

Stoffeigenschaften: Dichte und Löslichkeit

Einleitung

Chemie ist die Lehre von Stoffen. Eine wichtige Unterscheidung ist die Einteilung in Reinstoffe und Gemische. Gemische bestehen aus 2 oder mehreren Reinstoffen.

Reinstoffe sind im Gegensatz zu Gemischen gekennzeichnet durch *konstante physikalische Eigenschaften*. Beispiele dafür sind unter anderen:

- Dichte
- Schmelz- und Siedepunkt (Schmelz- und Siedetemperatur)
- Elektrische Leitfähigkeit
- Löslichkeit

Durch Ermittlung dieser physikalischen Grössen kann man Reinstoffe voneinander unterscheiden respektive allenfalls sogar den konkreten (unbekannten) Reinstoff bestimmen, da physikalische Eigenschaften für den entsprechenden Reinstoff konstant und damit charakteristisch sind.

Bsp.: Festes Wasser (Eis) schmilzt bei genau 0 °C und wird flüssig. Flüssiges Wasser geht bei 100 °C vollständig in den gasförmigen Zustand über, verdampft also. Der Schmelzpunkt von Wasser liegt also bei 0 °C, während die Siedetemperatur bei 100 °C liegt. Diese Werte sind für den Stoff Wasser konstant und damit charakteristisch.

Alkohol (Ethanol) ist vom Aussehen her nicht von Wasser zu unterscheiden. Der Schmelzpunkt dieses Stoffs liegt jedoch bei -114 °C, der Siedepunkt bei 78 °C. Die zwei Stoffe lassen sich also über den Schmelz- und Siedepunkt unterscheiden respektive eindeutig bestimmen. Auf der anderen Seite kann man Rinderfett keinen scharf begrenzten Schmelzpunkt zuweisen, sondern der Schmelzbereich erstreckt sich über mehrere Grad Celsius. Rinderfett ist also kein Reinstoff, sondern ein Gemisch.

Man kann solche physikalische Stoffeigenschaften qualitativ erheben oder quantitativ bestimmen. Eine Aussage wie *"Stoff A leitet, Stoff B leitet schwach, Stoff C leitet den elektrischen Strom gut"*, wäre qualitativer Natur. Für eine quantitative Aussage, also für die exakte Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit und damit für eine Angabe einer konkreten Zahl für die elektrische Leitfähigkeit, wäre für diesen Fall ein spezielles und teures Messgerät vonnöten.

Einige physikalische Grössen wie die Dichte von Stoffen lassen sich jedoch mit einfachen Mitteln auch quantitativ erheben. Dazu braucht es bloss ein Volumenmessgefäss oder sogar nur ein Lineal und eine Waage. Auch die Löslichkeit lässt sich quantitativ ebenfalls mit einfachen Mitteln bestimmen.

Im diesem Praktikum wirst du selbst die Dichte von einigen Feststoffen und Flüssigkeiten sowie die Löslichkeit von Kochsalz bestimmen. Für die Berechnungen brauchst du den Taschenrechner aus deinem persönlichen Material mitzunehmen.

- | |
|---|
| <p>Lernziele:</p> <ul style="list-style-type: none">• Du verstehst die physikalischen Grössen Dichte und Löslichkeit. In der Folge bist du in der Lage, Dichten und Löslichkeiten von Stoffen sowohl experimentell zu ermitteln wie auch mithilfe von gegebenen Versuchsdaten zu berechnen.• Du verstehst den Konzentrationsbegriff. In der Folge kannst du selbst mithilfe von gegebenen Daten Konzentrationen berechnen und umgekehrt.• Du bist in der Lage, zwischen den einzelnen in diesem Zusammenhang relevanten Einheiten fehlerfrei Umrechnungen vorzunehmen. |
|---|

