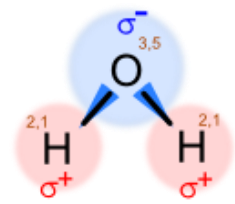
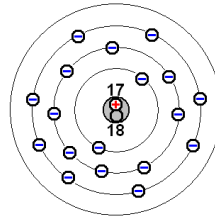
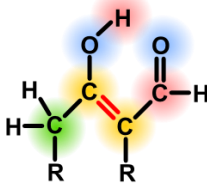


Chemie++ 7/8

- Stoffe, Reaktionen und Erklärungen -

Autor: L. Drews



Diethylzink
EG-Nr.: 209-191-3; EG-Kennzeichnung: CAS: 557-20-0
2009
Entzündet sich in Berührung mit Luft von selbst. In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase, die sich spontan entzünden können. Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.
Reagiert heftig mit Wasser.
Von Hitze / Funken / offener Flamme / heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen. Freisetzung in die Umwelt vermeiden. Schutzhandschuhe / Schutzkleidung / Augenschutz / Gesichtsschutz tragen. BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser ausspülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter ausspülen. Bei Exposition oder Unwohlsein: Sofort GIFTINFORMATIONSCENTRUM oder Arzt anrufen.
Nur für gewerbliche Verbraucher!

Signalwort: Gefahr

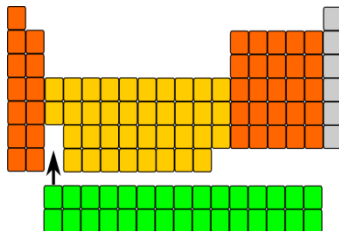
Inverkehrbringer
PLZ, Ort
Straße und Hausnummer
Telefonnummer für Unfälle



(c,p) BK_Sek1_Chem8.docx

8 15,99
3,5
O
Sauerstoff

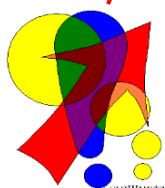
Ausgangsstoffe → **Reaktionsprodukte** ; Energieumwandlung



unredigierte Entwicklung-Version 0.11a (2024)
(aktuell mit Beachtung des neuen Lehrplan's MV)

Legende:

mit diesem Symbol werden zusätzliche Hinweise, Tips und weiterführende Ideen gekennzeichnet

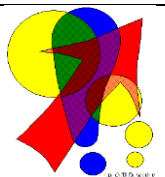
**Nutzungsbestimmungen / Bemerkungen zur Verwendung durch Dritte:**

- (1) Dieses Skript (Werk) ist zur freien Nutzung in der angebotenen Form durch den Anbieter (lern-soft-projekt) bereitgestellt. Es kann unter Angabe der Quelle und / oder des Verfassers gedruckt, vervielfältigt oder in elektronischer Form veröffentlicht werden.
- (2) Das Weglassen von Abschnitten oder Teilen (z.B. Aufgaben und Lösungen) in Teildrucken ist möglich und sinnvoll (Konzentration auf die eigenen Unterrichtsziele, -inhalte und -methoden). Bei angemessen großen Auszügen gehört das vollständige Inhaltsverzeichnis und die Angabe einer Bezugsquelle für das Originalwerk zum Pflichtteil.
- (3) Ein Verkauf in jedweder Form ist ausgeschlossen. Der Aufwand für Kopierleistungen, Datenträger oder den (einfachen) Download usw. ist davon unberührt.
- (4) Änderungswünsche werden gerne entgegen genommen. Ergänzungen, Arbeitsblätter, Aufgaben und Lösungen mit eigener Autorenschaft sind möglich und werden bei konzeptioneller Passung eingearbeitet. Die Teile sind entsprechend der Autorenschaft zu kennzeichnen. Jedes Teil behält die Urheberrechte seiner Autorenschaft bei.
- (5) Zusammenstellungen, die von diesem Skript - über Zitate hinausgehende - Bestandteile enthalten, müssen verpflichtend wieder gleichwertigen Nutzungsbestimmungen unterliegen.
- (6) Diese Nutzungsbestimmungen gehören zu diesem Werk.
- (7) Der Autor behält sich das Recht vor, diese Bestimmungen zu ändern.
- (8) Andere Urheberrechte bleiben von diesen Bestimmungen unberührt.

Rechte Anderer:

Viele der verwendeten Bilder unterliegen verschiedensten freien Lizenzen. Nach meinen Recherchen sollten alle genutzten Bilder zu einer der nachfolgenden freien Lizenzen gehören. Unabhängig von den Vorgaben der einzelnen Lizenzen sind zu jedem extern entstandenen Objekt die Quelle, und wenn bekannt, der Autor / Rechteinhaber angegeben.

public domain (pd)	Zum Gemeingut erklärte Graphiken oder Fotos (u.a.). Viele der verwendeten Bilder entstammen Webseiten / Quellen US-amerikanischer Einrichtungen, die im Regierungsauftrag mit öffentlichen Mitteln finanziert wurden und darüber rechtlich (USA) zum Gemeingut wurden. Andere kreative Leistungen wurden ohne Einschränkungen von den Urhebern freigegeben.
gnu free document licence (GFDL; gnu fdl)	
creativecommons (cc) 	 od. neu  ... Namensnennung  ... nichtkommerziell  ... in der gleichen Form  ... unter gleichen Bedingungen
Die meisten verwendeten Lizenzen schließen eine kommerzielle (Weiter-)Nutzung aus!	

**Bemerkungen zur Rechtschreibung:**

Dieses Skript folgt nicht zwangsläufig der neuen **ODER** alten deutschen Rechtschreibung. Vielmehr wird vom Recht auf künstlerische Freiheit, der Freiheit der Sprache und von der Autokorrektur des Textverarbeitungsprogramms microsoft® WORD® Gebrauch gemacht.
Für Hinweise auf echte Fehler ist der Autor immer dankbar.

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
0. Vorwort	9
0.1. Vorwort an die Lernenden	10
0.2. zusätzliches Vorwort an Begleitende und Lehrende	11
x. Einführung – Was ist Chemie?	14
x.1. Wo kommt Chemie vor, was haben wir überhaupt mit Chemie zu tun?	18
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	18
x.2. Einordnung der Chemie	23
Definition(en): Chemie	25
x.2.1. Teilbereiche der Chemie	28
x.3. Bedeutung der Chemie in unserer heutigen Welt	29
x. Einstieg in das naturwissenschaftliche Experimentieren	30
x.0. Was ist wissenschaftliches Experimentieren?	30
x.1. Protokollieren von Experimenten	30
x.1.1. Wozu dienen Protokolle?	30
x.1.2. Minimal-Angaben für ein Kurz-Protokoll	30
x.1.3. das vollständige Protokoll für wissenschaftliche Experimente	31
x.1.3.1. Abschnitte eine vollständigen Protokoll's	31
x.1.3.2. Protokoll-Kopf	31
x.1.3.3. Aufgabenstellung	31
x.1.3.4. Vorbetrachtungen	31
x.1.3.5. Versuchsaufbau und Durchführung	31
x.1.3.6. Beobachtungen	32
x.1.3.7. Auswertung / Ergebnisse	32
x.1.3.8. Fehlerbetrachtungen	32
x.1.3.9. Abschluss / Protokoll-Fuß	32
x.y. Experimente zur Teig-Herstellung	33
Es gärt gewaltig	33
x. Stoffe und ihre Eigenschaften	39
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	39
x.1. Geräte und Materialien in der Chemie	41
x.y. Stoffe aus unserer Lebenswelt	45
Definition(en): Gegenstände	45
Definition(en): Körper	45
Definition(en): Stoff	47
Definition(en): Chemikalien	47
x.0. Verhalten beim Experimentieren	54
Wichtige Verhaltens-Regeln in der Chemie / im Chemie-Unterricht	54
Arbeiten mit einem Brenner	58
Aufbau des Brenners	58
Umgang mit dem Gas-Brenner	60
Untersuchung von Stoffen	63
Definition(en): Stoff-Probe / Stoff-Portion	63
Definition(en): Dichte	64
Definition(en): Stoff-Gemisch	67
Definition(en): Rein-Stoff / reiner Stoff	72
x. erste Vorstellungen zum Bau der Stoffe – das Teilchen-Modell	78
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	78
x.y. erste frühe Vorstellungen vom Fein-Bau der Stoffe	78
Definition(en): Modell	80
Definition(en): Teilchen-Modell	80
Definition(en): Teilchen	81
x.y.z. Bau der Atome aus Elementar-Teilchen	83
Definition(en): Atome	84
Definition(en): Modell	84

Definition(en): Moleküle	88
Definition(en): Chemie	88
x.y. wichtige Eigenschaften von Stoffen	89
Farbe und Glanz	90
Aggregatzustand	92
Dichte	98
Definition(en): Dichte	98
Zähigkeit / Härte	102
Schmelz- und Siedetemperatur	104
Löslichkeit	105
Brennbarkeit	107
Definition(en): Brennbarkeit	107
Geruch	108
Geschmack	109
Wärmeleitfähigkeit	110
Definition(en): Wärmeleitfähigkeit	110
elektrische Leitfähigkeit	112
Definition(en): elektrische Leitfähigkeit	113
Giftigkeit / Toxizität	115
Magnetismus	115
???	115
x.y. Charakterisierung von Stoffen	116
Methode: Aufstellen eines Steckbriefes	116
"Die Polizei sucht ..." (kriminalistische Chemie)	119
Wer bin ich?	120
x. Stoffgemische und ihre Trennung	123
x.y. Dekantieren	124
x.y. Filtern / Filtrieren	124
x.y. Extraktion	125
x.y. Eindampfen (Verdunsten)	127
x.y. Destillieren	127
x.y. Zentrifugieren (Schleudern)	129
x.y. Adsorbieren	130
Definition(en): Adsorption	130
x.y. Chromatographie	132
Definition(en): Chromatographie	133
Exkurs: ein Gebirgsfluss als Modell für die Chromatographie	133
x.y. quantitative Betrachtungen von Stoffgemischen	137
Massen-Anteil	137
Volumen-Anteil	137
Exkurs: Protokolle – Berichte über Experimente	138
x. chemische Reaktionen	140
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	140
Definition(en): chemische Reaktion (Kenntnisstand 7./ 8.Klasse)	143
Definition(en): chemische Gleichung	144
Wortgleichung	144
Definition(en): Wortgleichung	145
Elemente und Verbindungen - Symbole und Formeln	149
Definition(en): Element (vorläufige Definition)	149
Definition(en): chemisches Symbol	149
Exkurs: extravagante Element-Symbole	150
Definition(en): Verbindung	151
Definition(en): chemische Formel	151
x. verfeinerte Modelle vom Atom-Bau	153
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	153
Exkurs: die Größe von Atomen	155
chemische Elemente	159
Woher haben die chemischen Elemente ihre Namen?	159
Materialien (z.B. für flipped classroom)	163

x. das Periodensystem der Elemente	165
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	165
Zusammenfassung:	168
Was kann man aus dem PSE über ein Element ablesen?	168
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	171
Materialien (z.B. für flipped classroom)	172
x. Metalle.....	173
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	173
Definition(en): Metall	174
Definition(en): chemisches Element.....	177
Definition(en): Metall-Bindung.....	177
Definition(en): Kristall.....	178
Definition(en): Bindung	180
Definition(en): Metall-Bindung.....	180
x.y. reine Metalle und Legierungen.....	182
Definition(en): reines Metall	182
Definition(en): Legierung	182
x.y.z. Münz-Metalle	186
Exkurs: Wiederholung Teilchen- und Atom-Modell	187
x.y. chemische Eigenschaften der Metalle.....	190
x. Nichtmetalle	194
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	194
x.y.z. Kohlenstoff.....	195
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	195
Graphit	197
Diamant.....	197
Fullerene	198
Graphen	198
Definition(en): Modifikationen	199
x.y.z. Sauerstoff	201
x.y.z. Schwefel	201
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	201
x.y.z. Stickstoff	203
x.y.z. Phosphor	204
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	204
x. Edelgase – ganz unchemische Elemente?	205
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	205
x.y. Überblick	206
x.y. Vorkommen und Entdeckung.....	207
x.y. Atombau	207
x.y. Eigenschaften	207
x.y.z. chemische Eigenschaften	207
x.y. Edelgas-Konfiguration.....	208
Definition(en): Edelgas-Konfiguration	208
x.y. Verwendung	209
x. chemische Reaktionen.....	214
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	214
Definition(en): chemische Reaktion	217
x. Luft	218
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	218
x.y. Luft – ein Stoffgemisch.....	219
x.y.z. Allgemeines / Historisches	219
Infotext: Die Zusammensetzung der Luft I	220
x.y.z. Zusammensetzung der Luft (aktueller Wissensstand)	222
x.y.z. Eigenschaften	223
x.y.z. Verflüssigung und Zerlegung der Luft nach dem LINDE-Verfahren.....	227
x.y.z. Verunreinigung der Luft.....	230
Treibhausgase	230

x.y.z. Bedeutung der Luft	231
x.y.z. Reinhaltung der Luft.....	232
x. Stickstoff und Sauerstoff – Hauptbestandteile der Luft	235
x.y. Sauerstoff	236
x.y.z. Vorkommen	236
x.y.z. submikroskopischer Bau	237
Definition(en): Molekül	238
Definition(en): Molekül-Substanz	238
Definition(en): Atom-Bindung	239
x.y.z. Darstellung.....	239
x.y.z. Eigenschaften	243
Reaktion mit Sauerstoff - Oxidation	245
x.y.z.2. energetischer Verlauf einer Oxidation	248
Satz von der Erhaltung der Energie (VON MAYER, 1842)	250
(Energieerhaltungssatz)	250
x.y.z.3. Verlauf einer Oxidation auf Teilchen-Ebene	251
x.y.z.4. Abhängigkeit der Oxidation von äußeren Bedingungen	253
Definition(en): Verbrennung	258
Definition(en): Oxidation.....	258
Definition(en): Oxid	258
x.y.z. Nachweis von Sauerstoff	259
x.y.z. Verbrennung, Brände und Brandschutz	260
Exkurs: Feuerlöscher und ihre Verwendung	262
Ozon - giftiger Sauerstoff.....	265
Definition(en): Mesomerie	265
x.y.z. Bedeutung und Verwendung von Sauerstoff	268
Korrosion.....	270
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen.....	270
Definition(en): Korrosion	270
Materialien (z.B. für flipped classroom)	272
x.y. Stickstoff.....	273
x.y.z. Vorkommen	274
x.y.z. submikroskopischer Bau	274
x. chemisches Rechnen (I) – historische Grundgesetze	277
Gesetz von der Erhaltung der Masse (LOMONOSSOW, 1748).....	277
Gesetz der festen Massenverhältnisse (PROUST, 1794)	278
Gesetz von AVOGADRO (1811)	279
Gesetz der vielfachen Massenverhältnisse (DALTON, 1808)	280
x. Stöchiometrie – chemisches Rechnen (II)	282
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen.....	282
Definition(en): Kilogramm (SI-Einheit).....	282
die atomare Massen-Einheit u	283
die Stoffmenge n	286
Definition(en): (chemische) Stoffmenge	287
Definition(en): Mol (SI-Einheit)	287
(Stoff-)Mengen- / Verhältnis-Anteil.....	289
x.y. die molare Masse	290
Definition(en): molare Masse	290
x.y.z. das molare Volumen	292
Definition(en): molares Volumen	292
x.y. Aufstellen und Interpretieren von chemischen Formeln	294
x.y. Interpretation einer chemischen Gleichung	295
x. Metall- und Nichtmetall-Oxide	296
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen.....	296
Definition(en): Oxide	296
x.y. Metalloxide	297
Definition(en): Metalloxide.....	297
x.y.z. Bau der Metalloxide	298
Definition(en): Ionen-Bindung / Ionen-Beziehung.....	300

