



Stoffeigenschaften: Dichte und Löslichkeit

Einleitung

Um was geht es in diesem Praktikum?

Im diesem Doppel-Praktikum wirst du selbst zwei Eigenschaften, mit denen man Stoffe charakterisieren kann, kennenlernen: Es sind dies die zwei physikalischen Stoffeigenschaften Dichte und Löslichkeit, zu deren experimentellen Bestimmung man im Wesentlichen bloss ein Volumenmessgefäss (oder sogar nur ein Lineal) und eine Waage benötigt. Für die Berechnungen benötigst du den Taschenrechner, das Handy oder den Laptop.

In der ersten Doppellektion steht die Durchführung des Versuchs 1 (Bestimmung der Löslichkeit von Kochsalz) und in diesem Kontext das Kennenlernen der wichtigsten Glaswaren im Labor, die korrekte Bedienung einer Pipette und der Waage im Zentrum.

In der zweiten Doppellektion steht die Dichtebestimmung von Stoffen (Versuch 2) und in diesem Zusammenhang das fachgerechte Ablesen des Volumens bei einer Flüssigkeit im Zentrum. Zudem wird der Versuch 1 ausgewertet.

Praktikumsheft und Benotung

Zu allen Versuchen werden Beobachtungen und Messwerte – wenn nicht anders vermerkt – sauber und in einer standardisierten Weise in einem Laborjournal (separates A4-Heft) festgehalten. Für den ersten Versuch werden wir das gemeinsam machen. Das Heft wird von der Lehrperson gelegentlich kontrolliert (1–2 Mal pro Schuljahr) und dann benotet (Gewichtung je 0.5). Zum Praktikum 4 wird ein sogenannter Praktikumsbericht verlangt, welcher ebenfalls benotet wird (Gewichtung 1). Im Rahmen des Praktikums 6&7 wird zusätzlich ein Vortrag benotet (Gewichtung 0.5).

Ablauf Chemiepraktikum (CP)

Üblicherweise startest du – wie heute beim ersten CP – mit dem Studium der Theorie auf der Website. Manchmal gibt es dort auch bereits einige Aufgaben, die das Verständnis der Theorie überprüfen. Die Antworten zu den Aufgaben werden in deinem Journal festgehalten und deren Vorhandensein ebenfalls mitbenotet. Grundsätzlich wirst du auf der Website geführt. Es wird also klar, wenn man mit dem Lesen der CP-Anleitung bzw. mit dem Versuch starten soll. Nach dem Versuch widmet man sich selbständig den (verbleibenden) Aufgaben.

- | |
|---|
| <p>Lernziele:</p> <ul style="list-style-type: none">• Du weisst, wie man Beobachtungen zu Versuchen dokumentiert, sodass eine andere Person auf der Basis dieser Notizen die Beobachtungen bzw. Messwerte überprüfen bzw. reproduzieren könnte.• Du kannst die wichtigsten Laborgeräte mit dem richtigen Namen bezeichnen.• Du bist in der Lage bei einem graduierten Gefäss das Volumen einer Flüssigkeit korrekt abzulesen.• Du verstehst die physikalischen Grössen Dichte und Löslichkeit. In der Folge bist du in der Lage, die Dichte und Löslichkeit eines Stoffs 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