Versuch 1 Bestimmung der Löslichkeit von Kochsalz in Wasser

Geräte / Material

- Erlenmeyerkolben (100 ml)
- Messzylinder (10 ml)
- Vollpipette (5 ml)
- Spatellöffel
- Becherglas (100 ml)
- Pipettierball
- Reibschale (klein) mit Pistill
- Becherglas (50 ml)
- Waage (0.00 g)
- Glasstab
- Thermometer
- Trockenschrank (zentral)

Chemikalien

- Kochsalz
- dest. Wasser

Theorie

Viele Stoffe begegnen uns im Alltag in gelöster Form, zum Beispiel Essigsäure in Speiseessig oder Mineralstoffe wie Natriumchlorid in Mineralwasser. Im letzteren Fall wird zum Beispiel der Gesamtmineralgehalt auf der Etikette ausgewiesen.

Der Gehalt – respektive präziser ausgedrückt – die Konzentration einer Lösung gibt an, wie viel Stoff in einer bestimmten Menge Flüssigkeit gelöst ist. Eine Möglichkeit Konzentrationen wiederzugeben, ist die folgende:

$$\text{Konzentration} = \frac{\text{Masse des gelösten Stoffes}}{\text{Volumen der Lösung}} \Leftrightarrow c = \frac{m_{\text{gelöst}}}{V} \quad \text{Übliche Einheit: [g/l] oder [mg/l]}$$

Bsp. Auf der Etikette von Knutwiler Mineralwasser wird ein Gesamtmineralgehalt von 537 mg/l ausgewiesen. Dies bedeutet, dass 1 Liter Knutwiler 537 mg an gelösten Mineralstoffen enthält.

Die Löslichkeit ist ebenfalls eine stoffcharakteristische Grösse von Reinstoffen. Die Löslichkeit eines Stoffes gibt an, ob und in welchem Umfang ein Reinstoff in einem Lösungsmittel gelöst werden kann.

Meist ist das Lösungsmittel eine Flüssigkeit. Im Zusammenhang mit der Bewertung des Umweltverhaltens eines Stoffes ist seine Wasserlöslichkeit von besonderer Bedeutung. Diese bestimmt, inwieweit Organismen mit einem ins Wasser gelangten giftigen Stoff überhaupt in Kontakt kommen können, woraus die konkrete Gefährdung/Wirkung abgeschätzt werden kann. Die Wasserlöslichkeit gehört deshalb bei der Prüfung und Registrierung neuer Chemikalien zu den Grundprüfungsdaten.

Die meisten Stoffe lassen sich nicht unbeschränkt in einem Lösungsmittel lösen. Es gibt also eine Löslichkeitsgrenze, welche im engeren Sinne die Löslichkeit eines Stoffes wiedergibt:

$$(i) \quad \text{Löslichkeit} = \frac{\text{Masse des gelösten Stoffes}}{\text{Masse des Lösungsmittels}} \quad \text{Übliche Einheit: [g/100g Lösungsmittel] unter Angabe der Temperatur}$$

$$(ii) \quad \text{Löslichkeit} = \frac{\text{Masse des gelösten Stoffes}}{\text{Volumen der Lösung}} \quad \text{Übliche Einheit: [g/l Lösung] unter Angabe der Temperatur}$$

Bsp. zu (i): In einem Tabellenwerk findet sich für die Löslichkeit von Kaliumiodid folgende Angabe: 144 g/100 g Wasser bei 20 °C. Dies bedeutet, dass man in 100 g reinem Wasser (= Lösungsmittel) mit einer Temperatur von 20 °C maximal 144 g Kaliumiodid lösen kann. (Kaliumiodid-Tabletten werden an die Bevölkerung im näheren Umkreis eines Atomkraftwerkes abgegeben und müssen im Falle eines Atomunfalls (Freisetzung von Radioaktivität) von der Bevölkerung zwecks Schilddrüsenkrebsprävention eingenommen werden.)

