



Chemie

FOS Bayern

Jahrgangsstufe 12

Autoren:

Huber, Stefanie

Dr. Rudel, Kirsten

Wirth, Hubert

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 80734

Autoren des Buches
„Chemie FOS Bayern – Jahrgangsstufe 12“

Huber, Stefanie
Dr. Rudel, Kirsten
Wirth, Hubert

Lektorat:
Josef Dillinger

Bilderstellung und -bearbeitung: Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

1. Auflage 2024
Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN: 978-3-7585-8073-4

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2024 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Layout und Satz: Daniela Schreuer, 78224 Singen
Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
unter Verwendung einer Grafik von © Ameer – stock.adobe.com
Druck: LD Medienhaus GmbH & Co. KG, 48268 Greven, www.ld-medienhaus.de

Vorwort

Das Lehrwerk „Chemie FOS Bayern Jgst. 12“ wurde entsprechend dem kompetenzorientierten LehrplanPlus für Fachoberschulen in Bayern entwickelt, um die dort definierten Kompetenzen lernfeldbezogen zu vermitteln. Die erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten bilden die Grundlage für das Verständnis komplexer Vorgänge in der Natur und in technischen Prozessen. Die Erkenntnisse der Chemie spielen eine wesentliche Rolle bei der ständigen Weiterentwicklung von Technik und Gesellschaft.

Speziell für den Chemieunterricht in der 12. Jahrgangsstufe der Fachoberschule in Bayern konzipiert, eignet sich das Lehrwerk für alle Ausbildungsrichtungen der Fachoberschule, in denen das Fach Chemie unterrichtet wird:

- Agrarwirtschaft, Bio- und Umwelttechnologie (ABU)
- Gesundheit (GH)
- Technik (T)

Für den Bereich „Aspekte der Chemie“ in der Jahrgangsstufe 12 ist das Buch weniger geeignet. Da die Lehrplaninhalte weitgehend denen der Jahrgangsstufe 11 entsprechen, empfehlen wir das Lehrwerk „Chemie FOS Bayern Jahrgangsstufe 11“. Wird das vertiefende Wahlpflichtfach in der Jahrgangsstufe 13 unterrichtet, können jedoch einzelne Lernbereiche aus dem Buch verwendet werden.

Wie der Fachlehrplan Chemie beginnt auch dieses Lehrwerk mit dem Lernbereich 1 „Wie Chemiker denken und arbeiten“. Hier werden wichtige Grundlagen und Inhalte der Jahrgangsstufe 11 wiederholt. Zu Beginn des Schuljahres wird im Rahmen der obligatorischen Sicherheitsunterweisung im Unterricht auf die Sicherheit beim Experimentieren eingegangen. Die abgedruckte Betriebsanweisung ist auf den schulischen Arbeitsbereich abgestimmt.

Der Erwerb der im Fachlehrplan Chemie beschriebenen weiteren Kompetenzen erfolgt in den folgenden Lernfeld-Kapiteln, die für alle Fachrichtungen verbindlich sind:

- Funktionelle Gruppen und Reaktionsmechanismen in der organischen Chemie (Kapitel 2)
- Redoxreaktionen (Kapitel 4)

Die für die Ausbildungsrichtung Technik sowie Agrarwirtschaft, Bio- und Umwelttechnik zusätzlich wichtigen Kompetenzen Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht werden in Kapitel 3 vermittelt.

Der Umfang der einzelnen Kapitel orientiert sich an der empfohlenen Stundenzahl. Vertiefende Inhalte, die nicht explizit im Lehrplan angeführt und daher nicht verpflichtend sind, sind in den einzelnen Kapiteln als „Exkurs“ gekennzeichnet.

Nach jedem Kapitel folgen Verständnisfragen unter der Überschrift „Alles verstanden?“ Ihre Beantwortung zeigt, ob wichtige Inhalte verstanden wurden. Sie dienen als kurzer Schnelltest für die Lernenden.

Die Wiederholung und Anwendung der Fachinhalte erfolgt in den „Aufgaben“ der Kapitel 2 bis 4 (Lernfelder 2 bis 4). Je nach Kompetenzerwartung sind die Aufgaben umfangreicher und komplexer!

Hinweise, die zur Weiterentwicklung dieses Lehrwerks beitragen, werden unter der Verlagsadresse oder per Mail (lektorat@europa-lehrmittel.de) dankbar entgegengenommen.

Inhaltsverzeichnis

1	Wie Chemiker arbeiten und denken	7
1.1	Sicherheit beim Experimentieren	7
1.1.1	Gefahrstoffkennzeichnung	7
1.1.2	Schutzausrüstung und Verhalten bei Unfällen	10
1.1.3	Entsorgung	11
1.1.4	Laborregeln und Betriebsanweisung	11
1.2	Experimente planen und durchführen	14
1.2.1	Laborgeräte	14
1.2.3	Versuche protokollieren	18
1.2.4	Fachspezifische Informationen darstellen	20
1.3	Bindungsverhältnisse	21
2	Funktionelle Gruppen und Reaktionsmechanismen der organischen Chemie	24
2.1	Alkane – gesättigte Kohlenwasserstoffe	27
2.1.1	Struktur	27
2.1.2	Nomenklatur	30
2.1.3	Isomerie bei Alkanen	32
2.1.4	Physikalische Eigenschaften der Alkane	33
2.1.5	Chemische Eigenschaften – Brennbarkeit	36
2.1.6	Halogenierung von Alkanen – Radikalische Substitution	37
2.1.7	Erdöl und Erdölprodukte (Ausbildungsrichtung ABU)	41
2.2	Ungesättigte Kohlenwasserstoffe – Alkene und Alkine	51
2.2.1	Struktur	51
2.2.2	Nomenklatur	53
2.2.3	Isomerie bei Alkenen – E/Z-Isomerie	54
2.2.4	Physikalische Eigenschaften ungesättigter Kohlenwasserstoffe	56
2.2.5	Reaktionsverhalten von Alkenen	57
2.2.6	Halogenkohlenwasserstoffe in Alltag und Technik	60
2.3	Alkohole	64
2.3.1	Struktur	65
2.3.2	Nomenklatur	67
2.3.3	Physikalische Eigenschaften der Alkohole	69
2.3.4	Darstellung der Alkohole – Nukleophile Substitution	72
2.3.5	Physiologische Wirkung von Ethanol und Methanol im menschlichen Körper (Ausbildungsrichtung Gesundheit)	75
2.4	Carbonylverbindungen – Aldehyde und Ketone	77
2.4.1	Struktur	77
2.4.2	Nomenklatur	78
2.4.3	Physikalische Eigenschaften	79
2.4.4	Reaktion von Carbonylverbindungen mit Alkoholen – Nukleophile Addition	81
2.5	Carbonsäuren	84
2.5.1	Struktur	84
2.5.2	Nomenklatur	85
2.5.3	Physikalische Eigenschaften von Carbonsäuren	87
2.5.4	Acidität der Carbonsäure	89