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

Chemikalien

- Kochsalz, zentral
- dest. Wasser

Durchführung

- (1) Lies zuerst das Unterkapitel "Wägen" in der Mitte auf der Seite 4 (nur diesen Abschnitt lesen!).
- (2) Wäge mithilfe eines Spatellöffels ca. 5 g Kochsalz in einen Erlenmeyerkolben (100 ml) ein. Die Masse muss nicht genau 5 g sein, da es darum geht, so viel Kochsalz in Lösung zu bringen, dass ein Bodensatz zurückbleibt. Halte die Masse auf 2 Kommastellen genau fest.
- (3) Transferiere die abgewogene Kochsalzmenge in eine kleine Reibschale. Das Kochsalz sollte nun möglichst fein zerrieben werden.
- (4) Gib das feine Kochsalzpulver zurück in den Erlenmeyerkolben (bei Bedarf mithilfe eines Wägebepapiers) und gib ca. 10 ml dest. Wasser (10 ml-Messzylinder verwenden) dazu.
Schwenke den Erlenmeyerkolben während einer halben Minute, damit das Wasser in Rotation kommt und sich mit dem Salz gut mischen kann.
- (5) Es braucht nun einige Minuten Zeit, bis sich die maximale Menge Kochsalz im Wasser gelöst hat.
Nun ist das separat ausgeteilte Blatt "Wie ist das Laborjournal zu führen?" zu lesen. Im Anschluss werden wir gemeinsam den ersten Journaleintrag vornehmen.
Schwenke jedoch immer wieder mal kurz den Erlenmeyerkolben mit der eben hergestellten Kochsalzlösung.
- (6) Schwenke ein letztes Mal den Erlenmeyerkolben mit der Kochsalzlösung.
Kennzeichne nun mit Bleistift ein leeres Becherglas (100 ml) mit Initialen und Klassenzugehörigkeit (weisses Feld auf Becherglas).
Notiere dir die Masse des Becherglases – auf 2 Kommastellen genau – im Laborjournal.
- (7) 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).
- (8) Giesse die klare (!) Flüssigkeit sorgfältig in ein zweites Becherglas (50 ml), sodass der Bodensatz im Erlenmeyerkolben zurückbleibt.
- (9) 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 (6). *Die Lehrperson demonstriert diesen Schritt für die erste Gruppe.*
- (10) Bestimme nun die Masse dieses Becherglases mit der Salzlösung (wiederum auf 0.01 g genau).
- (11) Stelle zum Abschluss das Becherglas in den Trockenschrank bei 110 °C und lasse das Wasser verdampfen, was aber längere Zeit dauert (ca. 24 Stunden).
- (12) (*2 Wochen später*) Bestimme die Masse des abgekühlten Becherglases. Daraus lässt sich später die Masse des in der gesättigten Lösung vorhandenen Salzes und damit die Löslichkeit berechnen.
- (13) *Aufräumen:* Entferne mit einem Radiergummi die Bleistiftspuren auf dem Becherglas. Das Kochsalz kann mit Leitungswasser gelöst werden. Die Salzlösung muss im vorliegenden Fall – infolge fehlender Umweltgefährdung – nicht separat gesammelt und entsorgt werden, sondern kommt in den Abguss. Das Becherglas wird mit Leitungswasser ausgespült und kommt in die zentrale Ablage zwecks maschineller Reinigung.



Theorie

(ausnahmsweise erst nachträglich im Rahmen des CP 2 zu studieren)

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:

$$\text{Konzentration} = \frac{\text{Masse des gelösten Stoffes}}{\text{Volumen der Lösung}} \Leftrightarrow c = \frac{m_{\text{gelöst}}}{V}$$

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 hat einen direkten Bezug zur Konzentration: Die Löslichkeit eines Stoffes gibt an, ob bzw. in welchem Umfang ein sogenannter 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:

$$(i) \text{ Löslichkeit} = \frac{\text{Masse des gelösten Stoffes}}{\text{Masse des Lösungsmittels}}$$

Übliche Einheit: [g/100g Lösungsmittel]
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.)

$$(ii) \text{ Löslichkeit} = \frac{\text{Masse des gelösten Stoffes}}{\text{Volumen der Lösung}}$$

Übliche Einheit: [g/l Lösung]
unter Angabe der Temperatur

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 zwei häufig verwendete Möglichkeiten dar, die Löslichkeit wiederzugeben. Weitere Möglichkeiten wirst du später kennenlernen.



Versuch 2: Bestimmung von Dichten

Theorie

Dichte

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.

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

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

Bsp. 1: Wenn 7 ml Kirsch 6.51 g schwer sind, so hat der Kirsch eine Dichte von $6.51 \text{ g} / 7 \text{ ml} = 0.93 \text{ g/ml}$.

Bsp. 2: Wenn ein Schwefelkristall ein Volumen von 5.26 cm^3 aufweist und 10.89 g schwer ist, so lässt sich die Dichte von Schwefel wie folgt berechnen: $\rho = 10.89 \text{ g} / 5.26 \text{ cm}^3 = 2.07 \text{ g}/\text{cm}^3 = \rho_{\text{Schwefel}}$

Merke: $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ l}$

$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ l} = 1000 \text{ cm}^3$

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

Wägen – Massebestimmung mit der Waage

Die Waagen am Arbeitsplatz erlauben das Ablesen der Masse auf 0.01 genau. Diese Waagen sind somit Präzisionsgeräte (kosten rund 1000 Franken) und sind mit der entsprechenden Sorgfalt zu behandeln. So darf z.B. der Wägeteller nicht einfach mit einem Lappen abgewischt werden. Verschüttete Substanzen sind sofort zu entfernen (Lehrperson rufen).