Bau der Kristalle	300
Definition(en): Verhältnis-Formel (Bauelement-Formel)	301
x.y.z. Formeln und Namen der Metalloxide	303
x.y.z. Bildung von Metalloxiden	305
x.y.z. häufige Eigenschaften der Metalloxide	306
x.y.z.2. Korrosion	308
x.y.z.2.1. Korrosionsschutz	308
x.y.z. Verwendung der Metalloxide	308
x.y.z.z. Pigmente von Farben	308
x.y.z.z. verschiedene Metalloxide und ihre spezielle Verwendung	309
x.y.z.z. Herstellung ausgewählter Metalle	310
x.y.z.z.1. der Hochofen-Prozess – Herstellung von Roheisen	311
x.y. ausgewählte Reaktionen von Metalloxiden und Metallen	317
x.y.z. Reaktion von Metallen mit Sauerstoff	321
x.y. Nichtmetalloxide	323
x.y.z. Oxide des Kohlenstoff	323
x.y.z.a. Kohlen(stoff)dioxid	323
x.y.z.a. Kohlen(stoff)monoxid	323
x.y.z. Oxide des Schwefel	325
x.y.z.a. Schwefeldioxid	325
x.y.z.a. Schwefeltrioxid	325
x.y.z. Oxide des Stickstoff	327
x.y.z.a. Stickstoffmonoxid	327
x.y.z.a. Stickstoffdioxid	327
x. Wasser	328
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen	329
x.1. Allgemeines zu Wasser	330
x.2. Bau des Wasser-Moleküls	331
x.3. Eigenschaften des Wassers	332
x.3.1. physikalische Eigenschaften	332
Definition(en): polare Atom-Bindung	333
Definition(en): Dipol	335
x.y.z. weitere Anomalien des Wasser	337
Exkurs: Leben auf der Erde nur wegen der Anomalien des Wasser?	342
x.3.3. Lösen von Stoffen und (wässrige) Lösungen	343
Definition(en): Diffusion	345
x.4. Wasser als chemischer Stoff	354
x.4.1. Darstellung von Wasser	354
x.4.2. Wasser als Reaktions-Produkt	356
x.4.3. Wasser als Ausgangsstoff	357
x.4.4. Wasser-Nachweis	358
x.5. Bedeutung des Wassers für den Menschen	361
x.5.1. Wasser-Aufbereitung für die Haushalte und die Industrie	363
x.5.1.1. Trinkwasser-Aufbereitung	363
x.5.2. Abwasser-Reinigung	364
x. Wasserstoff	369
x.1. Allgemeines	369
x.2. Bau des Wasserstoff-Moleküls	371
x.3. Herstellung von Wasserstoff	373
x.3.1. Darstellung im Labor	373
x.3.2. großtechnische Herstellung	374
x.3.2.1. Elektrolyse	374
Vergasung der Kohle (Wassergas-Herstellung)	374
Dampf-Reforming	375
x.4. Eigenschaften von Wasserstoff	376
x.4.1. physikalische Eigenschaften	376
x.4.2. chemische Eigenschaften	377

Definition(en): Reduktion.....	380
x.5. Verwendung von Wasserstoff	382
x.y. Wasserstoff - die Energie-Quelle der Zukunft?	385
x. Stöchiometrie (III)	390
Beziehungen zwischen den wichtigen Größen der Stöchiometrie (Minimal-Übersicht (Teil A: Einzelstoffe++).....	391
Stöchiometrie (Minimal-Übersicht (Teil B: chemische Reaktion).....	392
x. Systematisierung.....	393
x. Nachweis-Reaktionen / chemisches Praktikum	396
x. Beispiel-Lösungen zu den Aufgaben (Selbstorganisiertes Lernen) ..	397
x.y. SOL:	397
x.y. SOL: Phosphor.....	397
x.y. SOL: Wasserstoff	397
x.y. Muster-Vorlagen SOL:	398
Literatur und Quellen:	399

0. Vorwort

Zum Verständnis gehen wir bei vielen Reaktionen / Reaktions-Typen auf die wesentlichen Abläufe ein. Zur Unterstützung verwenden wir hier Formeln mit hinterlegten Farb-Kennungen. Die stehen für die Polaritäten oder für besondere "chemische" Verhältnisse.

Gleichzeitig geben wir bei den Reaktionen auch immer noch einige Hinweise oder Erläuterungen zu den Vorgängen in kursiv gesetzten Texten an. Auch sie sollen vorrangig dem genaueren Verständnis dienen.

Neutrale Verhältnisse in Bindungen werden grün gekennzeichnet. Polare Bindungen und die resultierenden Ladungs-Verhältnisse werden durch rötliche (für positiv) und bläuliche Wolken-artige Hinterlegung dargestellt. Echte Ionen, wie hier z.B. das Natrium- und das Chlorid-Ion erhalten vollgefärbte Hintergründe.

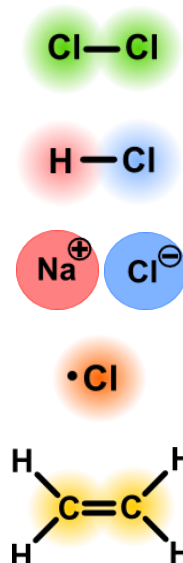
In der organischen Chemie treten häufig auch sogenannte Radikale auf. Sie zeichnen sich durch ungepaarte Elektronen (dafür steht der einzelne Punkt (•)) aus. Da sie besonders reaktiv sind, haben wir uns für eine orange Hintergrund-Wolke entschieden.

Kommen in Stoffen an bestimmten Stellen gehäuft Elektronen vor, dann zeigen wir diese mit gelblichen Wolken an. Das entspricht auch der üblichen Kennzeichnung von solchen Bindungen (sogenannte "Bananen-Bindungen"). Mehr dazu aber später.

Noch einige Hinweise zur Verwendung dieser Kennzeichnung:

Für größere organische Moleküle / Stoffe gelten einige Vereinfachungen. Die Wasserstoff-Atome bzw. deren Bindungen zum Kohlenstoff werden in den meisten Fällen einfach ignoriert. Wie der Leser noch sehen wird, ist Wasserstoff nur schmückendes Beiwerk in der organischen Chemie. Die Abbildungen würden auch zu bunt werden und damit die Übersichtlichkeit leiden. Die Ladungen usw. werden immer gleichgroß dargestellt. Das wesentlich kleinere Natrium-Ion bekommt bei uns die gleiche Kennzeichnung wie das wesentlich größere Chlorid-Ion. Wenn die Größen eine Rolle spielen dann benutzen wir andere Modelle.

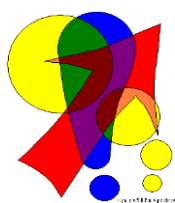
Die Farbgebung wird aber bei der Verwendung fast immer noch mal kurz erläutert.



Das Farbe-System nutzen wir auch bei der Veranschaulichung von chemischen Vorgängen auf Atom-Modell-Ebene.

Fachbegriffe und vor allem viele chemische Stoff-Namen sind echte Zungenbrecher. Wenn man bei vielen nicht weiss, wie sie in Silben zerlegt und wo betont werden muss, dann können sie zu echten Kommunikations-Hindernissen werden. Wir wollen hier eine neue Formatierung versuchen, um hier wenigstens ein wenig Abhilfe zu schaffen. Die Silben bzw. Wortstämme einzelner Fachwörter werden mit unterschiedlichen Farbtönen hinterlegt. Die besonders zu betonenden Silben – zumeist die vorletzte – werden nochmals extra eingefärbt.

Colorierung 5,7-Dichlorhexadecansäure



Aus Layout- und Aufwands-Gründen wird aber nicht jedes Fachwort und auch nicht jede Wiederholung so gestaltet. Vielmehr sollen neu eingeführte Wörter so charakterisiert werden und solche Begriffe, die lange nicht aufgetaucht sind oder nur selten benutzt werden. An Erfahrungen und Verbesserungs-Vorschlägen hinsichtlich dieser Formatierung bin ich immer interessiert.

Da ich erst in den neuen Texten ab der Version von 2012 mit dieser Formatierung anfangen, werden ältere Text-Teile diese Formatierung erst nach ihrer Überarbeitung erhalten. Ich verstehe die Formatierung auch als Hilfsmittel und nicht als obligatorisches Mittel!

Elementsymbol-orientierte Schreibung von Elementname und Verbindungen
als Kupfer / Kupfer(II)-oxid abgeleitet von Cu
auch bei Calcium, Kohlenstoff, ...

Um die jüngeren Leser nicht zu doll zu verwirren, wenn sie denn auch mit anderen Literatur-Quellen arbeiten – wovon wir ausgehen – beginnen wir erst im hinteren Teil des Skriptes damit.

0.1. Vorwort an die Lernenden

0.2. zusätzliches Vorwort an Begleitende und Lehrende

flexibler, Kosten-günstiger (vor allem als PDF im Schulnetz),
auch als eBook auf den meisten Readern nutzbar, gegen diese spricht nur die Schwarz-Weiss-Darstellung
auf modernen Tablet's - von iPad, android-Tablet bis Windows-Gerät – lassen sich die PDF-Dateien sehr komfortabel und vor allem auch in Farbe anzeigen
besonders android-Geräte sind preisgünstig zu bekommen und können noch viel, viel mehr (als die einfachen eBook-Reader)
einiger Wermuts-Tropfen ist der deutlich größere Strom-Verbrauch und die daraus resultierenden kürzen Akku-Laufzeiten bei den Tablet's

Auswahl der Seiten für eigene Lehrkonzepte möglich und im Sinne dieses Skriptes
deshalb öfter Seitenumbrüche, besonders vor Spezial-Themen
bei eigenen Ausdrucken oder Auswahlen können unerwünschte Seiten einfach weggelassen werden

Alternative zum traditionellen Lehrbuch
Erklärungen anders, umfassender, naturwissenschaftlich ohne bewusste Wissenschaftsgrenzen begründet und erklärt

Material zum Nacharbeiten
mit doch etwas weiter ausholenden Texten als so manches Lehrbuch
die richtig guten **Lehrbücher** sind meiner Meinung mit BOTSCH, HÖFLING und MAUCH: Chemie in Versuch, Theorie und Übung (Diesterweg-Sauerländer Verl.) vom Markt verschwunden und in der Versenkung untergetaucht, das eine oder andere Exemplar geistert in Schulen und Antiquariats herum und sollte bei Interesse unbedingt gekauft werden
Schade, dass Naturwissenschaft der Macht der Bilder und Kurzinformationen weichen muss

Konzept des "umgekehrten Lehrbuches"
Skript bietet viele Möglichkeiten, für die Lernenden sich ein Thema zu Hause inhaltlich zu erarbeiten
erste Aufgaben können gelöst werden oder zumindestens angedeutet werden
einfache Inhalts-Kontrolle, Diskussionen, Lösung von Aufgaben, Problemstellungen usw.
dann im Unterricht

weitere innere Differenzierung durch zwei verschiedene Aufgabenniveaus umsetzbar

dagegen steht die ewige Unvollkommenheit, die wird aber von mir bewusst gelebt
nicht perfekt und Fehler-frei, eher in Arbeit und lernfähig
bietet inhaltlich und von der Fachtiefe her mehr als die typischen "auf das Bundesland zugeschnittenen" Lehrbücher der Schulbuchverlage
Spaß am Lernen, Sicht auf mehr, Erkenntnis, dass Schulwissen nur der Anfang eines unendlichen Universums ist
Spezialisierung und Differenzierung im Unterricht

es hat sich herausgestellt, dass vieles nebenbei beim Lesen aufgenommen wird und so zumindestens instinktiv in bestimmten Situationen zur Verfügung steht

man muss und kann nicht alles wissen, man sollte aber wissen, wo es steht und so gewisse erweiterte Vorstellungen haben

Grundwissen ist natürlich einfach die notwendige Basis zum Arbeiten (z.B. die extra-gestellten Definitionen)

Selbstorganisiertes Lernen

immer mehr Kapitel werden die Problemstellungen für ein Selbstorganisiertes (Selbstreguliertes / Selbstgesteuertes) Lernen (SOL, SRL, SGL) vorangestellt

Diese Fragen sollten nur verwendet werden, wenn einem selbst nicht genug einfallen oder das Thema einfach zu unbestimmt empfunden wird. Sie bieten meist einen breiten Schnitt durch die zu bearbeitenden Sachverhalte.

SOL soll im Wesentlichen die Bereiche / Abschnitte beinhalten:

Abschnitte selbstgesteuertes Lernen

- Lesen
- Üben
- Testen
- Gestalten

Ich sehe hier noch im Vorfeld die Bewußtwerdung oder Orientierung des Themen-Komplexes. Vielleicht so etwas wie ein Brainstorming um das Zusammenezutragen was schon bekannt ist und das zu vergegenwärtigen, was man erkunden möchte. Daraus sollten dann konkrete Fragen abgeleitet werden, die Orientierung für das Lesen und Üben darstellen sollten. Beim Testen sind diese Fragen und Problemstellungen dann die erste Test-Ebene, um das eigene Erarbeiten zu Prüfen. Die zweite Ebene sehe ich in Test-Fragen des Lehrers. Am Ende steht dann der reguläre Test in Form einer Leistungskontrolle. Diese dritte Test-Ebene kann aber auch besonders gut ganz ans Ende – also nach der Gestaltung – erfolgen.

Abschnitte selbstorganisierten Lernen (im Sinne dieses Skriptes)

- Orientierung
- Fragen
- Erkunden
- Üben
- Testen
- Gestalten

unabhängig von der derzeitigen Vollständigkeit der einzelnen Kapitel und der einleitenden Problemfragen für das SOL ist dieses Skript aber für diese Lernform geeignet
die Bereiche Testen und Gestalten liegen stärker in der konkreten Verantwortung und Ausgestaltung durch den "unterrichtenden" Lehrer
dieser legt fest, was (in Anlehnung an den gültigen Lehrplan) genau Inhalt des Chemie-Unterrichts ist

interessante Links:

123chemie.de (Ablaufgesteuertes Lernen, diverse Beispiele verfügbar / ausprobierbar)

lehrerfortbildung-bw.de (diverse Arbeits- und Übungs-Materialien)

<http://www.hamm-chemie.de> (diverse Arbeits- und Übungs-Materialien)

x. Einführung – Was ist Chemie?

Chemie – was ist das?