Bsp. zu (ii): In einem Tabellenwerk findet sich für die Löslichkeit von Kalk (Calciumcarbonat) folgende Angabe: 0.014 g/l bei 20 °C. Dies bedeutet, dass 1 Liter kalkhaltiges Wasser (= Lösung) mit einer Temperatur von 20 °C maximal 14 mg Kalk enthalten kann.

Die Löslichkeit eines Stoffs entspricht der maximal möglichen Konzentration bei einer bestimmten Temperatur. Die obigen Definitionen stellen 2 häufig verwendete Möglichkeiten dar, die Löslichkeit wiederzugeben. Weitere Möglichkeiten wirst du später kennen lernen.

Vorgehen (Bestimmung der Löslichkeit von Kochsalz in Wasser)

- (1) Wäge ca. 5 g Kochsalz in einem Erlenmeyerkolben (100 ml) ab. Die Masse muss nicht genau 5 g sein, da es darum geht, so viel Kochsalz in Lösung zu bringen, dass ein Bodensatz zurückbleibt.
- (2) Transferiere die abgewogene Kochsalzmenge in eine kleine Reibschale. Das Kochsalz sollte nun möglichst fein zerrieben werden.
- (3) Gib das feine Kochsalzpulver zurück in den Erlenmeyerkolben und gib ca. 10 ml dest. Wasser (10 ml-Messzylinder verwenden) dazu.
Rühre mit dem Glasstab während einer halben Minute.
- (4) Es braucht nun einige Minuten Zeit, bis sich die maximale Menge Kochsalz im Wasser gelöst hat.
Fahre deshalb mit Versuch 2 weiter. Rühre jedoch ab und zu die eben hergestellte Kochsalzlösung mit dem Glasstab kurz um.
- (5) Rühre ein letztes Mal die Kochsalzlösung mit dem Glasstab um.
Kennzeichne nun mit Bleistift ein leeres Becherglas (100 ml) mit Initialen und Klassenzugehörigkeit (weisses Feld auf Becherglas).
Notiere dir die Masse des Becherglases zusätzlich im Laborjournal. Benutze dazu eine Waage, die auf 0.01 g genau ist.
- (6) Nun sollte sich im Erlenmeyerkolben die maximale Menge Kochsalz gelöst haben (= gesättigte Lösung), wobei ein deutlicher Bodensatz zurückbleibt. Die Kochsalzlösung darüber sollte klar sein.
Notiere dir die Temperatur der gesättigten Lösung (Thermometer verwenden).
- (7) Giesse die klare (!) Flüssigkeit sorgfältig in ein zweites Becherglas (50 ml), so dass der Bodensatz im Erlenmeyerkolben zurückbleibt.
- (8) Die Salzlösung im kleinen Becherglas sollte nun klar sein.
Transferiere mit einer Vollpipette (5 ml) genau 5 ml Lösung in das leere vorher gewogene Becherglas (100 ml) aus Schritt (5).
- (9) Bestimme die Dichte der Salzlösung, indem du das Becherglas erneut wägst (Waage, wiederum 0.01 g genau).
- (10) Stelle nun das Becherglas in den Trockenschrank bei 110 °C und lasse das Wasser verdampfen, was aber längere Zeit dauert (ca. 24 Stunden).
- (11) (2 Wochen später) Bestimme die Masse des abgekühlten Becherglases. Daraus lässt sich die Masse des in der gesättigten Lösung vorhandenen Salzes und damit die Löslichkeit berechnen.
Anschliessend kann das Becherglas gereinigt werden. Das Kochsalz kommt in den Abguss.