2.6	Carbonsäureester	92
2.6.1	Nomenklatur	94
2.6.2	Physikalische Eigenschaften	95
2.6.3	Darstellung von Estern (Esterkondensation)	96
2.6.4	Chemisches Gleichgewicht	98
2.6.5	Basische Esterhydrolyse	100
2.6.6	Carbonsäureester im Alltag (Ausbildungsrichtung ABU)	102
2.7	Fette (Ausbildungsrichtung GH)	105
2.7.1	Struktur	105
2.7.2	Eigenschaften	108
2.8	Seifen (Ausbildungsrichtung GH)	112
2.8.1	Verseifung von Fetten	112
2.8.2	Eigenschaften von Seifen	114
2.8.3	Der Waschvorgang	116
3	Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht	119
3.1	Die Reaktionsgeschwindigkeit	119
3.1.1	Die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion	119
3.1.2	Die Reaktionsgeschwindigkeit und die Konzentration	124
3.1.3	Die Reaktionsgeschwindigkeit und die Temperatur	129
3.1.4	Die Reaktionsgeschwindigkeit und der Katalysator	131
3.1.5	Die Reaktionsgeschwindigkeit und der Zerteilungsgrad	134
3.2	Das chemische Gleichgewicht	136
3.2.1	Umkehrbare Reaktionen	136
3.2.2	Das Gleichgewicht bei chemischen Reaktionen	138
3.2.3	Das Gleichgewicht verschieben (Prinzip von Le Chatelier)	142
3.3	Das Gleichgewichtskonzept bei Säure-Base-Reaktionen	146
3.3.1	Säure-Base-Reaktionen	146
3.3.2	Das Säure-Base Gleichgewicht	148
3.3.3	Das Massenwirkungsgesetz beim Protolysegleichgewicht	150
3.3.4	Säure- und Basenstärke in Alltagsprodukten	153
3.3.5	Das Ionenprodukt des Wassers und der pH-Wert	158
3.3.6	Den pH-Wert berechnen	161
3.3.7	Säure-Base-Puffersystem (Ausbildungsrichtung ABU)	164
4	Redoxreaktionen in Natur und Technik	169
4.1	Grundlagen zur Chemie der Redoxreaktionen	169
4.1.1	Oxidationszahlen	169
4.1.2	Unterscheidung von Redoxreaktionen und Säure-Base-Reaktionen	171
4.1.3	Aufstellen von Redoxgleichungen	172
4.2	Redoxreaktionen in der organischen Chemie	174
4.2.1	Oxidation von Alkoholen	174
4.3	Redoxreaktionen in der anorganischen Chemie	178
4.3.1	Edle und unedle Metalle (Ausbildungsrichtung T, ABU)	178
4.3.2	Die Redoxreihe der Metalle	179
4.3.3	Korrosion und Korrosionsschutz (Ausbildungsrichtung T, ABU)	181

4.3.4	Galvanische Elemente	184
4.3.5	Elektrodenpotenziale und Spannungsreihe	185
4.3.6	Mobile Spannungsquellen (Ausbildungsrichtung T, ABU)	189
4.4	Zellatmung: Redoxreaktionen im physiologischen Kontext (Ausbildungsrichtung GH)	194
4.4.1	Energieträger ATP	194
4.4.2	Biologische Redoxpaare: $\text{NAD}^+/\text{NADH} + \text{H}^+$ und FAD/FADH_2	195
4.4.3	Abbau von Glucose: Die Glycolyse	197
4.4.4	Der Citratzyklus	200
4.4.5	Die Atmungskette	200
4.4.6	Anaerobe Abbaureaktionen: Gärung	202
4.4.7	Glucose und Diabetes mellitus	204
	Sachwortverzeichnis	206
	Bildquellenverzeichnis	209

1 Wie Chemiker arbeiten und denken

Die Chemie beschäftigt sich mit dem Aufbau, den Eigenschaften und der Umwandlung von Stoffen. Wie in jeder Naturwissenschaft gibt es auch in der Chemie bestimmte Arbeitstechniken und Herangehensweisen an eine Problemstellung. Diese finden sich in jedem Teilbereich und in allen Kapiteln wieder. Die Inhalte dieses Lernbereichs liegen „quer zu den anderen Lernbereichen der Jahrgangsstufe“ und werden deshalb in den entsprechenden Kapiteln behandelt. Die Kompetenzen wie sicheres Experimentieren oder der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg ist aber nur in Kapitel 1 formuliert. Die Unterscheidung der Bindungsverhältnisse bildet zudem die Grundlage für die weiteren Kapitel.

Nach der Bearbeitung dieses Kapitels

- kennen Sie die möglichen Gefahren von Chemikalien und wie mit ihnen sicher umgegangen wird.
- können Sie die Arbeitstechniken bei den experimentellen Untersuchungen von alltäglichen und technischen Phänomenen umsetzen und die gewonnenen Daten sach-, adressaten-, und situationsgerecht veranschaulichen. Sie erkennen Trends, Strukturen und Beziehungen.
- können Sie an Beispielen den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg beschreiben und bewerten.
- können Sie mithilfe der Elektronegativität die Bindungsverhältnisse bzw. die Bindungspolarität erkennen.

1.1 Sicherheit beim Experimentieren

Nach der Bearbeitung dieses Abschnitts

- kennen Sie die Bedeutung der Gefahrstoffkennzeichnung und sind mit den wichtigsten Laborregeln vertraut gemacht worden.
- sind Sie in der Lage, Maßnahmen zum sicheren Umgang mit Chemikalien umzusetzen.
- wissen Sie, wie Chemikalien umweltgerecht entsorgt werden.

1.1.1 Gefahrstoffkennzeichnung

Viele Chemikalien sind giftig (toxisch) und verursachen gesundheitliche Schäden, wenn sie durch Einatmen, Verschlucken oder über die Haut in den menschlichen Körper gelangen. Sie können die Gesundheit beeinträchtigen, Krebs verursachen und bis zum Tode führen. Manchmal genügt ein Hautkontakt oder gar ein Spritzer in das Auge, um irreparable Schäden am Gewebe zu verursachen. Sind Chemikalien z. B. brennbar oder explosiv, so können auch hier Gefahren für die Gesundheit entstehen.

Im Schullabor ist das Arbeiten mit Chemikalien oft nicht zu vermeiden. Deshalb ist ein sachgemäßer Umgang mit diesen Gefahrstoffen unerlässlich.

Für jeden Gefahrstoff liegt vom Hersteller ein Sicherheitsdatenblatt vor, auf dem mögliche Gefahren und Sicherheitshinweise vermerkt sind. Jedes Gebinde und jeder Behälter mit einem Gefahrstoff ist mit einem Etikett versehen, welches auf Gefährdungen hinweist (Bild 1).













Bild 1: Gefahrstoffbehälter

Die Gefahrstoffe werden nach der CLP-Verordnung (Classification, Labelling and Packaging) klassifiziert. Diese übernimmt das Global Harmonisierte System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS).

Die geltenden Rechtsverordnungen (z. B. CLP-Verordnung EG 1272/2008, Arbeitsschutzgesetz, Technische Regeln Gefahrstoffe, DIN-Normen) werden in der Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU) reflektiert, diese ist in Bayern für die Schulen verbindlich. Die aktuelle Version kann auf der Homepage des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus heruntergeladen werden: <https://www.km.bayern.de/lehrer/unterricht-und-schulleben/sicherheit.html>

Einen ersten Eindruck über die Gefährlichkeit einer Chemikalie zeigen die Gefahrenpiktogramme nach CLP-Verordnung (Tabelle 1). Die weltweit einheitlichen Symbole zeigen die Gefahren, welche von einem Stoff ausgehen. Sie müssen auf allen Gebinden deutlich angebracht sein, in dem Chemikalien enthalten sind. Geht von der Chemikalie eine schwerwiegende Gefahr aus, weist zudem noch das Signalwort „Gefahr“ darauf hin. Das Signalwort „Achtung“ wird bei Stoffen mit einer geringeren Gefährdungskategorie verwendet.