- **Chemie als Naturwissenschaft**
 - **Stoffe, deren Eigenschaften und Veränderungen**
 - **Bedeutung der Chemie**

Die Lebenswelt der Schüler ist einzubeziehen und die Chancen als die Gefahren aufzuzeigen und zu diskutieren

Aufgaben:

1. *Erstelle ein MindMap mit Deinen ersten Gedanken zum Thema Chemie!*
2. *Befrage Geschwister, Eltern, Verwandte, was sie mit Chemie allgemein und als Schulfach assoziieren! Trage diese Stichworte andersfarbig in Dein MindMap ein (oder ev. auch ein neues erstellen)!*

Was ist den hier los?

Materialien / Geräte:

5 große Reagenzgläser (RG) 1/3 gefüllt mit (1) stark verdünnter Kaliumrhodanid-Lösung; (2) 10%ige Natriumhydroxid-Lösung (); (3) Lösung von Phenol () in Wasser; (4) verdünnte Lösung von gelben Blutlaugensalz (Kaliumhexacyanoferrat(II)); (5) stark verdünnte Natriumacetat-Lösung und (6) ein größeres RG mit stark verdünnte Eisenchlorid-Lösung

Durchführung / Ablauf:

- den Reagenzgläsern 1 bis 5 wird vorsichtig Eisenchlorid-Lösung (RG 6) zugesetzt (bis zum Farbumschlag!)

Wie muss beobachtet werden?

Voher!
Dabei!
Nachher!

Alles was man Sehen, Riechen, Hören und ev. Messen kann!



Verhaltens-Regeln:

Sicherheit geht vor!
Experimente immer mit Erwachsenen / Fachleuten besprechen!
Niemals andere Personen gefährden!
Vorher informieren, dann ausprobieren!
Schmecken ist in der Chemie nicht erlaubt!

Ausnahmen sind nur unter ganz speziellen Voraussetzungen zulässig. Den normalen Chemie-Raum oder das normale Labor sollte für Versuche mit Lebensmitteln überhaupt nie genutzt werden. Wenn's geht, sollte ein spezielles Labor oder die Küche als Experimentierplatz dienen.

Essen und Trinken im Labor oder Chemie-Raum sollte tunlichst vermieden werden. Für die Veränderung von Erbanlagen reicht u.U. schon ein einziges Molekül aus. Niemand weiss, was alles auf den Labortischen gelegen hat, welche Verunreinigungen in Chemikalien vorhanden sind und in welchen Kombinationen verschiedene Chemikalien besonders gefährlich sind. Junge Körper sind da in der Entwicklung noch gefährdeter. Die Körper-Zellen teilen sich häufiger und auch die Mutterzellen für die Geschlechtszellen (Eizellen, Samenzellen) bilden sich heraus. Und, wer will schon kranke Kinder bekommen, wenn er es verhindern könnte?

Durch Essen und Trinken verstärkt man die Aufnahme in den Körper (zusätzliche Bildung von Verdauungssäften usw.). Die Gefahren sind nicht zu unterschätzen auch wenn sie oft unsichtbar oder in einer anderen Form bemerkbar sind!

*freie Gestaltung mit Fachname
und dem eigenem Namen*

wichtige Notfall-Informationen:	
mein Laborraum hat die Nummer ... (ev. auch Gebäude-Bezeichnung)	
der nächste Erste-Hilfe-Kasten ist ...	jeweils immer die Information und ein kleines Symbol / Pictogramm
ein Feuerlöscher steht ...	
ein Waschbecken und die Augendusche befindet sich ...	
Not-AUS-Schalter sind ...	
Symbol	
die Notrufnummer der Feuerwehr und des Rettungsdienstes lautet:	
die Telefonnummer des Schulsekretariats mit Vorwahl lautet:	

x.1. Wo kommt Chemie vor, was haben wir überhaupt mit Chemie zu tun?

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Was ist eigentlich Chemie?
Ist Chemie eine echte Naturwissenschaft?
Aus welchen anderen Wissenschaften bezieht die Chemie Kenntnisse und Arbeitstechniken?
Womit beschäftigt sich die Chemie genau?
Seit wann gibt es die Wissenschaft Chemie?
Können wir ohne Chemie leben?
Hat der Mensch als Lebewesen auch was mit Chemie zu tun?
Wo begegnet uns im Alltag Chemie?
Ist Chemie gefährlich?

Aufgaben:

- 1. Notiere 3 Assoziationen, die Dir zum Thema "Chemie" spontan einfallen!***
- 2. Sammelt die Assoziationen in einem MindMap!***
- 3. Welche Position hat die Chemie in unserer Gesellschaft und im allgemeinen Stimmungsbild? Ergründe die Ursachen!***

Spricht man von Chemie, dann sehen viele Menschen zuerst die riesigen Rohrleitungssysteme und Tank-Lager der chemischen Groß-Industrie. Dort riecht es oft übel, an Überdruck-Ventilen entweicht überraschend und laut Dampf, die Schornsteine entlassen seltsam gefärbte Rauchschwaden oder es brennen die Fackeln an großen Masten. Alles macht einen unheimlichen Eindruck. Aber diese technische Chemie ist nur die eine Seite. Die Chemie hat noch viele andere Seiten. Viele sind versteckt oder unbeachtet.

Der Inbegriff von "Chemie" im alltäglichen Haushalt sind wohl Reinigungsmittel. Vom Waschmittel und Geschirrspülmittel über die Weichspüler und Haushaltsreiniger bis zum Ofen- oder Sanitär-Reiniger. Auch hier zeugen die vielen Warn-Hinweise und Pictogramm auf den Flaschen von einer gewissen Gefährlichkeit.

Die ätzenden Rohreiniger kennt wohl auch jeder. Sie müssen rann, wenn der Abfluss verstopft ist. Die enthaltenen Stoffe "lösen" die Ablagerungen in den Rohren auf.

Weniger gefährlicher und deshalb auch schon weniger mit Chemie in Verbindung gebracht werden Waschmittel, Geschirrspül-Mittel (flüssig od. als Tabs) oder z.B. Glasreiniger. Sie gehören zu den Chemie-Produkten, die so nebenbei benutzt werden. Niemand bringt sie mit der chemischen Industrie – durch die sie produziert werden – in Bezug.

Besonders häufig wird Chemie aber beim Backen und Kochen eingesetzt. Ja wirklich, Kochen und Backen haben wirklich sehr viel mit Chemie zu tun. Ein bisschen Physik natürlich auch, denn wir wollen die Lebensmittel ja vielleicht sehr kalt oder sehr heiß haben. Aber die entscheidenden Prozesse in der Lebensmittel-Zubereitung sind chemische Vorgänge. Zähes Fleisch oder harte Kartoffeln werden zart und angenehmer essbar gemacht. Auch die Arbeit der Mikroorganismen bei der Joghurt-, Kefir- oder Käse-Produktion beruht auf chemischen Prozessen. Hier wird die Chemie aber nicht als solche wahr genommen. Schon deshalb nicht, weil es scheinbar alles so ungefährlich ist. Außerdem sind Lebensmittel ja meist gesund, da kann also keine "gefährliche Chemie" drin stecken.

Besonders eindrucksvoll sind die chemischen Vorgänge beim Backen. Aus leichtverderblichen Teig wird haltbares Brot oder leckere Kekse. Hier sind Backpulver, Hirschhornsalz, Natron und Vanillin-Zucker Chemie pur.

Will man Lebensmittel haltbar machen, dann helfen Konservierungsstoffe. Dabei reicht die Palette vom Salz zum Einpökeln, über das Einzuckern bis zur echt chemischen Einmachhilfe für Gurken.

Die eher chemischen Konservierungs-Stoffe haben einen schlechten Ruf. Dieser ergibt aus den negativen Nebenwirkungen bei ihrem Einsatz. Konservierungs-Stoffe sollen Bakterien und Pilze abtöten – also biologische Zellen lebens-unfähig machen. Aber diese Wirkung haben sie auch in unserem Körper. In der Praxis wird natürlich mit solchen Mengen gearbeitet, die eigentlich keine Gefahr darstellen sollten. Man setzt den Lebensmittel gerade soviel Konservierungsmittel zu, dass die Mikroorganismen in Schach gehalten werden – das Produkt aber für den Menschen möglichst ungefährlich ist. Aber die Menschen sind eben sehr verschieden. Was der eine Löffel-weise zu sich nehmen kann, löst beim anderen schon in Spuren eine Lebensmittel-Unverträglichkeit aus.

Seit drei bis viertausend Jahren nutzen die Menschen die Chemie zur Produktion von Alkohol (Wein und Bier) und Essig. Niemand hat damals die Vorgänge verstanden, das passierte erst im 19. Jahrhundert. Genaugenommen sind es biochemische Vorgänge, die von Hefen und Bakterien durchgeführt werden.

Auf solchen biochemischen Vorgängen basieren auch die Herstellung von Brot, Joghurt, Kefir, Käse, sauren Gurken oder Sauerkraut.

Für moderne Lebensmittel werden vielfach Aromastoffe, Konservierungsmittel, Stabilisatoren usw. gebraucht. Sie sind im Wesentlichen chemische Produkte.

So wird das Vanillin als Ersatz für die teure Bourbon-Vanille (sprich: burbon-Vanille) produziert und in vielen Lebensmitteln verwendet. Ein abschreckendes Beispiel sind vielleicht das Erdbeer-Aroma, das vielfach von Mikroorganismen aus Holzspänen erzeugt wird. Weder von der Zusammensetzung noch vom Stoff hat dieses "natürliche" Aroma was mit Erdbeeren zu tun. Auch sehr professionelle – täuschend echt riechende und schmeckende – Aromen-Kreation sind nur Mischungen von verschiedensten chemischen Stoffen.

Auch die Farbstoffe in vielen Lebensmitteln sind reine Chemie-Produkte. Das beginnt bei solchen für Getränken und endet bei der reinen Lebensmittelfarbe zum Garnieren von Kuchen usw. Selbst die Butter wird heute (und auch früher schon) gefärbt. Die natürliche – sehr hellgelbe – Butter ist nicht der Verkaufsschlager. Margarine würde ohne Farbstoffe gräulich aussehen – auch das ist wohl nicht jedermanns Sache.

Die meisten der Lebensmittel-Zusätze mit den seltsamen E-Nummern in der Zutatenliste sind übrigens durchweg Chemie-Produkte. Nur wenige haben natürliche Quellen. Diese werden dann aber auch vielfach chemisch nachbehandelt.

Eine der uralten chemischen Verfahren ist das Färben von Garnen und Stoffen. Die Färber haben durch Probieren und Experimentieren sowie durch Zufälle chemische Vorgänge entdeckt. Sie waren quasi echte empirische Forscher. Ohne die tieferen Hintergründe zu verstehen, haben sie Verfahren zur Herstellung von Farben entwickelt, für die moderne Chemiker schon einiges an Fachwissen mitbringen müssen.

Fasern

Textilfasern

Körperpflege-Produkte von der Kernseife bis zum Super-Shampoo, vom Aftershave bis zum Parfüm, vom Babyöl bis zur Sonnencreme, von der Handcreme bis zur Nachtcreme

Lebens-Prozesse

Erzeugung von Energie für unseren Körper aus den verdauten (auch das ist sehr viel Chemie) Lebensmitteln

Umbau von aufgenommenen Stoffen, um die täglichen Verluste an Körpersubstanzen wieder zu ersetzen und in Wachstums-Phasen auch für das Mehr an notwendigen Stoffen zu sorgen

Medikamente
zusätzliche Vitamine

Baustoffe
Zement; früher Kalk und Mörtel
Fußbodenbeläge, Tapeten,

Farben, Korrosionsschutz, ...
Was wären unsere Autos häßlich orange, braun und vor allem rostig, Wände langweilig grau

Klebstoffe
Dichtmaterialien

Dämmstoffe

Holzschutz
Holzöl zur Holzpflege bis Imprägnierung (Schutz vor Holzschädlingen und Umwelteinflüssen)

Herbizide, Dünger

Reinigung von Abwasser, Aufbereitung von natürlichen Wässern als Trinkwasser

Test-Set auf Giftstoffe, Umwelt-Gefährdungen

Produktion von LED's
Leuchtstoffe für Energiespar-Lampen



Chemie ist überall!

Trotzdem assoziieren die meisten Menschen mit dem Begriff "Chemie" etwas Gefährliches. Man denkt dann an ätzend, giftige und übel riechende Stoffe, an Umwelt-Verschmutzungen und Chemie-Unfälle. Diese Gefahren sind ganz klar die unschönen Seiten der Chemie. In vielen Bereichen sind durch Gesetze und Arbeits-Vorschriften deutliche Verbesserungen erreicht worden. Mit zunehmender Technisierung und Computer-gesteuerte Prozess-Führung nehmen die Risiken für Unfälle immer stärker ab. Auch für die chemischen Betriebe sind Unfälle der Super-Gau. So etwas will niemand.

Die negativen Assoziationen sind ein schönes Beispiel für ein sehr menschliches Denk-Schema. Es handelt sich um selbstbestätigende Prophezeiungen (selbsterfüllende Prophezeiungen). Die Aussage "Chemie ist gefährlich." wird immer dann ins Gedächtnis gerufen, wenn wir es mit wirklich gefährlicher Chemie zu tun hatten (Giften, ätzenden Reinigungsmitteln, ...). Jeder sagt dann: "Chemie ist gefährlich" oder "Typisch Chemie".

Aber die vielen Male, die wir mit "ungefährlicher" Chemie konfrontiert werden, werden einfach nicht beachtet und schon garnicht mit der Aussage assoziiert. Niemand wird die Hilfs-

mittel, die uns die Chemie für unser tägliches Leben bereit stellt, ständig loben und vielleicht sagen: "Chemie ist echt toll" bzw. "Typisch Chemie".

Praktisch sind die Übergänge fließend. Eine kleine Menge Reinigungs-Mittel oder Essig macht im Haushalt wenig aus. Bei großen Mengen sieht das ganz anders aus. Hier begegnen wir einem sehr alten Chemiker-Leitsatz: "die Menge machts".



Chemie ist nicht gut oder schlecht!

Aufgaben:

- 1. Recherchiere und überlege Dir, was z.B. Dein Handy / Smartphone / Tablet mit Chemie zu tun hat!***

x.2. Einordnung der Chemie

Chemie als Wissenschaft

Der Begriff Wissenschaft leitet sich aus den Wortstämmen *weid* (indogermanisch: erblicken, sehen) und *skaf(t)* (althochdeutsch: Ordnung, Beschaffenheit) ab. Man könnte also Wissenschaft frei als "geordnetes Wissen" übersetzen.

Wissenschaften sind dadurch geprägt, dass sie mit überprüfbaren Methoden, Fakten und Theorien arbeiten. Sie bringen geordnetes, gesichertes und begründetes Wissen hervor. Eine Wissenschaft entwickelt ein logisches und zusammenhängendes System von Aussagen, Theorien, Regeln und Gesetzen zu einem bestimmten (abgegrenzten) Bereich.

Den Wissenschaften stehen z.B. die Glaubenrichtungen entgegen. Ihr Wissen ist nicht gesichert, sondern die Menschen glauben eben daran. So glauben einige an Energie-Ströme die direkt vor ihnen aus der Erde kommen. Das Problem dabei ist, dass nur sie selbst sie "erspüren" können. Sollen andere "Seher" sie finden, versagen diese kläglich.