Nur ungiftige, feste Stoffe in massiver Form (wie ein Stück Eisen) können direkt abgewogen werden, alle anderen Stoffe sind zuerst in ein geeignetes Gefäss (z.B. Becherglas) oder auf ein Wägepapier (im Falle von geringen Mengen pulverförmiger Substanzen) zu transferieren.

Die Waage schaltet sich durch Drücken der On/Off-Taste ein – das dauert eine Weile.

Um die Masse eines Gefässes (z.B. Erlenmeyerkolben) oder eines Wägepapiers nicht mitzumessen, werden diese zuerst auf die Waage gestellt bzw. gelegt. Anschliessend wird mit der Tara-Funktion (Taste '0/T') die Waage auf 0.00 g zurückgesetzt (die On/Off- und die Tara-Funktion liegen also auf der gleichen Taste!). Falls die Waage nicht 2 Kommastellen oder die Einheit "g" anzeigt, ist die Lehrperson zu rufen.

Durch längeres Drücken der On/Off-Taste lässt sich die Waage ausschalten.

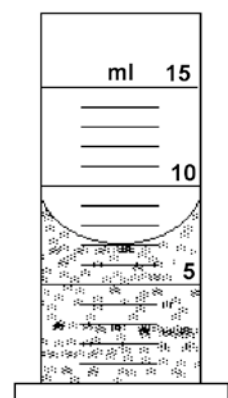
Volumenbestimmung von Flüssigkeiten mithilfe von Messzylindern / Messpipetten

Ein bestimmtes Volumen Flüssigkeit wird meistens mithilfe eines Messzylinders oder einer Messpipette abgemessen. Eine Pasteurpipette (Tropfpipette) erlaubt es, den gewünschten Volumenwert durch tropfenweise Zugabe von Flüssigkeit exakt zu erreichen.

Volumetrische Messgeräte weisen eine Graduierung (Skala) auf. Die Oberfläche von Flüssigkeiten (z.B. Wasser) ist gegen den Rand hin nicht plan (vgl. Abbildung rechts bzw. die Situation in einem Messzylinder). Für das korrekte Ablesen des Volumens ist der tiefste Punkt der Flüssigkeitsoberfläche relevant – vergleiche die Abbildung rechts! Welches Volumen hat also die Flüssigkeit in unserem Beispiel?

7 ml

9 ml



Der vermeintliche 'Fehler' durch die Flüssigkeit oberhalb von 7 ml wurde vom Hersteller bei der Graduierung der Glasware bereits berücksichtigt.

Wenn man nun den vorher tarieren Messzylinder mit den 7 ml Flüssigkeit auf die Waage stellt und die Waage eine Masse von 6.51 g anzeigt, dann lässt sich aus diesen zwei Werten die Dichte berechnen (entspricht exakt der Darlegung oben unter Beispiel 1).



Geräte / Material

- Waage (0.00 g)
- Plastik-Pasteurpipette, zentral
- Messzylinder (100 ml), zentral
- Massstab, zentral
- Stoffe zur Dichtebestimmung (Holz, Eisen, Aluminium, dest. Wasser, Brennschspiritus), zentral
- Demo-Set Dichte (1 cm³), zentral (nur für Lehrperson)

Durchführung

Im Folgenden soll die Dichte einer der beiden Flüssigkeiten (nach Methode A), die Dichte von Holz (nach Methode B) und die Dichte eines der zwei Metalle (nach Methode C) bestimmt werden. Die Lehrperson nimmt eine Zuteilung vor, welche Flüssigkeit bzw. welcher Feststoff bzw. Metall von deiner Gruppe untersucht werden soll.

Stoff	Masse m	Volumen V	Dichte $\rho = m/V$	Dichte (Internet)
Brennschspirit (Ethanol) (nach A)				
Wasser (nach Methode A)				
Eichenholz (nach Methode B)				
Eisen (nach Methode C)				
Aluminium (nach Methode C)				

Zu diesem Versuch musst du das Vorgehen nicht im Journal dokumentieren. Notiere bei allen Zahlen in der obigen Tabelle auch die Einheiten (die gehören immer unbedingt dazu!). Berechne die Dichte in g/cm³ bei den Feststoffen und g/ml bei den Flüssigkeiten und vergleiche deine Ergebnisse mit den Dichteangaben in geeigneten Internetquellen (z. B. Wikipedia).

Falls du die Theorie auf der Seite 4 noch nicht gelesen hast (nur das Unterkapitel "Wägen" wurde schon gelesen), solltest du das jetzt nachholen.