Tabelle 1: Gefahrenpiktogramme nach CLP					
Gefahrenpiktogramm	Symbol, Kodierung	Bezeichnung der Gefahrenklasse	Gefahrenpiktogramm	Symbol, Kodierung	Bezeichnung der Gefahrenklasse
Physikalische Gefahren			Gesundheitsgefahren		
	Explosierende Bombe GHS01	explosive Stoffe/ Gemische und Erzeugnisse mit Explosivstoff		Totenkopf mit Knochen GHS06	akute Toxizität, Kat. 1, 2, 3
	Flamme GHS02	<ul style="list-style-type: none"> • entzündbare Stoffe • Stoffe, die bei Kontakt mit Wasser entzündbare Gase entwickeln • pyrophore Stoffe (Gefahr der Selbstentzündung) 		Ausrufezeichen GHS07	<ul style="list-style-type: none"> • akute Toxizität, Kat. 4 • Augenreizung, Hautreizung • Sensibilisierung der Haut • Spezifische Zielorgan-Toxizität, Kat. 3: Atemwegsreizung • Verursachung von Schläfrigkeit und Benommenheit
	Flamme über Kreis GHS03	<ul style="list-style-type: none"> • oxidierend wirkende Stoffe • brandfördernde Stoffe, können Brände verstärken oder Brand oder Explosionen verursachen 		Gesundheitsgefahr GHS08	<ul style="list-style-type: none"> • C – krebserzeugend • M – mutagen • R – reproduktionstoxisch • Sensibilisierung der Atemwege • Spezifische Zielorgan-Toxizität, Kat. 1, 2 • Aspirationsgefahr
	Gasflasche GHS04	Gase unter Druck		Ätzwirkung GHS05	<ul style="list-style-type: none"> • hautätzend, Kat. 1 • schwere Augenschädigung
	Ätzwirkung GHS05	auf Metalle korrosiv wirkend, Kat. 1	Umweltgefahren		
				Umwelt GHS09	gewässergefährdend
Kat.: Gefahrenkategorie					

Auf allen Gebinden und Behältern von Chemikalien sind Etiketten oder Aufkleber aufgebracht. Darauf sind folgende Informationen anzugeben:

- Produktname
- **Gefahrenpiktogramme** nach GHS
- Das Signalwort „**Gefahr!**“ oder „**Achtung!**“
- Gefahrenhinweise (**H-Sätze**)
- Sicherheitshinweise (**P-Sätze**)
- Hersteller bzw. Lieferant

Die Gefahren- und Sicherheitshinweise sind standardisierte Textbausteine. Das GHS verwendet dafür ein Kodierungssystem (Bild 1). So bedeutet zum Beispiel: H241 „Erwärmung kann Brand oder Explosion verursachen“. Der Buchstabe „H“ steht für einen **Gefahrenhinweis** (Hazard Statement), die Gefahrenklasse „2“ für eine physikalische Gefahr. Die fortlaufende Nummer ist der 41. Hinweis dieser Gefahrengruppe und bedeutet hier: „Erwärmung kann Brand oder Explosion verursachen.“ So geben die H-Sätze eine genaue Beschreibung der Gefahren an. Ein Stoff, der beispielsweise „Giftig bei Verschlucken“ ist, wird mit H301 gekennzeichnet.

Die P-Sätze hingegen nennen Sicherheitshinweise, welche beim Umgang zu beachten sind. Bei einem Stoff, der bei Erwärmung einen Brand oder eine Explosion verursachen kann, ist es ratsam, diesen von anderen brennbaren Materialien fernzuhalten (P220).

Die H- und P-Sätze können auch kombiniert werden, was durch ein „+“ gekennzeichnet ist. So steht die Kombination von H301 + H311 + H331 für: „Giftig bei Verschlucken, Hautkontakt oder Einatmen.“ P308 + P311 gibt die Empfehlung: „Bei Exposition oder falls betroffen: Giftinformationszentrum, Arzt oder ... anrufen.“ Wenn es der Platz zulässt, ist auf dem Etikett die Bedeutung der H- und P-Sätze angegeben (Bild 2). Im Anhang dieses Buches finden sich die weiteren H- und P-Sätze.

Chemikalien können durch Einatmen, Verschlucken oder auch über die Haut in den Körper gelangen! Ist jemand einer chemischen Substanz ausgesetzt, so wird dies als **Exposition** bezeichnet.

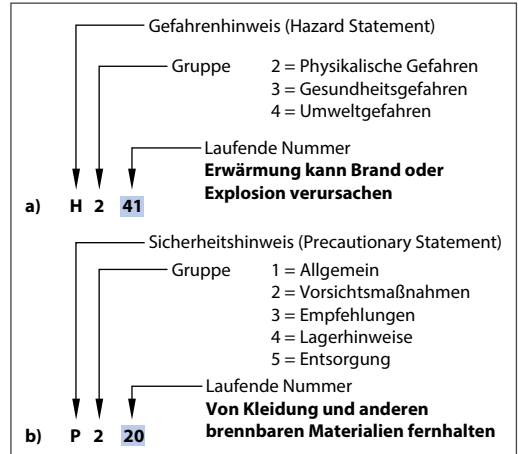


Bild 1: Kodierung nach GHS bei

a) Gefahrenhinweisen

b) Sicherheitshinweisen

Methanol (CH₃OH)
 Molmasse: 42,04 g/mol 1,0 l

	H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.
	H301 + H311 + H331: Giftig bei Verschlucken, Hautkontakt oder Einatmen.
	H370: Schädigt die Organe (Auge).
	P210: Von Hitze, Funken, offener Flamme, heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.
	P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung tragen.
	P308 + P311: Bei Exposition oder falls betroffen: GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

GEFAHR!

P240, P302 + P352, P304 + P340, P403 + P233

Hersteller: XXX

Bild 2: Etikett von Methanol

Auch im Haushalt werden Chemikalien wie Gartendünger, Putzmittel, Spiritus oder Waschbenzin verwendet, welche mit Gefahrensymbolen gekennzeichnet sind (Bild 1). Sie können nicht nur für den Anwender, sondern auch für die Umwelt zu einer Gefahr werden. Im Gegensatz zu den Laborchemikalien sind hier die Gefahren- und Sicherheitshinweise für den Verbraucher immer ausgeschrieben abgedruckt. Diese sollten vor dem Verwenden auch gelesen und entsprechend beachtet werden. So kann beispielsweise bei natriumhypochlorithaltigen Desinfektionsreiniger durch Nichtbeachten der Hinweise und unsachgemäßer Handhabung lebensbedrohliches Chlorgas freigesetzt werden. Haushaltschemikalien sind immer von Kindern fernzuhalten und müssen entsprechend verwahrt werden.



Bild 1: Waschbenzin mit Gefahrenpiktogramm

Viele Haushaltsmittel, vor allem Putzmittel, sind Gefahrstoffe und entsprechend gekennzeichnet.