Viele Menschen glauben an einen Gott oder auch an mehrere. Und da sind da noch Geister, Untote, Außerirdische usw. usf.

Nun wird jeder sofort entgegenen, dass diese vielen Dinge aber doch existieren können. Ja natürlich können sie das, aber es ist weder der Wissenschaft noch den Glaubenrichtungen bisher gelungen, genau diese Erscheinungen überprüfbar zu beweisen. Die Glaubensrichtungen haben oft auch Glaubenssätze, die wissenschaftlichen Theorien stark ähneln.



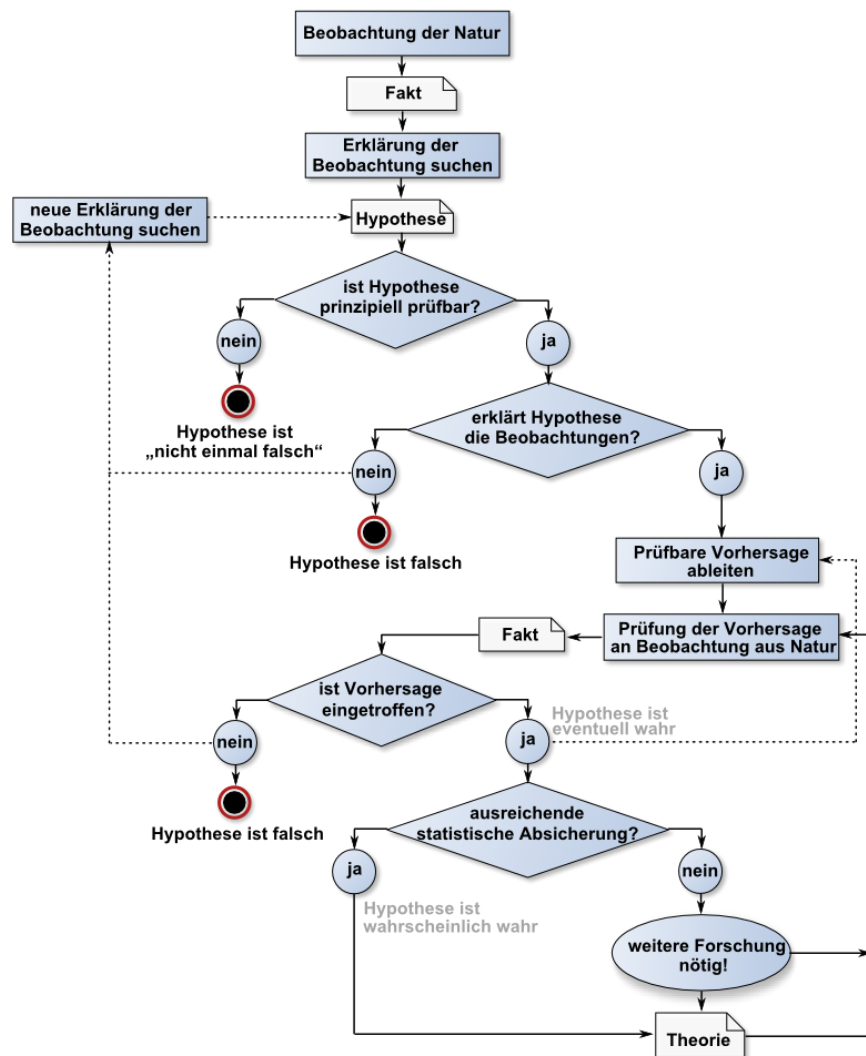
Chemie ist eine Wissenschaft!

die wissenschaftliche Methode

Während die Alchemie des Mittelalters einige der Kriterien nicht erfüllte, ist die moderne Chemie eine typische Wissenschaft.

In der heute verwendeten wissenschaftlichen Methode werden durch Forscher ausgehend von Beobachtungen und Fakten Hypothesen aufgestellt. Diese von den Forschern selbst und von anderen Wissenschaftlern überprüfbar sein. In Experimenten, Simulationen oder mit weiteren Beobachtungen kann die Hypothese dann letztendlich bestätigt werden. Wird die Hypothese dagegen nicht bestätigt, dann muss nach einer neuen gesucht werden. Das passiert immer wieder.

Was sich hier eher negativ anhört ist aber der Motor für die Wissenschaft, um immer bessere Erklärungen für unsere Umwelt zu finden.



Ablauf-Diagramm zur wissenschaftliche Methode
Q: de.wikipedia.org (MovGP0); geändert: drews

Frage zwischendurch:

Warum gibt es in der wissenschaftlichen Methode keinen Punkt "die Hypothese ist wahr"? Ist das nicht unwissenschaftlich?

Chemie als Naturwissenschaft

Im Mittelalter waren die Alchemisten – so nannten sich die ersten "Chemiker" – noch eine Mischung aus Forscher und Quacksalber. Mit dem Beginn der 18. Jahrhunderts gelangte die Forscher zu ersten großen Erkenntnissen. Dazu gehörten Erkenntnisse über verschiedene Stoffe, das Verhalten von Gasen oder den elektrischen Strom. Heute ordnen wir die meisten Erkenntnisse und Gesetze der Physik zu. Viele dieser Erkenntnisse flossen dann aber auch in die Arbeiten der ersten echten Chemiker ein.

Die Chemie sammelt Wissen über Stoffe und ihr Verhalten beim Kontakt mit anderen Stoffen. Über viele Jahrhunderte haben Chemiker Theorien zum Aufbau der Stoffe und zum Zusammenhalt der Teilchen entwickelt. Es gibt spezielle chemische Theorien, wie z.B. die Säure-Base-Theorie, die erklären soll, warum der eine Stoff eine Säure ist und ein anderer eine Base (quasi eine Anti-Säure). Diese Theorie kann heute auch erklären, warum bestimmte Stoffe mal Säure und mal Base sind.

Wissenschaftler prüfen ihre Thesen und Theorien mit Hilfe von Experimenten, Simulationen oder Modellen. Dabei müssen die Experimente usw. immer wieder – natürlich bei gleichen Bedingungen – wiederholbar sein und immer die gleichen Ergebnisse bringen.

Naturwissenschaften beschäftigen sich mit real existierenden Dingen in der Natur. Sie sammeln Informationen aus der Realität und nutzen dabei alle verfügbaren Möglichkeiten des Beobachtens, Messens, Analysierens und Synthetisierens. Weiterhin werden in den Naturwissenschaften Modelle und Simulationen benutzt.

Alle Naturwissenschaften arbeiten zuerst einmal empirisch, d.h. sie nutzen das Erfahrungswissen und sammeln und ordnen es.

Die Chemie ist mit der systematischen Beobachtung und Erforschung von Stoffen und ihren Umwandlungen eine typische Naturwissenschaft. Beobachten und Messen sind wohl die wichtigsten Methoden der Chemie. Die Begriffe und die Verfahren der Analyse und Synthese sind schon tief mit den Alchemisten (Alchimisten) verbunden. Bei der Analyse geht um die Zerlegung eines Objektes in seine Bestandteile. Die Synthese versucht, aus bekannten Teilen ein bestimmtes Objekt zusammen zu bauen.

Die Analyse war indirekt auch namensgebend für die Chemie. Der Name kommt vom süddeutschen kemi, worunter man die Scheidekunde bzw. Scheidekunst verstand. Unter Scheiden versteht man das Abtrennungen von erwünschten bzw. unerwünschten Stoffen.

Definition(en): Chemie

Chemie ist die (Natur-)Wissenschaft von den Stoffen, deren Aufbau und ihren Reaktionen.

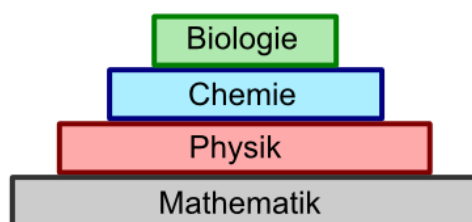
Chemie ist Lehre von den Stoffen und den Stoffumwandlungen.

Einordnung in den Kanon der Naturwissenschaften

Physik, Chemie und Biologie sind die klassischen Naturwissenschaften. Sie basieren aufeinander oder ergänzen sich. Für viele Sachverhalte in der Chemie greifen wir auf die Kenntnisse der Physik zurück. So brauchen Chemiker Kenntnisse und Gesetze zu vielen Stoff-Größen. Hier sei z.B. das Volumen, die Masse und die Dichte genannt.

Ein anderer wichtiger Erfahrungsschatz kommt aus der Wärmelehre (Thermodynamik).

Praktisch jede Stoff-Umwandlung ist mit Veränderungen der genannten Größen oder mit energetischen Begleit-Erscheinungen verbunden. Aus der Physik stammen auch die wesent-



lichen Erkenntnisse über den Aufbau der Stoffe aus Atomen und wie diese wiederum aufgebaut sind.

Für die Biologie ist nun wiederum die Chemie eine der bedeutsamen Basis-Wissenschaften. Natürlich gehört auch die Physik dazu, das ergibt sich zwangsläufig aus der Beziehung der Chemie zur Physik. Die wesentlichen Vorgänge in den (biologischen) Zellen sind chemisch. Das Wissen ist in diesem Bereich so groß, dass es sogar einen extra Bereich der Biochemie gibt. Biochemiker arbeiten quasi im Grenz- oder Übergangs-Bereich zwischen Chemie und Biologie.



Chemie ist eine Naturwissenschaft!

Beziehungen der Chemie zu anderen Wissenschaften, zur Technik und zu Weltanschauungen

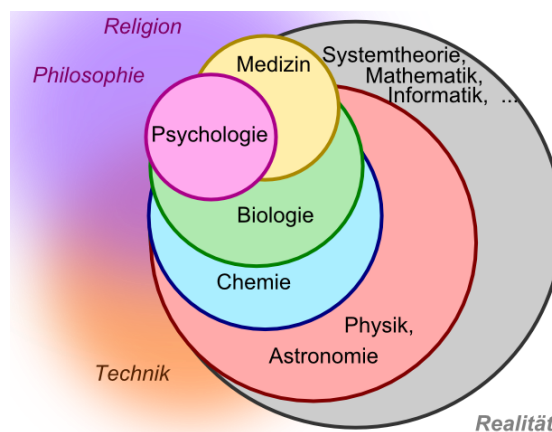
Das Pyramiden-Modell suggeriert den Eindruck Chemie basiere nur auf der Physik. Mit der Mathematik hat sie scheinbar nur dann was tun, wenn es um physikalische Sachverhalte geht. Das stimmt aber nicht! Zumindestens zum größten Teil.

Wenn wir in der Chemie das Volumen, die Dichte oder die Masse von Stoffen berechnen, dann ist das natürlich pure Physik und das eigentliche Berechnen die übliche Mathematik. Besonders die Formeln der Wärmelehre werden in der Chemie sehr vielseitig verwendet. Aber die Chemie hat auch ihre eigene "Mathematik". Da werden Gleichgewichts-Konstanten oder der pH-Wert berechnet.

Viele andere Wissenschaften oder die Technik – selbst Weltanschauungen – haben auch Beziehungen zur Chemie.

Um die Beziehungen etwas besser darzustellen, verändern wir die Sicht auf unsere Wissenschaft-Pyramide. Betrachten wir sie als Stapel von Scheiben und von oben, dann sehen wir die Wissenschaften nur noch als aufeinanderliegende Kreise. Da die Darstellung einwenig an Blasen erinnert, wird es auch Blasen-Modell genannt. An den Randbereichen berühren die Kreise (→ Wissenschaften) auch andere menschliche Reflexionen und Realisierungen der Realität.

Praktisch haben wir viele Beziehungen und Verknüpfungen.



Aufgaben für die gehobene Anspruchsebene:

1. *Suche kleine Beispiele für die Beziehungen der Chemie zu den anderen Bereichen! (möglich beide Richtungen!)*
2. *Ein Mitschüler findet das obige Blasen-Modell nicht richtig. Er sagt: "Die Chemie hat auch einen Einfluß auf die Medizin, schließlich sind meisten Medikamente pure Chemikalien (chemische Stoffe)."
Setze Dich mit der Behauptung auseinander und verbessere eventuell das Modell!*
2. *Ein Philosoph behauptet: "Eigentlich müsste das Blasen-Modell aus ineinander verlaufenden Nebel-Schwaden bestehen."
Setze Dich mit dieser Aussage auseinander!*

x.2.1. Teilbereiche der Chemie

Die Chemie ist heute eine Wissenschaft mit einem riesigen Wissen. Auch die besten Chemiker können nicht mehr die gesamte Chemie beherrschen. Nach und nach haben sich verschiedene Teil-Disziplinen entwickelt, die sich jeweils mit bestimmten Details beschäftigen. Die Abgrenzungen finden auf unterschiedliche Weise statt, so dass sich einige der Teilwissenschaften der Chemie auch überschneiden. Das sichert die Erkenntnisse ab und schafft ein dichtes Netz aus Theorien, Regeln und Gesetzen.

Wir können hier nicht einmal alle Teil-Bereiche vorstellen, weil die Unterscheidung sehr verschieden vorgenommen wird, sich auch ändert und ständig neue Disziplinen dazukommen. Die wichtigsten wollen wir hier kurz vorstellen.

bedeutende Teilbereiche der modernen Chemie

- **allgemeine Chemie** erforscht die allgemeinen Gesetze, Regeln und Prinzipien bei Stoffumwandlungen (chemischen Reaktionen)
- **anorganische Chemie** beschäftigt sich mit allen Elementen und deren Verbindungen mit Ausnahme der meisten Kohlenstoff-Verbindungen (→ organische Verbindungen)
- **organische Chemie** Arbeitsfeld sind alle Kohlenstoff-Verbindungen, außer den Oxiden, Carbiden, Carbonaten und der Kohlensäure
- **technische Chemie** bearbeitet die Umsetzung von chemischen Reaktionen / Stoffumwandlungen auf industrielle Verhältnisse
- **Analytik** legt Verfahren zur Untersuchung von Stoffen fest und führt die Verfahren durch
- **physikalische Chemie** beschäftigt sich mit der Geschwindigkeit von chemischen Vorgängen und physikalischen Untersuchungs-Methoden für Stoffe und Reaktionen
- **Biochemie** untersucht die chemischen Vorgänge innerhalb von (biologischen) Zellen und / oder Organismen
- **Elektrochemie** erforscht elektrische Phänomene in Zusammenhang mit chemischen Reaktionen (Batterien, Akkumulatoren, Elektrolysen, ...)
- ...

Viele Chemie-Disziplinen erklären sich aus dem Namen. Dazu gehören sicherlich die Fotochemie, Lebensmittel-Chemie und die Farb-Chemie. Bei anderen fehlen uns die Beziehungen oder Kenntnisse. Ein solcher Chemie-Bereich ist z.B. die Quanten-Chemie.