Versuch 2 Bestimmung von Dichten

Geräte / Material

- Stoffe zur Dichtebestimmung (Holz, Eisen, Aluminium, Wasser, Brennspritus)
- Messzylinder (100 ml)
- Waage
- Massstab
- 6 Dichte-Tabellen (zentral)
- Demo-Set Dichte (1 cm³), zentral (nur für LP)

Theorie

Die Dichte ρ (sprich 'rho') ist eine wichtige physikalische Grösse zur Unterscheidung von Stoffen und ist gegeben durch Masse und Volumen eines Stoffes. Die Dichte ist von Temperatur und Druck abhängig.

$$\text{Dichte} = \text{Masse} / \text{Volumen} \quad \Leftrightarrow \quad \rho = m / V$$

Übliche Einheit: $[\text{g}/\text{cm}^3]$ bei Feststoffen und Gasen
 $[\text{g}/\text{ml}]$ bei Flüssigkeiten

Merke: $1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ dm}^3 = 1\,000 \text{ l}$

$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ l} = 1\,000 \text{ cm}^3$

$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml}$

Vorgehen

Die Masse eines Stoffes kann man einfach durch Wägen bestimmen und erhält dann eine Angabe etwa in Gramm (g). Achtung: Achte darauf, dass die Einheit Gramm (Symbol 'g') auf dem Display deiner Waage angezeigt wird. Die Waage muss vor der Messung 0.00 g anzeigen; sonst mit der Taste 'Tare' oder 'T' (Tara) die Anzeige auf 0.00 g bringen. Notiere die Masse in der unten stehenden Tabelle.

(A) Vorgehen für Feststoffe regelmässiger Form

Volumen durch Ausmessen von Länge, Breite und Höhe bestimmen (z. B. im Falle eines Quaders).

(B) Vorgehen für Feststoffe unregelmässiger Form

Liegen komplizierte Formen vor, muss das Volumen indirekt bestimmt werden: Man kann den betreffenden Stoff in ein Messzylinder mit Wasser eintauchen. Das verdrängte Wasser entspricht dem Volumen des eingetauchten Körpers (an der Messzylinderskala ablesbar). Die Einheit des Volumens ist also etwa cm^3 respektive ml ($1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml}$).

- (1) Miss zuerst die Masse des Feststoffkörpers mithilfe der Waage.
- (2) Fülle einen 100 ml-Messzylinder mit einer bestimmten Menge Wasser (z. B. 50 ml). Merke dir den entsprechenden Wert.
- (3) Bringe nun den entsprechenden Feststoffkörper sorgfältig in den Messzylinder (nicht fallen lassen!). Der Körper muss dabei ganz vom Wasser überdeckt werden. Lies das neue Volumen ab (z. B. 65 ml) und notiere dir die Volumendifferenz, das heisst das gesuchte Volumen des Stoffes (in unserem Beispiel: $65 \text{ ml} \text{ minus } 50 \text{ ml} = \underline{15 \text{ ml}}$).

(C) Vorgehen zur Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten

Man bestimmt die Masse einer frei wählbaren Menge (Volumen) Flüssigkeit.

- (1) Tariere einen Messzylinder auf der Waage ($\rightarrow 0.00 \text{ g}$).
- (2) Befülle einen 100 ml-Messzylinder (nicht auf der Waage!) mit einem bestimmten Volumen Flüssigkeit (z. B. 98 ml) und notiere dir die Masse.

Der Brennspiritus wird wieder zurück in die Flasche transferiert.

Stoff	Masse m	Volumen V	Dichte $\rho = m / V$	Dichte gem. Tabelle
Holz (nach Methode A)				
Eisen (Methode B)				
Aluminium (nach B)				
Brennspirit (Ethanol) (C)				
Wasser (Methode C)				

Notiere bei allen Zahlen in der obigen Tabelle auch die Einheiten (die gehören immer unbedingt dazu!). Berechne die Dichte in g/cm^3 bei den Feststoffen und g/ml bei den Flüssigkeiten und vergleiche mit den Werten im aufliegenden Tabellenwerk.