1.1.2 Schutzausrüstung und Verhalten bei Unfällen

Je nach Gefährlichkeit einer Chemikalie ist eine entsprechende Schutzausrüstung zu tragen. Beim Experimentieren im Unterricht sollte immer eine Schutzbrille getragen werden. Bei besonderen Gefährdungen sind gegebenenfalls noch Schutzhandschuhe (Bild 2) anzuziehen. Versuche, deren Gefährdung darüber hinausgeht und weitergehende Schutzausrüstung erfordern, sind als Schülerversuche in der Regel nicht geeignet und bleiben der Fachlehrkraft, unter Einhaltung aller Sicherheitsvorkehrungen, vorbehalten. Sollte es trotz aller Vorsichtsmaßnahmen dennoch zu einem Unfall kommen, so ist Ruhe zu bewahren und besonnen zu handeln. Die Schutzeinrichtungen sind entsprechend gekennzeichnet (Bild 3). Der Standort und Inhalt des Erste-Hilfe-Kastens sollte jedem bekannt sein. Bei allen Körperschäden sollte man den **Arzt aufsuchen**.



Bild 2: Beispiele für Gebotszeichen

- **Schnittwunden:** Kleinere Schnittwunden mit einem Wundpflaster versorgen. Starke Blutungen mit einem Druckverband versorgen. Arzt aufsuchen!
- **Verbrennung:** Kleine Verbrennungen (handflächengroß) sofort mit fließendem Leitungswasser kühlen (die Wassertemperatur spielt eine untergeordnete Rolle), die Wunde keimfrei bedecken. Arzt aufsuchen!
- **Verätzung:** Die Stelle sofort und ausgiebig (ca. fünf Minuten) mit Wasser ausspülen. Bei einer Verätzung der Augen ist schnelles Handeln gefordert! Das betroffene Auge nachhaltig (ca. fünf Minuten) mit der Augenspülung/-dusche ausspülen. Arzt aufsuchen!
- **Vergiftung:** **Kein** Erbrechen herbeiführen, Giftnotruf (089/19240) wählen und Anweisungen befolgen.
- **Gasvergiftungen:** Die eigene Sicherheit beachten! Betroffenen aus der Gefahrenzone bringen und mit Frischluft versorgen. Bei Atemstillstand: Wenn vorhanden Defibrillationsgerät verwenden, Herz-Lungen-Wiederbelebung durchführen, Notruf wählen.

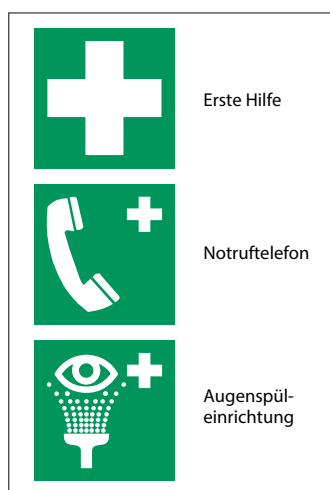


Bild 3: Ausgewählte Zeichen

1.1.3 Entsorgung

Im Schullabor fallen in der Regel nur kleine Mengen an Chemikalienreste an. Stoffe ohne Gefahrensymbole dürfen über den Hausmüll, bestimmte Säuren oder Laugen dürfen nach einer Neutralisation über den Abguss beseitigt werden. Alle anderen Stoffe müssen gesammelt und fachgerecht, z. B. bei einem Entsorgungsunternehmen oder an einer Schadstoffsammelstelle, entsorgt werden. Es gilt die Grundregel: **Vermeiden ist besser als Entsorgen!** Bevor mit dem Experiment begonnen werden kann, muss geklärt werden, welche Abfälle entstehen und wie diese entsorgt werden. Auf den Sicherheitsdatenblättern des Lieferanten finden sich entsprechende Hinweise. Nur wenn die Fachlehrkraft dazu auffordert, kommen Chemikalienreste in den Ausguss, ansonsten sind die Reste in ein entsprechendes Sammelgefäß unter dem Abzug zu entsorgen. Es wird empfohlen, vier Sammelbehälter bereitzustellen (Bild 1).

- G1: Flüssige organische Abfälle – halogenfrei
- G2: Flüssige organische Abfälle – halogenhaltig
- G3: Feste organische Abfälle
- G4: Anorganische Abfälle (z. B. Säuren, Schwermetalle)

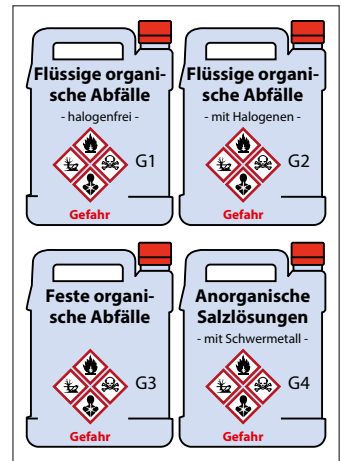












Bild 1: Sammelbehälter für chemische Abfälle

1.1.4 Laborregeln und Betriebsanweisung

Wegen der besonderen Gefahren im Labor gelten hier besondere Regeln. Dazu zählen:

- Sich mit den örtlichen Gegebenheiten vertraut machen! Der Standort des Feuerlöschers, des Lösandes und des Telefons einprägen.
- Sich mit der Handhabung von Feuerlöschern und Augendusche vertraut machen.
- Versuchsanleitungen, im Besonderen die Sicherheitshinweise, immer exakt einhalten. Wenn erforderlich Schutzausrüstung wie Schutzbrille und Handschuhe tragen.
- Den Arbeitsplatz sowie die Arbeitsgeräte sauber halten.
- Die H- und P-Sätze befolgen. Nur eindeutig beschriftete Chemikalien verwenden. Sich aus z. B. Sicherheitsdatenblättern Informationen über die Gefährlichkeit einholen.
- Die Erste-Hilfe Maßnahmen kennen und sie regelmäßig wiederholen.
- Vorsicht beim Erhitzen von Flüssigkeiten im Reagenzglas, Gefahr von plötzlichem Herausspritzen durch Siedeverzug. Reagenzglas nur im unteren Viertel befüllen, Öffnung nicht in Richtung einer Person richten und nur unter Schütteln erhitzen.
- Nach den Experimenten die Hände gründlich waschen.
- Im Labor nicht essen, trinken, rauchen oder schminken, keine Geschmacksproben, Geruchsproben nur, wenn in der Anleitung gefordert.
- Chemikalienbehälter nach Entnahme sofort wieder verschließen. Verwechslung von Verschlüssen ausschließen.
- Pipetierhilfen verwenden, Flüssigkeiten nicht mit dem Mund ansaugen!
- Vorratsflaschen immer mit festem Griff anfassen.
- Beim Verdünnen von Säuren oder Laugen immer nach der Regel: „Zuerst das Wasser, dann die Säure oder Lauge“!
- Laborabfälle in den dafür vorgesehenen Gefäßen entsorgen.