Aufgabe:

1. ***Finde heraus, womit sich die Synthese-Chemie, theoretische Chemie, Schul-Chemie, Umwelt-Chemie, Kosmo-Chemie und die präparative Chemie beschäftigen***

x.3. Bedeutung der Chemie in unserer heutigen Welt

Möglichkeiten und Probleme der modernen Chemie

chemische Industrie als Gefahren-Quelle
Gifte, Explosionen, Unfälle, Großbrände

für viele Menschen ist die Chemie immer mit etwas Undurchsichtigem, Unverständlichem assoziiert

Industrie mit den meisten unterschiedlichen Produkten

x. Einstieg in das naturwissenschaftliche Experimentieren

x.0. Was ist wissenschaftliches Experimentieren?

Experimente dienen zur Überprüfung und Erforschung wissenschaftlicher Theorien. Dazu stellen wir Hypothese auf. Das sind Voraussagen, die sich aus unserer Hypothese ergeben. Meist kann man aus einer Theorie viele Hypothesen ableiten. Jede Hypothese muss dabei einzeln geprüft werden. Erst, wenn wir durch unsere Experimente alle unsere Hypothesen bestätigt haben, dann kann unsere Theorie als gültig erklärt werden. Wird nur eine unserer Hypothese nicht bestätigt, dann muss geprüft werden, ob die Hypothese falsch war, das Experiment schlecht geplant war oder sogar unsere Theorie falsch war.

Zum wissenschaftlichen Experimentieren gehört systematisches Vorgehen. Wir wollen genau wissen, wovon ein Vorgang abhängig ist bzw. warum etwas funktioniert oder eben nicht. Wissenschaftler planen ihre Experimente immer so, dass immer nur jeweils eine Bedingung veränderlich ist. Würden sich zwei oder drei Bedingungen ändern, dann könnten wir nicht genau sagen, woran es denn nun genau gelegen hat. Es kommen ja alle zwei oder drei Bedingungen oder auch deren Kombinationen in Frage.

x.1. Protokollieren von Experimenten

Protokoll

- **Aufbau, Inhalt, Bedeutung**
Bei der Stofftrennung ist das Protokollieren einzuführen.

x.1.1. Wozu dienen Protokolle?

Beispiel Unfall-Protokoll

x.1.2. Minimal-Angaben für ein Kurz-Protokoll

im Labor wird z.B. ein Labor- bzw. Beobachtungs-Buch geführt. Nach vielleicht 100 oder 1'000 Versuchen kann man sich nicht mehr an jedes Ergebnis erinnern. Für eine wirklich wissenschaftliche Aussage muss man alle Beobachtungen betrachten und auswerten.

x.1.3. das vollständige Protokoll für wissenschaftliche Experimente

Vollständige Protokolle werden erst später im Kurs erstellt. Die Beschreibung erfolgt aber hier an zentraler Stelle, damit man jederzeit und schnell darauf zugreifen.

x.1.3.1. Abschnitte eine vollständigen Protokoll's

Abschnitte eines (vollständigen) Protokoll's

• Aufgabe	
• Vorbetrachtung(en)	Vorüberlegungen experimentelle These Sicherheitshinweise
• Versuchsaufbau und Durchführung	Skizze, Geräte, Materialien Ablauf
• Beobachtungen	Beobachtungen, Messwerte
• Ergebnisse / Auswertung	Schlußfolgerungen
• Fehlerbetrachtung(en)	

x.1.3.2. Protokoll-Kopf

Name des Protokollanten, Datum Ort (Zeitpunkt)

x.1.3.3. Aufgabenstellung

x.1.3.4. Vorbetrachtungen

x.1.3.5. Versuchsaufbau und Durchführung

x.1.3.6. Beobachtungen

bei längeren Versuchungen muss auch das Datum von Nachfolge-Beobachtungen exakt notiert werden

x.1.3.7. Auswertung / Ergebnisse

x.1.3.8. Fehlerbetrachtungen

x.1.3.9. Abschluss / Protokoll-Fuß

Datum und Unterschrift

x.y. Experimente zur Teig-Herstellung

Q: Idee dieses Abschnitts stammt von ChemKids 1-2017/18; Texte, Bilder u. Umsetzung angepasst (dre)

Es gärt gewaltig

Mutti hat Hefeteig für einen Pflaumenkuchen angesetzt. Dazu hat sie zuerst die Frischhefe zerkleinert, mit Zucker und einer Prise Salz gemischt und dann noch etwas lauwarmes Wasser (oder Milch) hinzugegeben.

Schon nach kurzer Zeit bilden sich die ersten Bläschen und irgendwann ist das Gemisch schaumig. Nun kann sie das Gemisch zu Mehl und anderen Zutaten geben.

Nach kräftigem Rühren und Kneten erhält Mutti einen schönen glatten Teig. Diesen stellt sie zum "Gehen" an einen warmen Ort. Nach einer halben Stunde ist der Teig deutlich größer und lockerer geworden.

Im Teig verrichten Hefen ihre Arbeit. Hefen sind kleine, einzellige Pilze. Um auch bei Sauerstoff-Mangel ausreichend Energie zu gewinnen, vergären sie Zucker zu Ethanol und Kohlenstoffdioxid. Kohlenstoffdioxid ist das Gas, welches die Bläschen bildet und letztendlich den Teig schön locker macht. Chemiker schreiben das so:



Wenn man bei der Teig-Herstellung so zuschaut, dann kommen einem vielleicht schon einige Fragen:

Lässt sich das entstehende Gas nachweisen?

Können Hefen Zucker und Süßstoff unterscheiden?

Beeinflusst die Temperatur die Gärung?

Kann man mittels Gärung den Zucker-Gehalt bestimmen?

bei mir gelingt Hefeteig immer am Besten, wenn er auf dem Boden steht (bei Fußboden-Heizung) oder hinter dem Fenster, wenn die Sonne scheint

Welche weiteren Fragen fallen Dir noch ein? Notiere sie!

Fragen stellen gehört zu den wichtigsten Eigenschaften eines Wissenschaftlers. Alle Beobachtungen – selbst wenn sie ganz gewöhnlich erscheinen – sollten immer wieder hinterfragt werden. Erst wenn alle Beobachtungen zufriedenstellen erklärt werden können, kann man sich neuen Forschungs-Bereichen widmen. Passen Beobachtungen und Theorien oder Modelle nicht zueinander, dann muss man weiter forschen.

Im Folgenden werden wir einzelne Experimente machen, deren Abläufe und Reihenfolgen darauf abzielen, einige wissenschaftliche Vorgehensweise zu demonstrieren.

Die Experimente können zuhause durchgeführt werden. Es besteht fast keine Gefahr, weil nur mit Haushalts-üblichen Gegenständen und Lebensmitteln gearbeitet wird. **Bei den Experimenten B1 und B2 muss ein Erwachsener in der Nähe sein.** Der Umgang mit Streichhölzern oder Kerzen (Teelichtern) ist nicht ganz ungefährlich. Brennbare Gegenstände sollten nicht am Arbeitsplatz herum liegen und Streichhölzer und Teelichter nur in der beschriebenen Form benutzt werden.

Da einige Experimente zwischen 1,5 und 2 Stunden dauern, sind sie auf mehrere Tage aufgeteilt. Wenn die Versuche im Unterricht durchgeführt werden, dann reicht jeweils immer eine Doppelstunde aus.



Die Experimente B1 und B2 können auch unter der Aufsicht des Chemie-Lehrers im Vorfeld der anderen Experimente durchgeführt werden. Da das activeO₂-Wasser sehr teuer ist, sollte man vielleicht nur eine Flasche für eine Demonstrations-Experiment benutzen. Beide Flaschen dürfen nicht mehr getrunken werden, da Teile des Holzstabes dort hineingefallen sein können!

Führe die nachfolgenden Experimente exakt nach Vorschrift aus!

gebrauchte Materialien (für alle Experimente):

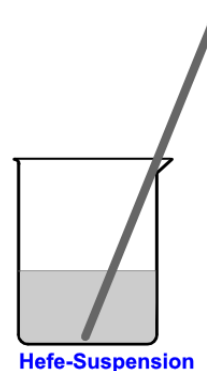
frische Hefe (ersatzweise Trockenhefe), Zucker, Wasser, Zip-Beutel (200 – 400) ml), activeO₂-Getränk, Mineralwasser mit Kohlensäure, Schaschlik-Spieße (Holzstäbchen), Streichhölzer, Teelicht, Esslöffel, Bechergläser; zuckerhaltiges und zuckerfreies Kaugummi; Wasserfester Stift (z.B. CD-Marker od. Folien-Schreiber)

Tag 1

Vorbereitung A:	Löse die Hefe in (leicht lauwarmen) 200 ml Wasser!
------------------------	--

Diese Lösung nennen wir **Hefe-Suspension**.

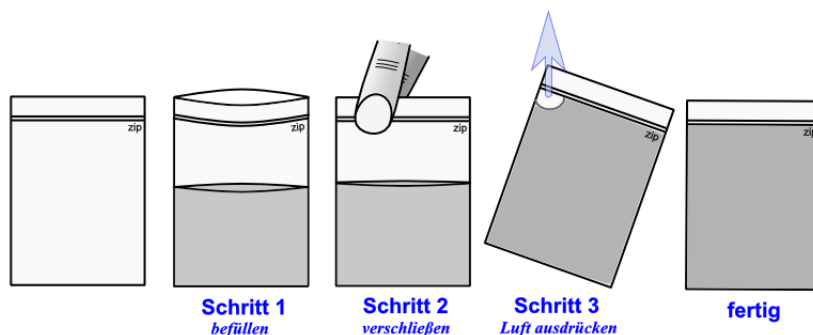
Wird diese Lösung mehrere Stunden vor dem Experiment angesetzt wird, dann darf eine Prise Zucker zugesetzt werden.



Hefe-Suspension

Exp. A1	Gebe in einen Zip-Beutel 50 ml leicht warmes Leitungswasser und einen Esslöffel Hefe-Suspension! Verschließe ihn so, dass nur eine kleine Öffnung bleibt! Drücke nun vorsichtig die Luft aus dem Zip-Beutel und verschließe ihn dann vollständig! Beschrifte den Beutel mit Deinem Namen und kennzeichne eventuell noch vorhandene Gas-Blasen! Lasse den Beutel ruhig liegen!
----------------	---

Wenn die Beutel einmal Luft-frei sind, dann werden sie so belassen. Alle weiteren Veränderungen sind Beobachtungen, die zum Experiment gehören.



Schritt 1
befüllen

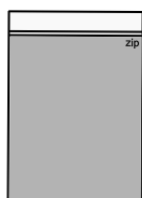
Schritt 2
verschließen

Schritt 3
Luft ausdrücken

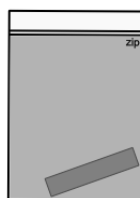
fertig

Exp. A2	Bereite zwei weitere Zip-Beutel auf die gleiche Weise vor! Gebe in den einen ein Zuckerhaltiges Kaugummi und in den anderen Beutel ein zuckerfreies Kaugummi!
Auftrag A	Beobachte und notiere die Beobachtungen für die Experimente A1 und A2 sofort und ungefähr alle 10 min! (Gesamtzeit 60 min) → Zwischendurch führe die Experimente B1 und B2 durch!

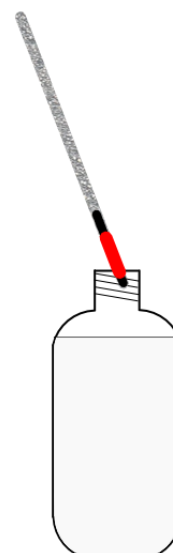
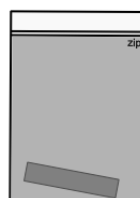
Es bietet sich an, die Beutel möglichst aufrecht zu lagern. Man kann sie gut gegen eine Federtasche oder einen Bücherstapel stellen.



Experiment A1

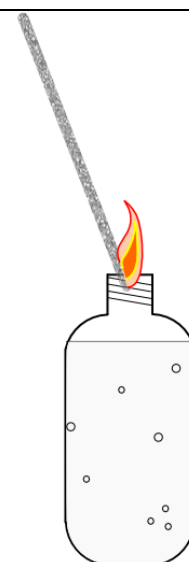


Experiment A2



Experiment B1

Exp. B1	Entzünde ein Tee-Licht! Entzünde am Tee-Licht einen Holzstab und puste ihn dann aus, kurz bevor er – noch glühend – dicht über eine frisch geöffnete activeO ₂ -Flasche gehalten wird! (Flasche darf vorher leicht geschüttelt werden.)
Exp. B2	Entzünde das Holzstäbchen wieder und halte die brennende Flamme dicht über die frisch geöffnete Mineralwasser-Flasche!



Experiment B2

Notiere die Beobachtungen! Benutze z.B. für die Experimente A1 und A2 die folgende Tabelle, die Du vorher in Dein(en) Heft(er) übernimmst! Lasse genug Platz für Eintragungen!

Zeit / Verlauf	Experiment A1	Experiment A2		Bemerkungen / weitere Beobachtungen
		mit Zucker-Kaugummi	mit Zucker-freiem Kaugummi	
nach dem Fertigstellen der Beutel				
nach 10 min				
nach 20 min				
nach 30 min				
nach 40 min				
nach 50 min				
nach 60 min				

Die nachfolgenden Fragen müssen umfassend beantwortet werden!
Was wird mit den Experimenten B1 und B2 nachgewiesen?
Was kannst Du aus den Beobachtungen von Exp. A1 und A2 ableiten?
Warum führen wir das Experiment A1 neben Experiment A2 durch?

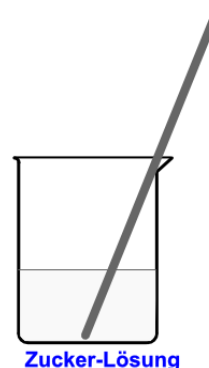
Nachbereitung A:	Gläser und Plaste-Gefäße können nach einem Ausspülen mit lauwarmen Leitungs-Wasser in den Geschirrspüler. Die Zip-Beutel werden mit lauwarmen Wasser ausgespült. Die Beschriftungen lassen sich mit Spiritus entfernen. Danach werden die Beutel gründlich mit warmen Wasser (mit etwas Spülmittel) gereinigt und zum Trocknen mit geöffneten Zip-Verschluss nach unten aufgehängt.
-------------------------	--

Tag 2

Vorbereitung C1:	Löse die Hefe in (leicht lauwarmen) 200 ml Wasser mit einem Teelöffel Zucker!
-------------------------	---

Diese Lösung nennen wir wieder **Hefe-Suspension**.

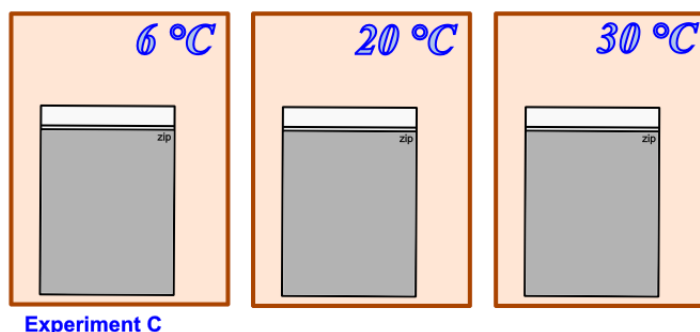
Vorbereitung C2:	Löse in gut 150 ml Wasser einen Esslöffel Zucker! (Durch Rühren mit einem Glasstab oder Löffel geht es schneller.)
-------------------------	--



Diese Lösung heißt nun **Zucker-Lösung**.