(A) Vorgehen zur Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten

- (1) Triere einen 100 ml-Messzylinder auf der Waage (\rightarrow 0.00 g).
- (2) Befülle diesen Messzylinder mit einem bestimmten, aber exakten Volumen Flüssigkeit (z. B. genau 98 ml; Pasteurpipette am Schluss verwenden).
Beachte, dass das Befüllen nicht (!) auf der Waage stattfindet und dass mindestens 90 ml Flüssigkeit verwendet werden (dadurch wirkt sich der relative Fehler bei falschem Ablesen geringer aus).
- (3) Rufe die Lehrperson zu dir, damit diese einmalig sicherstellen kann, dass du das Volumen korrekt abliest (vgl. Abbildung S. 4). Wenn du das Okay von der Lehrperson hast, musst du noch die Masse der Flüssigkeit mithilfe der Waage bestimmen.
- (4) Notiere das Volumen und die Masse in der oben stehenden Tabelle und berechne die Dichte.
Überlege dir dabei, welche Art der Rundung beim berechneten Dichtewert sinnvoll ist (wie genau ist die Masse bei der Waage und das Volumen am Zylinder ablesbar?)
- (5) Der Brennschspiritus wird wieder zurück in die Flasche transferiert.

(B) Vorgehen für Feststoffe regelmässiger Form

- (1) Berechne das Volumen durch Ausmessen von Länge, Breite und Höhe (z. B. im Falle eines Quaders). Notiere dir die Rohdaten (Länge, Breite und Höhe) mit Einheiten.
- (2) Bestimme die Masse und halte diese zusammen mit dem berechneten Volumen in der oben stehenden Tabelle fest.



(C) 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 in unserem Falle cm^3 respektive ml ($1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml}$).

- (1) Bestimme zuerst die Masse des Feststoffkörpers mithilfe der Waage.
- (2) Fülle einen 100 ml-Messzylinder mit einer bestimmten, aber exakten Menge Wasser (z. B. 50 ml). Merke dir den entsprechenden Wert.
- (3) Bringe nun den entsprechenden Feststoffkörper sorgfältig in den Messzylinder (Metallstück nicht fallen lassen; Messzylinder schräg halten). 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: $65 \text{ ml} - 50 \text{ ml} = 15 \text{ ml}$).
- (4) Halte die Masse und das Volumen in der Tabelle auf der Seite 5 fest und berechne die Dichte.

Aufgaben

Die Aufgaben 1–5 müssen zwingend bearbeitet werden, d. h. die jeweilige Lösung mit dem entsprechenden Lösungsweg wird im Heft festgehalten. Auf der Website findet sich Hilfe zum Lösen der Aufgaben.

- (1) Studiere die Theorie zur Löslichkeit auf der Seite 3 und berechne aus den Versuchsdaten des Versuchs 1:
 - (a) die Löslichkeit von Kochsalz in Gramm Salz pro Liter Salzwasser;
 - (b) die Löslichkeit von Kochsalz in Gramm Salz gelöst in 100 Gramm Wasser;
 - (c) die Dichte der gesättigten Kochsalzlösung.

Hilfeleistung: Aus den Versuchsdaten lässt sich die Masse von 5 ml Lösung (und damit auch deren Dichte) berechnen. 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 Wasser bzw. auf einen Liter Lösung hochrechnen. Eine detaillierte Schritt-Schritt-Hilfeleistung (inkl. Lösung) findet sich auf der Website.
- (2) Welche Konzentration hatte die Lösung, die du beim Versuch 1 (Bestimmung der Löslichkeit von Kochsalz) hergestellt hast?
- (3) 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.
- (4) Natriummetall hat eine Dichte von 0.97 g/cm^3 .
 - (a) Erkläre einem Laien in einem Satz, was man unter dieser Angabe ' 0.97 g/cm^3 ' versteht.
 - (b) Schwimmt das Metall auf Wasser?
- (5) 112 ml einer Zuckerlösung sind 113.23 g schwer. Berechne die Dichte dieses Zuckerwassers in g/l.
- (6) Bei einer Blutspende werden 300 ml Blut entnommen. Wie viele Liter sind das?
- (7) Wie viele cm^3 Cola befinden sich in einer 5 dl-PET-Flasche?
- (8) Was ist der Unterschied zwischen Lösung und Lösungsmittel? Erkläre an einem konkreten Beispiel deiner Wahl.