Damit diese Regeln immer eingehalten werden, müssen eine regelmäßige Sicherheitsunterweisungen erfolgen. Nachfolgend ist eine entsprechende Betriebsanweisung gezeigt:

Schule:	Betriebsanweisung gem. § 14 GefStoffV	freigegeben (Unterschrift Schulleitung):
Betriebsanweisung für Schülerinnen und Schüler		
Arbeitsbereich: Die Betriebsanweisung gilt für Schüler/-innen, die mit gefährlichen Stoffen und Gemischen umgehen. Sie gilt insbesondere für den Unterricht in den Fächern Biologie, Chemie, Physik, Naturwissenschaft, Technologie sowie im Fotolabor. Die gefährlichen Eigenschaften von Stoffen sind unter anderem durch Gefahrenklassen und Gefahrenpiktogramme nach der CLP-Verordnung charakterisiert.		
Gefahrenpiktogramme nach GHS (Globally Harmonized System)		
 <p>Explosive Stoffe Gemische/Erzeugnisse mit Explosivstoff Selbstersetzliche Stoffe/Gemische Organische Peroxide</p>	 <p>Akute Toxizität</p>	
 <p>Entzündbare Gase, Aerosole, Flüssigkeiten und Feststoffe Selbstersetzliche Stoffe/Gemische Selbsterhitzungsfähige Stoffe/Gemische Stoffe/Gemische, die mit Wasser entzündbare Gase entwickeln Pyrophore Flüssigkeiten/Feststoffe Organische Peroxide</p>	 <p>Gesundheitliche Schäden Akute Toxizität Ätz-/Reizwirkung auf die Haut Schwere Augenschädigung/-reizung Sensibilisierung der Atemwege oder der Haut Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition)</p>	
 <p>Brandfördernd Oxidierende Gase, Flüssigkeiten und Feststoffe</p>	 <p>Gesundheitsgefahr Sensibilisierung der Atemwege o. Haut Krebserzeugend (carcinogen) Erbgutverändernd (mutagen) Reproduktionstoxizität Spezifische Zielorgan-Toxizität Aspirationsgefahr</p>	
 <p>Komprimierte Gase Unter Druck stehende Gase</p>	 <p>Umweltgefährlich Gewässergefährdend</p>	
 <p>Ätzend Ätz-/Reizwirkung auf die Haut Schwere Augenschädigung/-reizung Korrosiv gegenüber Metallen</p>	 <p>Achtung! Die Ozonschicht schädigend</p>	
Gefahren für Mensch und Umwelt		
<p>Es gibt Hinweise auf die besonderen Gefahren sowie Sicherheitsratschläge für Gefahrstoffe. In den H-Sätzen (H = Hazard Statement) sind die Gefahrenhinweise, in den P-Sätzen (P = Precautionary Statement) die Sicherheitsratschläge zusammengefasst. Die H- bzw. P-Sätze findet man u. a.</p> <ul style="list-style-type: none"> • auf den Etiketten der Chemikalienbehälter und im Sicherheitsdatenblatt, • auf entsprechenden Wandtafeln. 		

Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln

Die Fachräume dürfen nicht ohne Aufsicht der Lehrerin oder des Lehrers betreten werden. Wegen der besonderen Gefahren ist hier ein umsichtiges Verhalten notwendig. Den Anweisungen der Fachlehrerin oder des Fachlehrers ist unbedingt Folge zu leisten.

- In Experimentierräumen nicht essen, trinken, rauchen, schminken oder schnupfen.
- Geräte, Chemikalien, Schaltungen nicht ohne Aufforderung durch die Fachlehrkraft berühren.
- Elektrische Energie oder Gas nur nach Aufforderung durch die Fachlehrkraft einschalten.
- Offene Gashähne, Gasgeruch, beschädigte Steckdosen und Geräte oder andere Gefahrenstellen der Lehrerin oder dem Lehrer sofort melden.

Beim Experimentieren

- Die Versuchsvorschriften müssen genau befolgt werden, die Hinweise der Fachlehrkräfte beachten.
- Versuche erst nach Aufforderung der Fachlehrkraft durchführen.
- Die ausgehändigte Schutzausrüstung (z. B. Schutzbrille, Schutzhandschuhe) muss beim Experimentieren benutzt werden.
- Beim Umgang mit offenen Flammen (z. B. Brenner) sind z. B. lange Haare und Kleidungsstücke so zu tragen, dass sie nicht in die Flamme geraten können.
- Geruchsproben nur nach Aufforderung der Fachlehrkraft vornehmen.
- Das Pipettieren mit dem Mund ist verboten.



Die Reinigung und Entsorgung von Chemikalien

Chemikalien nicht in den Abfluss gießen. Die Gefahrstoffe werden gesammelt und entsorgt. Nur wenn die Fachlehrkraft ausdrücklich darauf verweist, darf von dieser Regel abgewichen werden. Werden Gefahrstoffe verschüttet oder verspritzt, ist dies der Fachlehrkraft sofort zu melden.

Verhalten in Gefahrensituationen

- Ruhe bewahren und den Anweisungen der Lehrkraft folgen. Je nach Art der Situation:
- Not-Aus betätigen,
- Fachlehrerin oder Fachlehrer unverzüglich informieren,
- Flucht- und Rettungsplan, Alarmplan beachten,
- Fachraum verlassen,
- Erste Hilfe leisten,
- Schulleitung und Ersthelfer informieren.



Notausgang

Nur bei Entstehungsbränden (je nach Ausmaß) zusätzlich :

- Brandbekämpfung mit geeigneten Löschmitteln (Lösssand, Feuerlöscher),
- erforderlichenfalls Feuerwehr verständigen.

Standorte: Feuerlöscher: _____ Löschsand: _____



Erste Hilfe

Aushang im Raum _____ beachten.
Ersthelfer/-innen sind: _____

Erste-Hilfe-Raum: Raum Nr. _____ Sekretariat/Schulleitung: Telefon-Nr. _____

Verbandkasten: Raum Nr. _____ Feuerwehr/Rettungsdienst: Telefon-Nr. 112



Telefon: Raum Nr. _____ Giftnotzentrale: Telefon-Nr. 089 / 19240

Datum: _____ Unterschrift Schüler: _____

ALLES VERSTANDEN?

Folgendes Etikett ist auf einem Gefäß aufgebracht:

1. Wofür stehen H- und P-Sätze?
2. Welche Gefahren gehen von dieser Chemikalie aus und welche Sicherheitsaspekte sind zu beachten?
3. Es wurde aus Versehen etwas von dieser Chemikalie verschüttet. Wie gehen Sie vor?
4. Einiges an Chemikalien wurde aus dem Gefäß genommen, wird aber nicht mehr benötigt. Was machen Sie mit den Resten?

Gefahr	Calciumhydroxid
	H315, H318, H335
	P260, P280 P305 + P351 + P338

1.2 Experimente planen und durchführen

Nach der Bearbeitung dieses Abschnitts können Sie

- die wichtigsten Laborgeräte benennen.
- den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg beschreiben, um Experimente zu planen.
- Versuche richtig protokollieren und die gewonnenen Daten darstellen.

1.2.1 Laborgeräte

Im Schullabor werden für die Versuche spezielle Chemiegeräte verwendet. Vor dem Experiment müssen alle benötigten Laborgeräte bereitgestellt werden. Es kann nur dann erfolgreich verlaufen, wenn diese sauber und in einem einwandfreien Zustand sind. Nach dem Versuch werden diese umgehend gründlich gereinigt und sicher aufbewahrt. In Schulversuchen müssen oftmals Chemikalien abgemessen oder bestimmte physikalische Größen bestimmt werden.

Mengenmessgeräte:

Die Masse in Gramm (g) oder Kilogramm (kg) wird mithilfe einer Waage ermittelt, eine solche Mengenangabe erfolgt in der Regel bei Feststoffen, seltener bei Flüssigkeiten bzw. Lösungen. Bei einer „Spatelspitze“ wird der Spatel vorne einen Zentimeter mit dem Feststoff bedeckt, bei der Angabe ein „Spatel“ wird die Schaufel des Spatels voll bedeckt. Diese in Versuchsanleitungen oft verwendeten Angaben sind weniger exakt und bei Kleinstmengen üblich.

Volumenmessgeräte

Das Volumen wird im Schullabor für Flüssigkeiten oder Gase in Liter (l) oder in Milliliter (ml) angegeben. Dabei gilt: 1000 ml = 1,000 l.

