückkehrenden wird, herrscht ein Gleichgewicht. Wenn dieses Gleichgewicht erreicht ist, ist der Dampf „gesättigt“, deshalb auch die Bezeichnung Sättigungsdampfdruck.

Je mehr Moleküle nach erreichtem Gleichgewicht in der Gasphase vorhanden sind, desto größer ist der Dampfdruck der Flüssigkeit. Allgemein versteht man unter dem Dampfdruck den Sättigungsdampfdruck.

Der Dampfdruck oder Sättigungsdampfdruck einer reinen Flüssigkeit oder einer reinen festen Substanz ist der Druck der gasförmigen bzw. dampfförmigen Phase, die sich bei einer bestimmten Temperatur im Gleichgewicht mit der flüssigen oder festen Phase befindet.

Der Dampfdruck ist abhängig von der Temperatur. Bei einer Temperaturerhöhung eines Stoffes wird ihm Energie in Form von Wärme zugeführt, wodurch die kinetische Energie der Atome bzw. Moleküle erhöht wird. Demzufolge verlassen auch mehr Teilchen die Oberfläche, der Dampfdruck steigt.

Der Dampfdruck einer Flüssigkeit oder eines festen Stoffes ist bei einer bestimmten Temperatur konstant.

Es ist noch zu erwähnen, daß Dämpfe verschiedener Stoffe nebeneinander existieren können. Der Dampfdruck eines solchen Gemisches setzt sich aus den Partialdampfdrücken (Teildampfdrücken) der einzelnen Ausgangsstoffe zusammen.

Der Teil- oder Partialdruck eines Dampfes ist derjenige Druck, der herrschen würde, wenn der betreffende Dampf den gesamten Raum allein einnehmen würde.

Nach dem Gesetz von *Dalton* ist der Gesamtdruck gleich der Summe aller Teildrücke.

R. K.