Exp. C	Verteile die Zucker-Lösung – also jeweils 50 ml – auf drei Zip-Beutel! Gebe nun jeweils 1 Esslöffel Hefe-Suspension dazu und verschließe sie luftfrei! Der erste Beutel wird im Kühlschrank (oder einer Eis-Wasser-Mischung) gelagert. Ein Beutel bleibt bei Zimmer-Temperatur liegen. Der dritte Beutel kommt in eine Wanne mit lauwarmen Wasser! Beobachte und notiere die Beobachtungen sofort und dreimal im Abstand von 15 min! → Führe zwischendurch die nächste Vorbereitung und Experiment D durch!
---------------	--

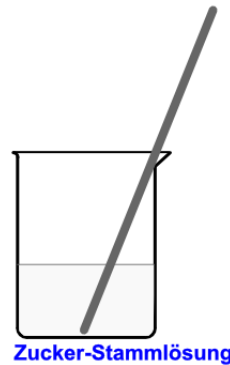
Es lässt sich auch mittels Eiswürfel und Leitungswasser eine Wanne mit Wasser um die 10 °C herstellen. Die Wannen sollten nicht zu klein sein, damit sie nicht so schnell abkühlen bzw. sich erwärmen.



Experiment C

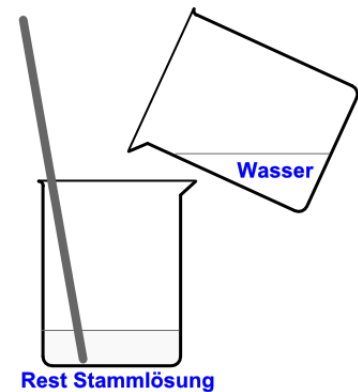
Notiere die Beobachtungen in einer geeigneten Tabelle!

Vorbereitung D:	Löse in 100 ml Wasser einen Esslöffel Zucker! (Durch Rühren mit einem Glasstab oder Löffel geht es schneller.)
------------------------	---



Diese Lösung nennen wir **Zucker-Stammlösung**.

Exp. D	Gebe 50 ml der Zucker-Stammlösung in den ersten Zip-Beutel! Gebe nun noch einen Esslöffel der Hefe-Suspension dazu und verschließe den Beutel luftfrei! Fülle 50 ml Leitungswasser zur restlichen Stamm-Lösung und rühre kurz um! (Die Lösung hat jetzt nur noch den halben Zucker-Anteil – bezogen auf die Stamm-Lösung!) Gebe nun 50 ml der verdünnten Lösung in den zweiten Beutel! Fülle wieder einen Esslöffel Hefe-Suspension dazu und verschließe wie üblich! Wiederhole das Verfahren noch zweimal! Beobachte und notiere die Beobachtungen sofort und dreimal im Abstand von 15 min!
---------------	--



Verfahren zur Verdünnung
der Stamm-Lösung

Notiere die Beobachtungen in einer geeigneten Tabelle! Trage in die Tabelle auch den Zucker-Anteil ein! (Als Maß kannst Du z.B. von gedachten 100 Teilen Zucker ausgehen.)

Was kannst Du aus den Beobachtungen zu den Experimenten C und D ableiten? (Betrachte die Experimente unbedingt einzeln!)

Nachbereitung C + D:	Gläser und Plaste-Gefäße können nach einem Ausspülen mit lauwarmen Leitungs-Wasser in den Geschirrspüler. Die Zip-Beutel werden mit lauwarmen Wasser ausgespült. Die Beschriftungen lassen sich mit Spiritus entfernen. Danach werden die Beutel gründlich mit warmen Wasser (mit etwas Spülmittel) gereinigt und zum Trocknen mit geöffneten Zip-Verschluss nach unten aufgehängt.
-----------------------------	---

Tag 3 (nur bei Bedarf und Interesse)

Plane ein Experiment, mit dessen Hilfe man bestimmen kann, wieviel Zucker (vergleichsweise: Zuckeranteile) in 100 ml acticeO2-Getränk enthalten sind!

Stelle das Experiment dem Kursleiter / Lehrer vor! Nur wenn dieser die Freigabe (Unterschrift) erteilt, darf das Experiment am Tag 4 durchgeführt werden!

Tag 4 (nur bei Bedarf und Interesse)

Führe das geplante Experiment durch, dokumentiere es und werte es aus!

alternativ für Arbeitsgruppen mit erhöhtem Interesse:

Tag 3 (nur bei Bedarf und Interesse)

Plane ein eigenes Experiment oder eine Versuchsreihe! Benutze, wenn möglich, die von Dir selbst aufgeworfenen Fragen aus dem Einleitungstext! Bedenke, dass Du immer einen Vergleichs-Versuch machen musst! Stelle die Planung dem Kursleiter / Lehrer vor! Nur wenn dieser die Freigabe (Unterschrift) erteilt, darf das Experiment am Tag 4 durchgeführt werden!

Tag 4 (nur bei Bedarf und Interesse)

Führe das geplante Experiment durch, dokumentiere und werte es aus!

x. Stoffe und ihre Eigenschaften

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Was ist eigentlich Stoffe?
Welche Stoffe bestimmen unser Leben?
Wieviele Stoffe gibt es?
Kennst Du 30 Stoffe?
Wie kann man Stoffe einteilen?
Gibt es ein System der Stoffe?
Woran erkennen wir Stoffe?
Wie kann man Stoffe unterscheiden?
Gibt es Stoffe, die niemand unterscheiden kann?
Anhand welcher Merkmale charakterisieren Chemiker Stoffe?
Was ist eine Stoffprobe?
Was wollen Chemiker über Stoffproben wissen?
Welche Stoffe kann man mischen?
Wie kann man Stoff-Gemische wieder trennen?
Was muss man beim Umgang mit Stoffen in der Chemie beachten?
Wann sind Stoffe gefährlich?
Welche gefährlichen Stoffe gibt es im Haushalt?
Welche Verhaltensregeln sind für den Umgang mit gefährlichen Stoffen einzuhalten?
Kann man Stoff unendlich (in kleine Einheiten) zerlegen?
Wie weit zerlegen Chemiker die Stoffe? Was sind die kleinsten Einheiten für Chemiker?

Wenn Du etwas in die Hand nimmst, dann kannst Du bei vielen Dingen sofort sagen, aus welchem Material sie sind. Bei anderen Gegenständen scheinen die Materialien versteckt oder mehrere kombiniert oder gar völlig unbekannt zu sein.

Aufgaben:

1. Notiere in einer Liste, welche Materialien Du kennst und in Klammern dahinter jeweils welchen Gegenstand Du meinst! (Wettbewerb: Wer kennt die meisten Materialien? (nur aus dem Gedächtnis heraus!))

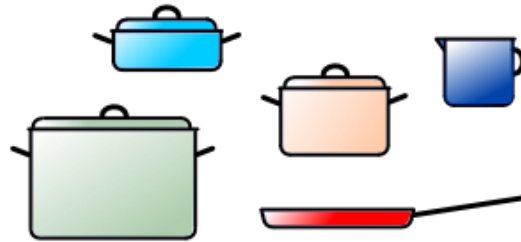
z.B.: Holz (Tisch, Fensterrahmen)
Glas (Trinkglas)
Zucker (Haushaltszucker)

2. Notiere in einer zweiten Liste, bei welchen Gegenständen Du das Material nicht kennst!

z.B.: Laubblatt, Sonne, ...

Wir brauchen für dieses Wirrwahr unbedingt eine Ordnung. In der Wissenschaft muss man immer deutlich sagen, womit man genau arbeitet. Das nennen wir definieren. Beim Definieren werden bestimmte Objekte oder Sachverhalte in einem Satz charakterisiert. Dabei gibt man einmal vor wozu das zu definierende Objekt gehört. Das nennen wir den Überbegriff (Super-Objekt). Als Nächstes müssen dann die speziellen Merkmale genannt werden, die unser zu definierendes Objekt vom Super-Objekt abgrenzt.

Nehmen wir als erstes Beispiel einen Milch-Topf. Dieser gehört zu den Töpfen oder zum Koch-Geschirr. Was man davon wählt, ist dem Definierer überlassen. Eventuell muss aber später sehr viel mehr konkretisieren, wenn man eine weit entfernte Übergruppe wählt. Es bietet sich also an, eine möglichst direkt darüber liegende Klasse zu verwenden. Also nehmen wir die Töpfe. Damit haben wir schon einen Anfang unserer Definition:



Ein Milch-Topf ist ein Topf ...

Objekt

**Super-
Objekt**

Mit diesem Anfang ist ein Milch-Topf in eine große Gruppe eingeordnet. Wir brauchen jetzt noch einige spezielle Merkmale, die unseren Topf als Milch-Topf auszeichnen. Das könnten z.B. die Eigenschaften sein, dass Milch-Töpfe meist nur einen Henkel haben und einen gegenüberliegenden Ausguß. Damit die Milch nicht überkocht, sind Milch-Töpfe auch eher hoch als breit gebaut.

Mit diesen Merkmale können wir eine Definition zusammenstellen:

**Ein Milch-Topf ist ein Topf, der nur einen Henkel hat,
mit einem Ausguß ausgestattet ist
und relativ hoch gebaut ist.**

besondere Merkmale

Aufgaben:

1. Notiere eine andere Definition für Milch-Topf und diskutiere diese mit Deinem Nachbarn! Verbessere eventuell Deine Definition!

2. Benenne das grüne und rote Koch-Geschirr und definiere es dann!

3. Prüfe, ob die folgenden Definitionen bestimmte Werkzeuge exakt definieren!

- Ein Hammer ist ein Werkzeug, dass aus einen – auf der einen Seite flachen und auf der anderen Seite angespitzten – Eisen-Körper auf einem Holz-Stiel besteht.
- Ein Werkzeug ist ein Schraubendreher, der zum Rein- oder Raus-Drehen von Schrauben geeignet ist.
- Jede Kneiff-Zange ist eine Zange, die an der Wirkseite zwei gegeneinander ausgerichtete Schneide-Flächen besitzt.
- Ein Schrauben-Schlüssel (Maul-Schlüssel) ist ein modernes Werkzeug.
- Eine kleine Flasche mit einer feinen Auslauf-Düse als Verschuß, die mit Öl gefüllt werden und dieses Tropfen-weise wieder abgeben kann, ist ein Öl-Fläschchen.

x.1. Geräte und Materialien in der Chemie

- **Laborgeräte**

Die Chemie hat ihre eigenen Geräte und Werkzeuge. Diese wollen wir jetzt kennen lernen. Meist sind die Geräte für bestimmte Aufgaben oder Zwecke bestimmt. Diese Verwendungen werden wir nach und nach später kennen lernen.

Besonders wichtig ist die exakte Benennung der Geräte, da bei einer falschen Auswahl oder einer ungeeigneten Benutzung auch Gefahr für Leib und Leben bestehen kann.

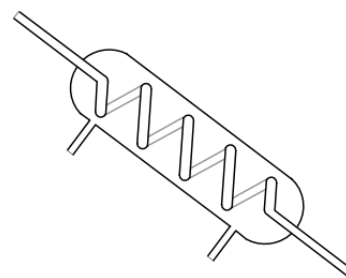
Geräte aus Glas



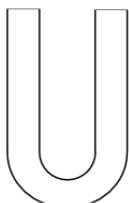
Reagenzglas
(Abk.: RG)



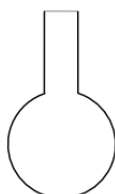
Messzylinder



Kühler



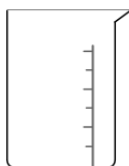
U-Rohr



Rundkolben



Standzylinder



Becherglas



ERLENMEYER-Kolben



pneumatische Wanne



Uhrgläschen



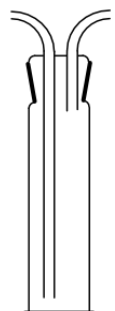
PETRI-Schale



Verbrennungsröhr



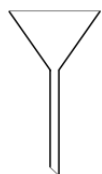
Glasstab



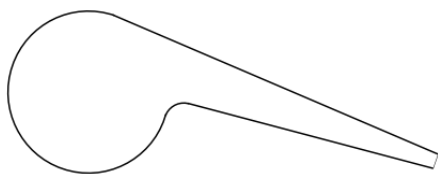
Gaswasch-Flasche



Bürette



Trichter



Retorte



Reagenzglas
mit seitlichem Ansatz



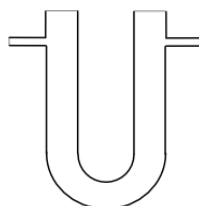
ERLENMEYER-Kolben
mit seitlichem Ansatz



Rundkolben
mit seitlichem Ansatz



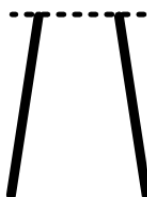
Standkolben



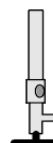
U-Rohr
mit seitlichen Ansätzen

Geräte aus Metall

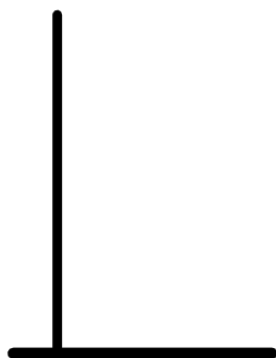
Tiegelzange



Dreibein



Brenner



Stativ

Stativklammern

Geräte aus Gummi / Plastik

Stopfen
(verschiedene Lochungen)

Schlauch

Geräte aus Holz

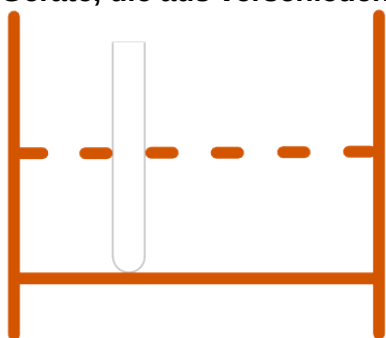


Reagenzglas-Zange



Holzstab

Geräte, die aus verschiedenen / speziellen Materialien bestehen (können):



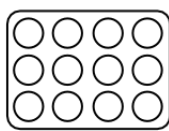
Reagenzglas-Ständer



Spatel



Pipette



Tüpfelplatte



Magnesia-Rinne



Magnesia-Stäbchen

Aufgaben:

1. **Präge Dir die Namen der Geräte und ihr Aussehen ein! (!!! eine Lern-Kontrolle ist nicht ausgeschlossen und kann jederzeit erfolgen!)**
2. **Definiere fünf Geräte, wobei aus jeder Material-Gruppe eins dabei sein muss!**
- 3.

Neben den klassischen "Chemie"-Geräten nutzen Chemiker auch Geräte oder Meßeinrichtungen aus der Physik. Die folgenden kennst Du vielleicht schon aus dem Physik-Unterricht?