Eine recht grobe Abschätzung des Volumens kann mit einem Becherglas oder Erlenmeyerkolben erfolgen (Bild 1). Zum genauen Abmessen sind die Glasgeräte allerdings nicht geeignet. Das Becherglas ist ein einfaches Glasgefäß, welches beispielsweise zum Zusammengießen oder auch zum Erhitzen von Flüssigkeiten verwendet wird. Der Erlenmeyerkolben wird wegen dem verjüngenden Hals zum Rühren oder Schwenken von Flüssigkeiten verwendet, er eignet sich gut zum Erhitzen von Flüssigkeiten.

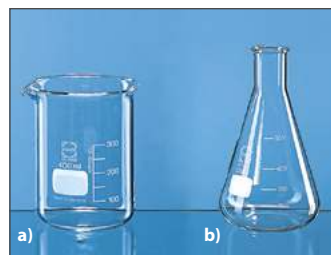


Bild 1: a) Becherglas, b) Erlenmeyerkolben

Um Volumina genauer abzumessen, sind andere Messgeräte besser geeignet. Sehr schnell, aber immer noch recht ungenau, kann ein bestimmtes Volumen mit einem Messzylinder (Bild 1) abgemessen werden. Da dieser aber einen relativ großen Zylinderdurchmesser hat, ist ein exaktes Arbeiten hier nicht möglich, da eine kleine Änderung des Volumens hier kaum zu erkennen ist.

Wird ein bestimmtes Volumen benötigt, um beispielsweise eine Maßlösung herzustellen, oder um eine Lösung auf eine bestimmte Konzentration zu verdünnen, dann eignen sich die bauchigen Messkolben (Bild 1).

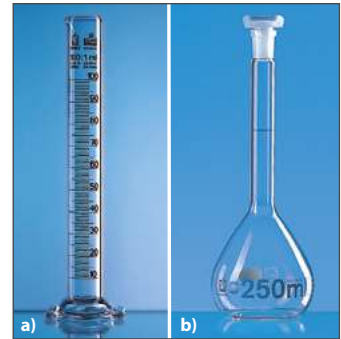


Bild 1: a) Messzylinder, b) Messkolben

Messzylinder und Messkolben sind auf „In“ geeicht. Das bedeutet, in dem Gefäß ist exakt das entsprechende Volumen (bei angegebener Temperatur und Messtoleranz), beim Ausgießen verbleibt immer ein kleiner Rest im Gefäß.

Dem gegenüber stehen Messgeräte, die diesen Rückstand berücksichtigen und auf „Ex“ geeicht sind. Dazu gehören Büretten, Messpipetten oder Vollpipetten (Bild 2).

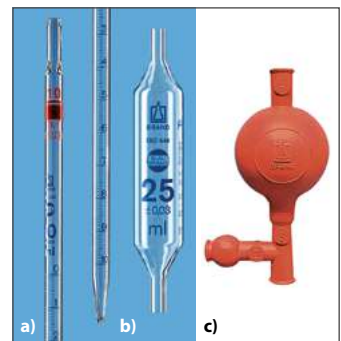


Bild 2: a) Messpipette, b) Vollpipette, c) Peleusball

Um mit einer Messpipette ein gewünschtes Volumen abzumessen, wird die Flüssigkeit mit einem Hilfsmittel wie dem Peleusball (Bild 2) aufgezogen und die gewünschte Menge eingestellt. Nach dem Abgeben des Volumens wird noch eine kurze Zeit gewartet und dann die Spitze abgestreift. Keinesfalls darf der verbleibende Rest „ausgeblasen“ werden, das sehr genaue Messinstrument berücksichtigt diese Menge. Für das exakte Abmessen eines bestimmten, vorgegebenen Volumens eignet sich die bauchige Vollpipette.

Pipetten sind auf „Ex“ geeicht, Reste nicht „ausblasen“.

Bei allen Volumenmessgeräten (Bild 4) bildet die Flüssigkeit in den Gefäßwänden eine gewölbte Oberfläche, den so genannten Meniskus, aus. Dieser ist an der Gefäßwand höher als in der Mitte. Das Volumen wird korrekt am tiefsten Punkt abgelesen, an dem die Markierung gerade berührt wird (Bild 3). Das Auge muss dabei auf der Höhe der Markierung sein. Manche Geräte haben zur Erleichterung einen Schellbachstreifen, eine etwa 1 mm breite farbige Markierung. Durch den Meniskus ergibt sich der Eindruck zweier aufeinander stehenden Spitzen. Hier gilt: der Berührungspunkt markiert das Volumen.

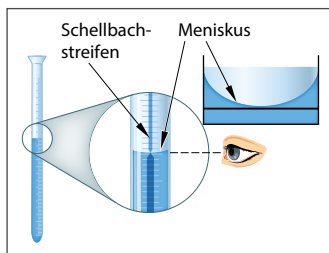


Bild 3: Volumen richtig ablesen

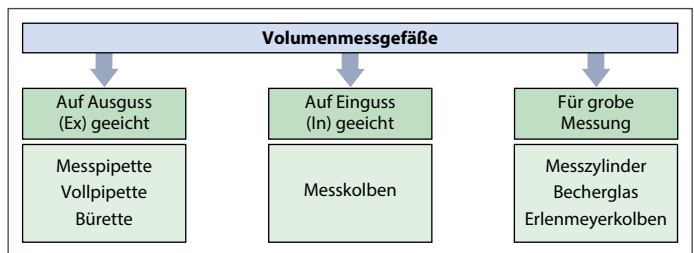
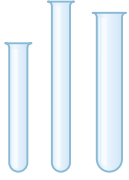


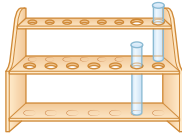
Bild 4: Übersicht der Volumenmessgeräte

Übersicht über wichtige Laborgeräte

Glasgeräte



Reagenzgläser



Reagenzglasgestell



Bechergläser



Stehkolben



Rundkolben



Messkolben



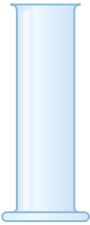
Erlenmeyerkolben
enghalsig



weithalsig



Messzylinder



Standzylinder



Filtrier-
nutsche



Filtrierflasche



Wägegglas



Kristallisierschale



Pneumatische Wanne



Uhrglas



Abdampfschale



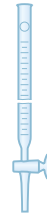
Trichter



Mess-
pipette



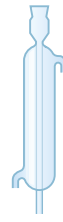
Tropf-
pipette



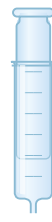
Bürette



Thermo-
meter

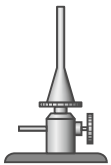


Liebig-
kühler

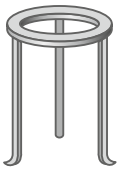


Kolben-
prober

Geräte aus Metall, Porzellan, Holz, Kunststoff



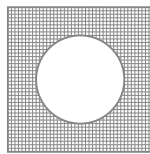
Gasbrenner



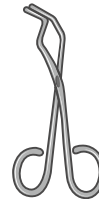
Dreifuß



Tondreieck



Drahtnetz



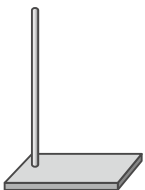
Tiegelzange



Reagenz-
glashalter



Verbren-
nungslöffel



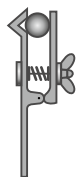
Stativ



Stativring



Doppel-
muffe



Stativklemme



Spritzflasche



Porzellan-
schiffchen



Spatellöffel



Reibschale
mit Pistill

1.2.2 Der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg

Bei einem Rezept für einen Rührkuchen findet sich in der Zutatenliste Backpulver (Tabelle 1). Wozu ist das Backmittel überhaupt notwendig? Um diese Frage zu beantworten, kann man einfach Kuchen backen, einen mit Backpulver und einen ohne. Dann wird auch ersichtlich, weshalb das Pulver auch als Triebmittel bezeichnet wird. Ohne Backpulver geht der Kuchen nicht so schön auf, die Poren bilden sich nicht aus, das Gebäck wird recht fest.