Aufgaben

- (1.1) Bei einer Blutspende werden 300 ml Blut entnommen. Wie viele Liter sind das?
- (1.2) Wie viele cm^3 Cola befinden sich in einer 5 dl-PET-Flasche?
- (1.3) Natriummetall hat eine Dichte von 0.97 g/cm^3 . Schwimmt das Metall auf Wasser?
- (1.4) 112 ml einer Zuckerlösung sind 113.23 g schwer. Berechne die Dichte dieses Zuckerwassers in g/l.
- (1.5) Der Grenzwert von Nitrat in Trinkwasser beträgt 30 mg/l. Erkläre einem Laien in einem Satz, was man sich unter dieser Angabe '30 mg/l' vorzustellen hat.
- (1.6) Was ist der Unterschied zwischen Lösung und Lösungsmittel. Erkläre an einem konkreten Beispiel deiner Wahl.
- (2) Berechne aus den Versuchsdaten (Versuch 1) die Löslichkeit von Kochsalz:
- (i) in Gramm Salz pro Liter Salzwasser
 - (ii) in Gramm Salz gelöst in 100 Gramm Wasser.
- Hilfe zu (ii): Aus dem Versuch ist die Masse von 5 ml Salzlösung bekannt. Nach dem Eindampfen weisst du, wie viel Gramm davon auf das Salz selbst zurückzuführen ist, die Differenz entspricht der Masse des Lösungsmittels (Wasser). Jetzt musst du nur noch auf 100 g hochrechnen.
- (3) Welche Konzentration hat die Lösung, die du beim Versuch 2 (Bestimmung der Löslichkeit von Kochsalz) hergestellt hast?

Wie ist das Laborjournal zu führen?

- Als Titel sind jeweils CP-Nr. / CP-Titel plus Datum zu notieren.
Bsp.: "CP 2: Dichte und Löslichkeit"
 - Falls mehrere Versuche durchzuführen sind, sind entsprechende Überschriften zu setzen.
Bsp.: "Versuch 1: Bestimmung der Löslichkeit von Kochsalz in Wasser"
 - Grundsätzlich ist das detaillierte Vorgehen bei einem Versuch nicht festzuhalten (dieses ist üblicherweise in der CP-Anleitung zu finden). Zu notieren sind allerdings konkrete Beobachtungen und Messresultate zu einem Versuch:
 - Beobachtungen:
Bsp.: "Das Eisen-Schwefel-Gemisch glühte nach 30 Sekunden Erhitzen auf; es erfolgte ein Farbwechsel von silber-grau nach blau-grau."
 - Messresultate:
Bsp.: "Beim Mischen von 75 ml Ethanol mit 25 ml Wasser stieg die Temperatur von 22.0 °C auf 23.2 °C."
 - Beobachtungen und Messresultate sind so zu notieren, dass klar wird, unter welchen Umständen respektive bei welcher Aktion diese Beobachtungen gemacht bzw. Messresultate erhoben wurden. Diese Notizen müssen also ohne CP-Anleitung verständlich und nachvollziehbar, d.h. selbsterklärend sein.
*Also nicht: "Es glühte auf."
"Es ergab eine Farbänderung."
"Die Temperatur stieg."*
- Wie diese Aussagen zu ergänzen wären, so dass sie selbsterklärend sind, ist weiter oben auf diesem Blatt aufgeführt.
- Sinnvoll ist es, Beobachtungen und Messresultate den entsprechenden Versuchsschritten der Versuchsanleitung zuzuordnen.
Bsp.: "Schritt 4: "Beim Mischen von 75 ml Ethanol mit 25 ml Wasser stieg die Temperatur von 22.0 °C auf 23.2 °C."
 - Falls bei einem Versuch eine Tabelle zum Eintragen von Beobachtungen und Messwerten in der Anleitung vorgegeben ist, dann muss man auch nichts im Journal notieren.
 - Wenn du in einem Praktikum nicht anwesend warst, oder wenn bei einem CP überhaupt nichts zu notieren ist (eben z.B. durch vorgegebene Tabellen), dann notierst du trotzdem den CP-Titel und machst einen entsprechenden Vermerk.
*Bsp.: CP 2: "Dichte und Löslichkeit" (krank)
CP 12: "Destillation von Rotwein" (keine Notizen notwendig)*