Meßgeräte oder Meßeinrichtungen

Termometer
(klassisch, analog)

Termometer
(modern, digital)

Leitfähigkeits-Prüfer
(klassisch)

Leitfähigkeits-Prüfer
(modern, digital)

Abzug

Viele Geräte lassen sich gegeneinander austauschen, ohne das Probleme auftauchen. Trotzdem sollte man sich die Vorgaben der Experimentier-Anordnungen halten.

In keinem Fall darf ein Gerät aus einem anderen Material verwendet werden. Wird z.B. ein Becherglas aus Plaste über den Brenner gehalten, dann kann dieser je nach Material schmelzen oder brennen. Mit weiteren Chemikalien können dann gefährliche Produkte entstehen.



Vorschrift: Vorschriften für Experimente immer unbedingt einhalten!

x.y. Stoffe aus unserer Lebenswelt

- **Sicherheit im Chemieunterricht**
 - **Gefahrstoffe und ihre Symbole**
 - **Umgang mit Chemikalien**
 - **Grundregeln beim Experimentieren und Verhalten im Fachraum***Die Produkte des Alltags mit Gefahrstoffkennzeichnungen sind zu berücksichtigen*

Stoffe und ihre Eigenschaften

- **Eigenschaften: Farbe, Geruch, Glanz, Aggregatzustand, Löslichkeit, Brennbarkeit, Dichte, Schmelz- und Siedetemperatur, Härte, elektrische Leitfähigkeit, Magnesierbarkeit**

Auf das Gefahrenpotential einzelner Eigenschaften eines Stoffes für Mensch und Umwelt ist hinzuweisen.

SE: Untersuchen einzelner Eigenschaften an ausgewählten Stoffen

Definition(en): Gegenstände

Definition(en): Körper
Ein Körper ist i.A. ein fester (selten auch flüssiger) Gegenstand, der eine bestimmte Form hat und ein bestimmtes Volumen für sich beansprucht.

Stoff - Material

Chemiker nennen die Materialien ganz allgemein Stoffe. Aber woran erkennen wir eigentlich, um welchen Stoff es sich jeweils handelt?

Aufgaben:

- 3. Wähle 10 Stoffe aus Deine Liste aus und notiere dazu, wie Du diese Stoffe erkennst!**
- 4. Vergleiche Deine Charakterisierungen von den Stoffen mit denen von anderen Stoffen bei anderen Schülern! Welche Stoffe könnte man aufgrund der notierten Merkmale verwechseln?**
- 5. Wie könnte man die Stoff-Charakterisierungen unverwechselbar machen?**

Die Aufgabe der Chemiker ist es, zum Einen die Stoffe eindeutig zu charakterisieren, um sie später wiederzuerkennen. Zweitens soll erforscht werden, wie diese Stoffe im Innersten aufgebaut sind. Und Drittens interessiert Chemiker, welche Stoffe sich wie und eventuell mit welchem anderen Stoff umwandeln können. So haben die ersten Chemiker im Mittelalter – damals nannten sie sich Alchimisten – versucht Gold herzustellen. Dazu sollte natürlich billiges Ausgangs-Material verwendet werden. Leider ist ihnen das nicht gelungen, wie übrigens auch allen nachfolgenden Chemikern bis heute. Warum das so ist und wohl auch so bleiben wird, werden wir später genau lernen.

Aufgaben:

- 6. Wähle 10 Stoffe aus Deine Liste aus und notiere dazu, wie Du diese Stoffe erkennst!**
- 7. Vergleiche Deine Charakterisierungen von den Stoffen mit denen von anderen Stoffen bei anderen Schülern! Was stellst Du fest?**
- 8. Welche Stoffe könnte man aufgrund der notierten Merkmale verwechseln?**
- 9. Wie könnte man Stoff-Charakterisierungen unverwechselbar machen?**

Definition(en): Stoff
Ein Stoff ist ein – von außen als relativ einheitlich betrachtetes – Material mit charakteristischen beobachtbaren und messbaren Eigenschaften.
Ein Stoff ist das Material aus dem ein Gegenstand / ein Körper besteht.
Das Material aus dem ein Gegenstand / ein Körper besteht wird Stoff genannt.

Definition(en): Chemikalien
Chemikalien sind die (möglichst reinen) Stoffe mit denen Chemiker arbeiten.
Stoffe mit denen Chemiker arbeiten, werden Chemikalien genannt..

Für die Chemikalien gibt Vorschriften, wie sie gelagert werden müssen und mit welchen Etiketten die Aufbewahrungs-Behälter versehen werden müssen.

Die meisten Chemikalien können in Plaste-Flaschen aufbewahrt werden. Für aggressive Stoffe und Lösungsmittel benutzt man vorrangig Glas-Flaschen.

Auf jedem Behältnis mit einer Chemikalie muss ein vorschriftsmäßiges Etikett geklebt sein.

Für gefährliche Chemikalien gibt es spezielle Symbole – sogenannte Gefahren-Symbole – mit denen auf die Gefahrenart hingewiesen wird.

Die Symbole sind vielfach selbsterklärend. In jedem Fall ist mit solchen Chemikalien immer besonders vorsichtig zu arbeiten. Kennt man Gefahren-Symbol nicht, dann muss man sich vor dem Arbeiten mit der Chemikalien über die konkrete Gefahr informieren. Beim Umgang mit Chemikalien darf man sich selbst und andere in keiner Form gefährden.

Die orangen, quadratischen Symbole sind in einer EU-Richtlinie festgelegt und gelten auch weiterhin. Für neue Chemikalien sind aber die die GHS-Symbole vorgeschrieben. Sie bestehen aus weißen, auf einer Spitze stehenden Quadraten mit einem rotem Rand. Die Gefahr ist mit einem schwarzem Symbol verdeutlicht.

Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien

GHS-Symbole

neues GHS-Symbol	Bedeutung mögliche Gefährdung	älteres Symbol	Hinweise zum Umgang mit gekennzeichneten Chemikalien	
	giftig sehr giftig		niemals kosten (nie Geschmack prüfen); Hautkontakt meiden; vorsichtig riechen	
	ätzend korrosiv hautätzend schwere Augenschäden möglich		Hautkontakt meiden; Schutzbrille und Handschuhe tragen	sofort mit Papier oder einem Tuch abtupfen (dieses sofort wegwerfen) und mit viel Wasser abwaschen
	Gesundheitsgefahr gesundheitsgefährdend		niemals kosten (nie Geschmack prüfen); Hautkontakt meiden; einatmen vermeiden	
	brennbar leicht entzündlich entzündbar selbsterhitzungsfähig		nur entfernt von offenen Flammen oder Zündeinrichtungen handhaben; Behälter sofort wieder verschließen; nur kleine Mengen benutzen	
	selbstzersetzend explosiv , instabil		nur kleine Mengen verwenden nicht erwärmen, nicht stoßen; entfernt von offenem Feuer handhaben	
	brandfördernd		nicht in der Nähe von brennbaren Stoffen lagern; nicht in der Nähe von offenem Feuer handhaben	
	reizend		Hautkontakt meiden; nicht einatmen; Handschuhe tragen	Raum durchlüften unter einem Abzug arbeiten
	Umwelt- oder Gewässergefährlich		Chemikalien oder ihre Reste dürfen nicht in die Umwelt oder Gewässer gelangen	Entsorgung in speziellen Sammel-Behältern
	komprimierte oder verflüssigte Gase unter Druck stehend		Gas-Flaschen nur vorsichtig und langsam öffnen; Gas nicht einatmen; beim Abgasen kann Flasche oder Gas sehr kalt werden	entleerte Gas-Flaschen zum Austausch abgeben

Die verschiedenen Gefahren-Symbole sind bezüglich einer Gefahr meist sehr ähnlich. Mit den neuen Gefahren-Symbolen (GHS-System) gibt es z.T. eine neue Zuordnung

Für den Umgang mit den Chemikalien gibt es Regelsätze, die in Laboren auch aushängen müssen. Diese sind unbedingt einzuhalten.

Zur besseren und schnelleren Handhabung sowie der einfacheren internationalen Verständigung wurden Kurzhinweise auf bestimmte Gefahren vereinbart. Sie sind in den verschiedenen Sprachen immer gleichbedeutend.

Als Beispiel schauen wir uns den Hinweis H300 als Beispiel an:

Hinweis	Hinweistext	Sprache
H300	Mortel en cas d'ingestion.	französisch
H300	Lenyelve halálos.	ungarisch
H300	Mortal en caso de ingestión.	spanisch
H300	飲み込むと生命に危険	japanisch
H300	Смертельно при проглатывании	russisch
H300	Fatal if swallowed.	englisch
H300	Lebensgefahr beim Verschlucken.	deutsch

Das sind nur einige ausgewählte Sprachen. Für alle gängigen internationalen Sprachen sind entsprechende Übersetzungen verfügbar. Innerhalb eines Landes wird natürlich nur die Landessprache verwendet.

H-Sätze (Gefahren-Hinweise)

H kommt von englischen **hazard** (sprich: **hassart**; dt.: Gefahr)

P-Sätze (Sicherheits-Hinweise)

P kommt vom englischen **precautionary** (sprich: **präkauschenäri**; dt.: Sicherheitshinweis)

Natürlich lernt man im Normalfall diese Hinweise nicht auswendig. Sie sind auf den Chemikalien-Behältern mit aufgedruckt. Nur in seltenen Fällen benötigt man die Hinweis-Nummer für die Übersetzung (z.B. bei englisch-sprachigen Experimentier-Anleitungen). Die Landesliste hängt dann in Laboren aus bzw. ist im Internet zugänglich (→ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0918>).

älter sind die R- und S-Sätze. Sie können weiterhin verwendet werden. In vielen Fällen sind sie identisch zu den neuen H- und P-Sätzen. Die Verwendung erfolgt analog (gleichartig).

R-Sätze (Risiko-Sätze)

engl.: risk

sind Ausgangspunkt für die Gefahren-Einstufung eines Stoffes

S-Sätze (Sicherheits-Sätze)

engl.: safety

ergeben sich aus den R-Sätzen

sind sogenannte Sicherheits-Ratschläge zum Umgang mit den Stoffen



VORSICHT: Stoffe können (sehr) gefährlich sein!

Links:

<http://schoolscout24.de/cgi-bin/keminaco/hppinput.cgi> (Übersetzungen der H- und P-Sätze in 22 weitere Sprachen)

R-Sätze (sind modernisiert worden →)

R 1	In trockenem Zustand explosionsgefährlich.	
R 2	Durch Schlag, Reibung, Feuer und andere Zündquellen explosionsgefährlich.	
R 3	Durch Schlag, Reibung, Feuer und andere Zündquellen besonders explosionsgefährlich.	
R 4	Bildet hochempfindliche explosionsgefährliche Metallverbindungen.	
R 5	Beim Erwärmen explosionsgefährlich.	
R 6	Mit und ohne Luft explosionsgefährlich	
R 7	Kann Brand verursachen.	
R 8	Feuergefahr beim Berühren mit brennbaren Stoffen.	
R 9	Explosionsgefahr bei Mischung mit brennbaren Stoffen	
R 10	Entzündlich.	R 11 Leichtentzündlich.
R 12	Hochentzündlich.	R 13
R 14	Reagiert heftig mit Wasser.	
R 15	Reagiert mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase.	
R 16	Explosionsgefährlich in Mischung mit brandfördernden Stoffen.	
R 17	Selbstentzündlich an der Luft.	
R 18	Bei Gebrauch Bildung explosionsfähiger / leicht-entzündlicher Dampf-Luftgemische möglich.	
R 19	Kann explosionsgefährliche Peroxide bilden.	
R 20	Gesundheitsschädlich beim Einatmen	
R 21	Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut	
R 22	Gesundheitsschädlich beim Verschlucken.	
R 23	Giftig beim Einatmen.	R 26 Sehr giftig beim Einatmen.
R 24	Giftig bei Berührung mit der Haut.	R 27 Sehr giftig bei Berührung mit der Haut.
R 25	Giftig beim Verschlucken	R 28 Sehr giftig beim Verschlucken.
R 29	Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase.	
R 30	Kann bei Gebrauch leicht entzündlich werden.	
R 31	Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase.	
R 32	Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase.	
R 33	Gefahr kumulativer Wirkungen.	
R 34	Verursacht Verätzungen.	
R 35	Verursacht schwere Verätzungen.	
R 36	Reizt die Augen.	
R 37	Reizt die Atmungsorgane.	
R 38	Reizt die Haut.	
R 39	Ernste Gefahr irreversiblen Schadens.	
R 40	Verdacht auf krebserzeugende Wirkung.	
R 41	Gefahr ernster Augenschäden.	
R 42	Sensibilisierung durch Einatmen möglich.	
R 43	Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.	
R 44	Explosionsgefahr bei Erhitzen unter Einschluss	
R 45	Kann Krebs erzeugen.	
R 46	Kann vererbare Schäden verursachen.	R 47
R 48	Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition.	
R 49	Kann Krebs erzeugen beim Einatmen.	
R 50	Sehr giftig für Wasserorganismen.	
R 51	Giftig für Wasserorganismen.	
R 52	Schädlich für Wasserorganismen.	
R 53	Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.	
R 54	Giftig für Pflanzen.	
R 55	Giftig für Tiere.	
R 56	Giftig für Bodenorganismen.	
R 57	Giftig für Bienen.	
R 58	Kann längerfristig schädliche Wirkungen auf die Umwelt haben.	
R 59	Gefährlich für die Ozonschicht.	
R 60	Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen.	
R 61	Kann das Kind im Mutterleib schädigen.	
R 62	Kann möglicherweise die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen.	
R 63	Kann das Kind im Mutterleib möglicherweise schädigen.	
R 64	Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen	
R 65	Gesundheitsschädlich: Kann beim Verschlucken Lungenschäden verursachen.	
R 66	Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.	
R 67	Dämpfe können Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen	
R 68	Irreversibler Schaden möglich.	

es sind spezielle Kombinationen von R-Sätzen mit gekürzten Texten erlaubt

S-Sätze (sind modernisiert worden →)

[illegible]

es sind spezielle Kombinationen von S-Sätzen mit gekürzten Texten erlaubt.

Wenn wir Stoffe untersuchen, dann wählen wir immer nur eine kleine Menge davon aus. Meist wollen wir den Stoff ja noch für etwas anderes nutzen oder er ist vielleicht auch zu wertvoll, um ihn beim Experimentieren zu verbrauchen oder zu zerstören.

Dazu kommen wir gleich genauer (→).

Auch für die kleinen Stoffmengen – Stoffproben genannt – gelten die gleichen Sicherheitsvorschriften, wie für die Chemikalien in den Aufbewahrungs-Flaschen. Da wir eventuell den Stoff noch gar nicht kennen – und somit auch keine sicheren Aussagen über seine Gefährlichkeit machen können – gehen wir in der Chemie immer mit der größtmöglichen Vorsicht vor. Lieber einmal zu viel und zu doll vorsichtig sein, als sich oder andere zu gefährden.



REGEL: Bei unbekannten Stoffen immer die größtmögliche Vorsicht walten lassen!

x.0. Verhalten beim Experimentieren

Wichtige Verhaltens-Regeln in der Chemie / im Chemie-Unterricht

allgemeingültig / immer gültig

Im Chemie-Raum wird nicht gegessen oder getrunken!