Das einfache Backexperiment beantwortet die Frage durch Beobachtung. Auch die Fakten belegen, mit Backpulver erreicht der Kuchen eine Höhe von ca. 10 cm, ohne nur ca. 7 cm.

Bei einem Experiment wird beobachtet, es werden Daten und Fakten gesammelt.

Tabelle 1: Zutatenliste Rührkuchen

200 g	Mehl
170 g	Butter
170 g	Zucker
1 Pck.	Vanillezucker
3	Eier
1 Pck.	Backpulver
2 EL	Milch
1 Prise	Salz
bei 180 °C ca. 45 min	

Allerdings könnten sich aus der Beobachtung heraus weitere Fragestellungen ergeben: Ist tatsächlich das Backpulver alleine für das Aufgehen des Kuchens verantwortlich? Weshalb geht der Kuchen auf? Woraus besteht Backpulver? Welchen Einfluss hat die Temperatur auf das Aufgehen des Kuchens?

Für weitere Experimente sollte eine klare Fragestellung und ein entsprechender Lösungsansatz formuliert werden. Dies dient dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg (Bild 1), welcher ein fortlaufender Prozess ist.

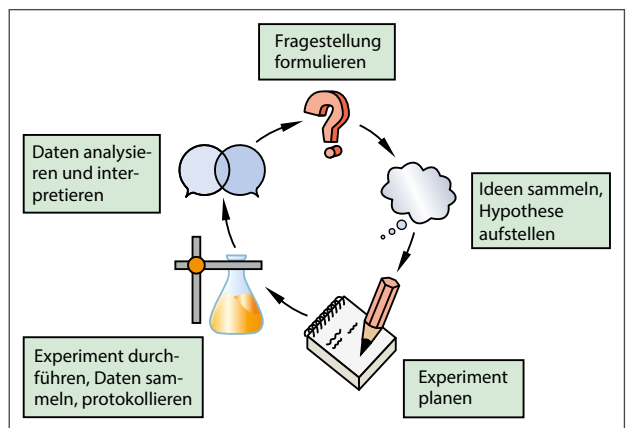


Bild 1: Der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg

Auf Grundlage der Fragestellung wird eine Hypothese formuliert, worauf ein entsprechendes Experiment geplant und durchgeführt wird. Durch Beobachten, Fakten auswerten und Interpretieren wird die getroffene Annahme überprüft, sie kann angepasst, bestätigt oder widerlegt werden. Im letzteren Fall muss dann eine neue Hypothese aufgestellt werden. Naturwissenschaftliches Arbeiten beinhaltet somit folgende Punkte:

- Ein alltägliches oder technisches Phänomen beobachten, Fakten sammeln.
- Eine Frage- oder Problemstellung formulieren.
- Dazu eine passende Hypothese aufstellen.
- Einen Versuch entwickeln, um diese Hypothese zu testen.
- Den Versuch durchführen, beobachten und Fakten sammeln.
- Daten analysieren und interpretieren.
- Die Hypothese anpassen oder die Hypothese verwerfen und eine neue aufstellen.

Es kommt vor, dass die Fragestellung nicht beantwortet werden kann. Das kann an der Hypothese liegen, an der Methodik (ungeeigneter Versuch) oder an der Fragestellung selbst. Dann sollte diese angepasst oder anders formuliert werden.

Je nach Zielgruppe kann die Fragestellung und die entsprechende Hypothese unterschiedlich ausfallen.

ALLES VERSTANDEN?

1. Beschreiben Sie den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg.
2. Weshalb ist eine falsche Hypothese für den Naturwissenschaftler nicht problematisch?
3. Welche Stellung hat das Experiment im naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg?

1.2.3 Versuche protokollieren

Damit ein Experiment ausgewertet und reproduzierbar ist, muss es protokolliert werden. Ein überlegtes Vorgehen und das Notieren aller wichtigen Daten sowie die Durchführung aller Arbeitsschritte gewährleisten dies. Ein Versuchsprotokoll beinhaltet folgende Punkte:

- Frage- bzw. Problemstellung und eine entsprechende Hypothese als Grundlage des Experiments.
- Eine Auflistung aller benötigten Geräte sowie der verwendeten Chemikalien mit entsprechenden Mengenangaben.
- Bei der Verwendung von Gefahrstoffen: Informationen über das Gefahrenpotenzial, sowie Sicherheitsvorkehrungen (H- und P-Sätze).
- Versuchsanleitung sowie eine Skizze des Versuchsaufbaus.
- Notizen über die gemachten Beobachtungen während des Versuchs.
- Auswertung auch mithilfe von geeigneten Quellen.
- Entsorgungshinweise der Reaktionsprodukte.

Beispiel: Löslichkeit eines Salzes in Wasser

Der Salzgehalt des Toten Meeres liegt bei etwa 30 %. Tatsächlich ist der Name irreführend, da per Definition als Meer die zusammenhängende Wassermasse der Erde bezeichnet wird. Das Tote Meer ist ein abflussloser See, der hauptsächlich vom Jordan gespeist wird. Das Wasser verdunstet im trockenen Wüstenklima und die Mineralien bleiben zurück, so erklärt sich der hohe Salzgehalt. Dies kann man gut am Ufer beobachten, hier kristallisiert sogar Salz aus, sodass sich an einigen Stellen eine regelrechte Salzkruste bildet (Bild 1).



Bild 1: Salz kristallisiert an der Küste des Toten Meeres

Aus diesem Naturphänomen lassen sie etliche Fragestellungen ableiten, eine könnte lauten: Wie viel Salz ist in Wasser löslich? Zunächst soll das Salz Natriumchlorid betrachtet werden.

Eine Hypothese könnte lauten, dass die Löslichkeit von Natriumchlorid in Wasser von der Temperatur abhängt, je wärmer das Wasser, desto mehr von dem Salz löst sich. Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten, dies im Experiment zu untersuchen. So schlägt beispielsweise eine Gruppe vor, zunächst bei Raumtemperatur nach und nach und unter ständigem Wiegen das Salz zuzugeben, bis sich gerade nichts mehr löst. Eine andere Gruppe schlägt vielleicht vor, zunächst eine gesättigte Lösung herzustellen, diese zu filtrieren und anschließend einzudampfen.

Der Versuch wird anschließend bei unterschiedlichen Wassertemperaturen wiederholt. Nach Abschluss der Versuchsreihe wird das Ergebnis betrachtet, die Daten ausgewertet und interpretiert. Dabei erkennt man die Notwendigkeit, die gelöste Masse des Salzes im Verhältnis zur Wassermenge zu betrachten, da ansonsten keine Vergleichbarkeit möglich ist (Kapitel 1.2.4). Nach einer Fehleranalyse wird die Hypothese erweitert und auf ein anderes Salz (z. B. KBr, KCl oder NaNO_3) übertragen. Weitere Versuche schließen sich an.

Name: _____

Datum: _____

Protokoll: Wie viel Salz löst sich in Wasser?

Annahme: Die Löslichkeit von Kochsalz ist temperaturabhängig, nimmt mit steigender Wassertemperatur zu. Dazu wird zunächst das Lösevermögen von Wasser bei Raumtemperatur ermittelt. Anschließend wird der Versuch bei einer Wassertemperatur von 40 °C, 60 °C und 80 °C wiederholt.

Geräte:

- Becherglas (250 ml)
- Thermometer
- Heizplatte mit Magnetrührer
- Waage
- Filter mit Filterpapier
- Dreifuß mit Drahtnetz
- Abdampfschale
- Gasbrenner

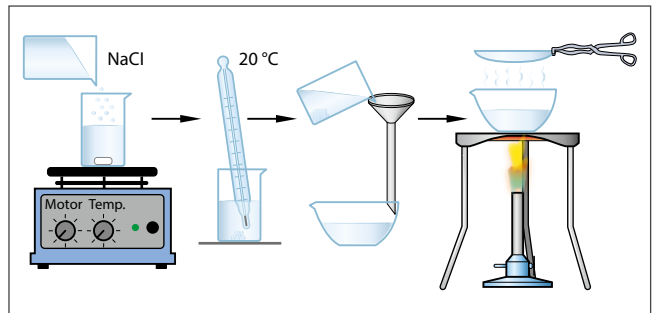


Bild 1: Bestimmung der Löslichkeit von Kochsalz in Wasser

Chemikalien:

- Natriumchlorid
- destilliertes Wasser

Sicherheitshinweise

Keine Gefahrenpiktogramme nach GHS, keine H- und P-Sätze, Vorsicht beim Erwärmen, Schutzbrille tragen.

**Versuchsdurchführung:**

In ein Becherglas werden 100 ml Wasser gegeben und die Temperatur gemessen. In das andere Becherglas werden 50 g Natriumchlorid gegeben. Unter ständigem Rühren so lange Kochsalz in 5,0-g-Portionen in das Wasser zugeben, bis sich ein Bodensatz bildet, der sich nicht mehr löst, die Lösung ist gesättigt. Erneut die Temperatur messen.

Abdampfschale wiegen, die gesättigte Lösung in die Abdampfschale filtrieren. Auf dem Drahtnetz das Wasser abdampfen, das Salz verbleibt in der Lösung. Um ein Verspritzen des Salzes zu vermeiden, hält man zum Ende hin ein Uhrglas über die Schale. Nach dem Abkühlen wird die Schale erneut gewogen.

Beobachtung: Die leere Abdampfschale wiegt 108,7 g.

Bei Zugabe von 35 g Salz löst es sich noch vollständig in dem 21 °C warmen Wasser; bei 40 g verbleibt trotz ständigem Rühren ein Bodensatz. Nach dem Filtrieren ist in der Abdampfschale eine klare Flüssigkeit. Im Laufe des Abdampfens wird die Flüssigkeit weniger, es bilden sich weiße Kristalle am Rand der Schale. Gegen Ende fängt es zu spritzen an, eine weiße, harte und spröde Substanz bleibt zurück. Die Abdampfschale mit dem Salz wiegt 144,5 g.

Bei 40 °C wiegt die Abdampfschale mit dem Salz 144,5 g, bei 60°C 145,0 g und bei 80 °C 147,1 g.

Auswertung: Die Löslichkeit von Kochsalz nimmt mit steigender Temperatur nur unwesentlich zu.

Temperatur	21 °C	60°C	80 °C
Löslichkeit in g/100 ml	35,8	36,3	38,4

Entsorgung: Ausguss

1.2.4 Fachspezifische Informationen darstellen

Bei der Auswertung der Versuchsdaten sollte bereits im Protokoll auf eine geordnete und strukturierte Darstellung geachtet werden.

So bietet sich bei einer Messreihe eine tabellarische Darstellungsform an, um gegebenenfalls einen Trend zu erkennen. Auch die Verwendung einer festen Bezugsgröße (z. B. in g/100 ml) ist notwendig, denn die Aussage „In 20 °C warmem Wasser lassen sich 358 g lösen“ ist ohne Angabe der Wassermenge wenig hilfreich. Zur Vergleichbarkeit einigt man sich im Vorfeld auf die entsprechende Bezugsgröße.

Noch deutlicher wird ein Trend, wenn die Daten grafisch dargestellt werden. Im Beispiel wird die Löslichkeit von verschiedenen Salzen untersucht. Eine Tabelle wirkt recht unübersichtlich (Tabelle 1), die Graphen zeigen auf dem ersten Blick: Die Löslichkeit der meisten Salze in Wasser nimmt mit steigender Temperatur zu (Bild 1), nur bei wenigen hat die Temperatur kaum einen Einfluss darauf.

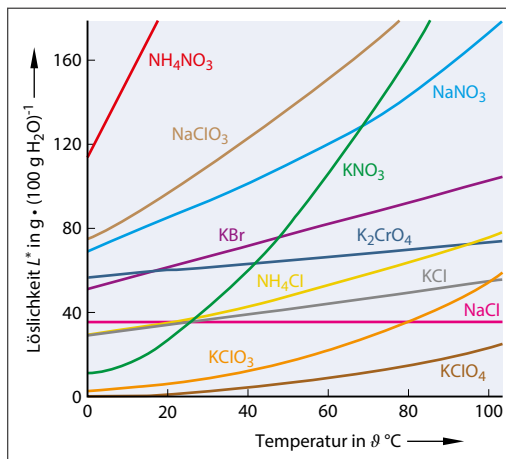


Bild 1: Die Löslichkeit von Salzen in Wasser in Abhängigkeit der Temperatur

Zu der fachspezifischen Darstellung gehören in der Chemie auch die Symbole, Formeln und das Reaktionsschema.

Tabelle 1: Die Löslichkeit ausgewählter Salze in Wasser in Abhängigkeit der Temperatur

ϑ in [°C]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
NaCl in [g/100 ml]	35,65	35,72	35,89	36,09	36,37	36,69	37,04	37,46	37,93	38,47	38,99
KBr in [g/100 ml]	53,6	59,5	65,3	70,7	75,4		85,5		94,9	99,2	104
KCl in [g/100 ml]	28	31,2	34,2	37,2	40,1	42,6	45,8		51,3	53,9	56,3

Das Internationale Einheitensystem (SI)

Um über die physikalischen Größen wie Masse oder Volumen Aussagen treffen zu können, müssen die Angaben immer in einem Bezug zu einer festgelegten Größe getroffen werden. Damit die Zahlenwerte über die Ländergrenzen hinaus vergleichbar sind, wurde 1960 das internationale Einheitensystem SI (frz. système international d'unités) eingeführt.

Das SI-System ist ein metrisches und dezimales System mit sieben Basiseinheiten.

Tabelle 2: SI-Basiseinheiten

Größe	Formelzeichen	Einheitenzeichen	Einheit
Masse	m	kg	Kilogramm
Stoffmenge	n	mol	Mol
Temperatur	T	K	Kelvin
Länge	l	m	Meter
Zeit	t	s	Sekunde
Stromstärke	I	A	Ampere
Lichtstärke	I_v	cd	Candela

Die SI-Einheiten (Tabelle 2) sind auf sieben Basiseinheiten festgelegt; jeder Einheit werden ein Einheitszeichen und ein Formelzeichen zugewiesen. Alle weiteren Maßeinheiten lassen sich von den SI-Einheiten ableiten.