Auf den Tischen könnten sich noch Chemikalien-Reste von anderen Experimenten befinden. Außerdem wird durch Kauen und Trinken die Aufnahme von Stoffen in den Körper begünstigt.

Für bestimmte Experimente ist das Tragen von Schutz-Kleidung, -Brillen und / oder – Handschuhen vorgeschrieben. Diese Schutzmaßnahmen sind ausnahmslos einzuhalten.

vor dem Experimentieren

Versuchsanleitungen gründlich lesen (ev. mehrmals), solange bis der Ablauf des Experiments klar ist

von diesem Ablauf darf nicht abgewichen werden

Abwandlungen sind im schulischen Betrieb selten sinnvoll und passend, man kann Vorschläge zur Abwandlung oder Erweiterung des Experimentes mit dem Kursleiter besprechen nur wenn dieser eine Abwandlung ausdrücklich erlaubt, dann darf diese ausgeführt werden, weitere Abwandlungen sind wiederum nicht zulässig

abgewandelte / veränderte Abläufe sind zu protokollieren

vor jeder Benutzung einer Chemikalie ist das Etikett zu prüfen. Viele Chemikalien werden in sehr ähnlichen oder gleichen Chemikalien gelagert. Ein Verwechseln kann gefährliche Folgen haben.

Die Gefahren-Symbole und Warn-Hinweise auf den Chemikalien sind unbedingt zu beachten.

Ein Kittel ist für die meisten Experimente angebracht, aber nicht immer notwendig. Schutzbrillen sind für bestimmte Experimente vorgeschrieben und dann auch durchgängig zu tragen.

Beim Umgang mit ätzenden oder Gesundheits-gefährdenden

während des Experimentierens

Es werden nur die Versuche gemacht, die vorher besprochen wurden bzw. für die Arbeitsanweisungen formuliert wurden!

Nur der Kursleiter entscheidet über Veränderungen bei den Experimenten bzw. über die Durchführung neuer / zusätzlicher Experimente. Schon bei der Veränderung der Schrittfolge kann es zu Gefährdungen kommen bzw. Experimente nicht ordnungsgemäß laufen.

Öffnungen von Reaktions-Gefäßen immer so halten, dass niemand bei Überreaktionen oder Explosionen gefährdet ist

Unter Umständen reagieren Chemikalien verzögert und stoßartig. Dabei können z.B. ätzende oder heiße Chemikalien aus den Gefäßen spritzen.

Im Normalfall werden die Versuche einmal bzw. entsprechend der vorgeschriebenen Anzahl durchgeführt. Wiederholungen sind mit dem Kursleiter abzusprechen und müssen vollständig dokumentiert werden.

nach dem Experimentieren

Chemikalien, nicht verschmutzte Geräte oder Meßgeräte werden wieder zurück in die Schränke oder auf den Lehrertisch gebracht.

Geräte, die mit Chemikalien in Kontakt gekommen sind, werden zuerst entleert für verschiedene Gefahrstoffe gibt es spezielle Sammelbehälter vor dem Reinschütten von Chemikalien-Resten unbedingt auf dem Etikett des Sammelbehälter nachschauen, ob dieser für die Reste genutzt werden darf Nach dem Entleeren wird einmal mit Wasser ausgespült. Auch dieses Ausspülwasser muss ev. noch mit in den Sammelbehälter.

Für schlecht wasserlösliche Chemikalienreste kann man auch ev. mit lauwarmen Wasser mit etwas Spülmittel (Fit od.ä.) zum Auswaschen benutzen.

Zum Reinigen benutzt man spezielle Bürsten, die immer nur drehend benutzt werden. Beim stoßenden Reinigen könnte der Boden des Glasgefäßes nachgeben und ev. Chemikalienreste auf Hände oder Bekleidungsteile gelangen.

Vor dem Trocknen werden die Gefäße einmal mit klarem Wasser ausgespült.

Tisch abwischen

Arbeitsplätze so verlassen, dass nachfolgende Experimentier-Gruppen einen ordentlichen Arbeits-Platz vorfinden.

Prüfen, ob Gas- und Wasser-Hähne zuge dreht sind und Strom-Stecker aus den Steck-Dosen bzw. den Verteiler-Buchsen entfernt wurden.

Hände waschen

Wiederholte und bewußte Verstöße gegen die Verhaltens-Regeln führen zum Ausschluss vom Experimentieren. Eine Gefährdung der eigenen Person und vor allem von anderen Schülern ist nicht akzeptabel.

Aufgaben:

- 1. Lege ein Extra-Deckblatt für den Chemie-Hefter an! Verwende dazu die Seiten-Aufteilung, wie sie auf der nächsten Seite vorgegeben ist! Beginne von unten nach oben!*
- 2. Recherchiere die fehlenden Informationen und trage sie auf dem Blatt ein!*
- 3. Gestalte den oberen Teil nach eigenem Ermessen! Der Fachname und Dein Name müssen – auch aus einer etwas größeren Entfernung – sichtbar sein*

*freie Gestaltung mit Fachname
und dem eigenem Namen*

wichtige Notfall-Informationen:	
mein Laborraum hat die Nummer ... (ev. auch Gebäude-Bezeichnung)	
der nächste Erste-Hilfe-Kasten ist ...	jeweils immer die Information und ein kleines Symbol / Pictogramm
ein Feuerlöscher steht ...	
ein Waschbecken und die Augendusche befindet sich ...	
Not-AUS-Schalter sind ...	
Symbol	
die Notrufnummer der Feuerwehr und des Rettungsdienstes lautet:	
die Telefonnummer des Schulsekretariats mit Vorwahl lautet:	

Arbeiten mit einem Brenner

- **Gasbrenner**

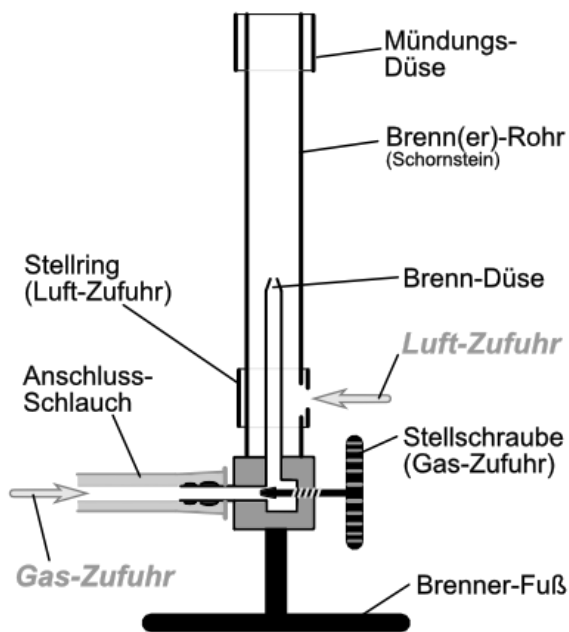
SE: Entzünden und Löschen eines Brenners, Einstellen verschiedener Flammen

SE: Ermitteln verschiedener Temperaturzonen in der nicht leuchtenden Brennerflamme mit dem Holzspan oder Magnesiastab

Aufbau des Brenners

Der Grund-Typ eines Gasbrenners wurde von Robert W. BUNSEN (1811 – 1899) entwickelt. Auch wenn das Aussehen einiger Brenner leicht voneinander abweicht, funktionieren sie alle nach dem gleichen Prinzip. Über einen Gas-Hahn wird die Gas-Zufuhr reguliert. Das gelangt über eine Düse in einen Schornstein. Hier wird das brennbare Gas mit mehr oder weniger Luft gemischt. Je mehr Luft im Gas-Luft-Gemisch enthalten ist, umso heißer wird die Flamme. Die Luft-Zufuhr wird über einen Stellring mit einer Öffnung reguliert. Die Luft-Öffnung kann unterschiedlich gebaut sein. Sie ist aber immer gut zu erkennen (siehe auch untere Foto's).

An der Mündung des Schornsteins wird das Gas-Gemisch gezündet und brennt hier ab. Die Mündungs-Düse sorgt für gleichmäßiges Abbrennen und die Kühlung des Schornsteins.



Bau-Schema eines Gas-Brenners

Foto-Strecke für einen Brenner-Typ mit einem Ring-artigen Verschluss für die Luftzufuhr. Der Ring kann nach oben bzw. unten geschoben werden. Je nachdem wird die Luft-Öffnung freigegeben.

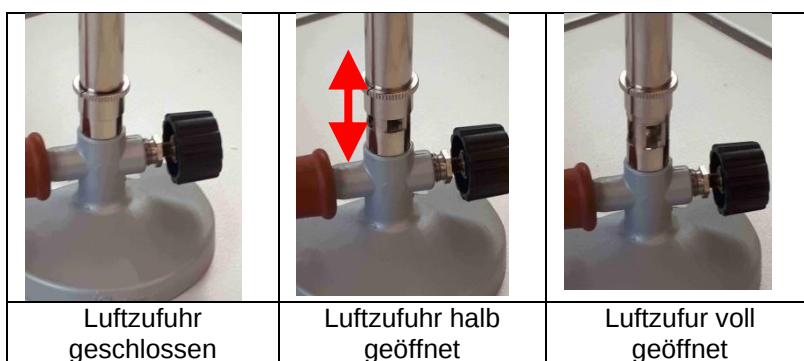
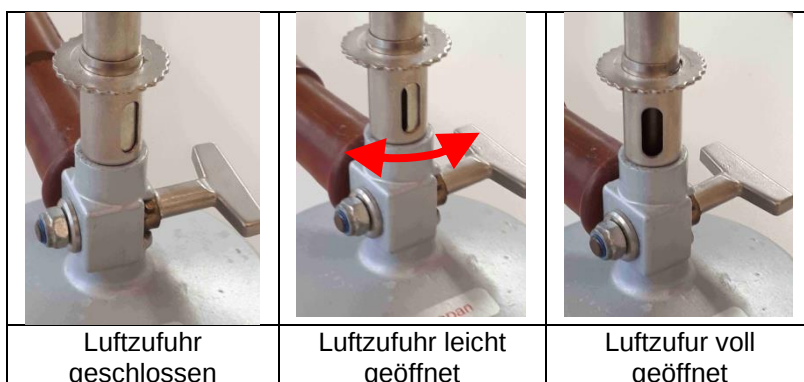


Foto-Strecke für einen Brenner-Typ mit einem Ring-artigen Verschluss für die Luftzufuhr. Der Ring kann nach seitlich gedreht werden. Je nachdem wird die Luft-Öffnung freigegeben.



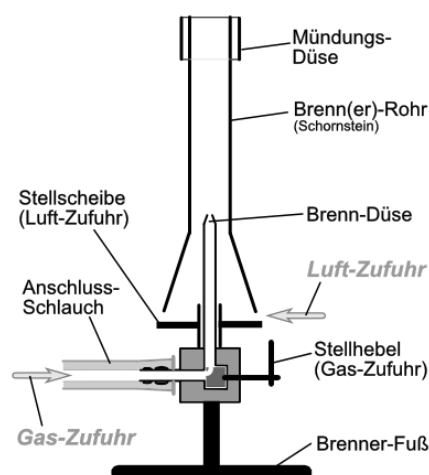
Bei einem TECLU-Brenner ist die Luft-Zufuhr einfacher zu regulieren. Man sieht sofort, ob die Luft-Zufuhr unter dem trichterförmigen Teil des Schornsteins geöffnet ist. Der Gashahn ist meist als Hebel ausgeführt. Durch diese einfachen Veränderungen ist der TECLU-Brenner für Anfänger leichter zu handhaben. Der TECLU-Brenner arbeitet nach Prinzip eines BUNSEN-Brenners. Durch eine noch größere Luft-Einströmung können mit TECLU-Brennern auch Temperaturen bis 1500 °C erreicht werden.

In einigen Laboren bzw. Schulen werden alternativ Spiritus-Brenner oder Propan-Kartuschen-Brenner genutzt. Die Kartuschen-Brenner besitzen unten einen unter Druck stehenden Gas-Behälter – Kartusche genannt. In der Kartusche befindet sich ein brennbares Gas – z.T. in verflüssigter Form. Als brennbare Gase werden Propan und / oder Butan verwendet.

Ober auf die Kartusche wird ein leicht abgewandelter Brenner gesteckt. Er funktioniert nach dem Prinzip eines BUNSEN-Brenners.

Spiritus-Brenner bestehen aus einem Spiritus-Behälter, in dem oft ein Fließ für etwas Auslaufsicherheit sorgt. Im Deckel des Spiritus-Behälters befindet sich eine Öffnung durch die ein Docht gesteckt ist. Dieser taucht in den Spiritus ein. Der Spiritus kann so nach oben an die Dochtspitze wandern und dort entzündet werden. Spiritus-Brenner erzeugen nicht so heiße Flammen, wie echte Gas-Brenner. Zum Erwärmen von Lösungen usw. sind sie aber gut geeignet.

Noch einfacher sind Teelichter zu handhaben. Von ihnen geht nur eine sehr geringe Gefahr aus. Allerdings wird die Flamme auch nicht so heiß. Man kann aber kleine Reagenzgläser gut mit ihnen erwärmen.



Umgang mit dem Gas-Brenner

Vorsichtsmaßnahmen



VORSICHT: Experimentier-Vorschriften beachten!

1. alle Gashähne schließen
2. Brenner standfest aufstellen
3. Kittel anziehen, weite Ärmel hochkrämpeln
4. lange Haare zusammenstecken
5. niemals Körperteile über den Brenner halten
6. ruhig arbeiten
7. auf heiße Teile achten

Anzünden

1. Haupthahn schließen
2. Schlauch aufstecken
3. Gashahn am Brenner ganz schließen
4. Luft-Zufuhr ganz schließen
5. Gashahn am Wand-Anschluß öffnen
6. Gashahn am Brenner leicht aufdrehen
7. Streichholz anzünden und an die Brennerspitze halten
8. Gas-Zufuhr regulieren damit eine ruhige Flamme entsteht (ev. auf Spar-Betrieb stellen)



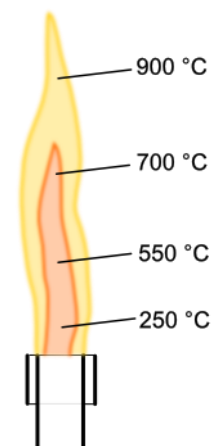
VORSICHT: Die Flamme eines Brenners und der Schornstein sind sehr heiß!

Einstellen der richtigen Flamme

(gelbe,) **leuchtenden Flamme** → **zum langsamen Erwärmen**

1. Luft-Zufuhr verschließen
2. Gas-Zufuhr einstellen

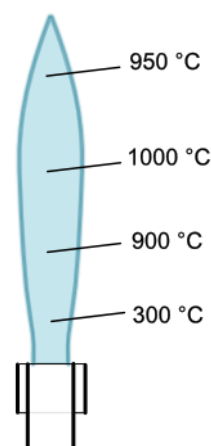
Zum langsamen Erwärmen beginnt man im unteren Bereich der Flamme. Nach und nach bewegt man dann das zu erwärmende Objekt in den oberen Bereich der leuchtenden Flamme (Diffusions-Flamme).



(blaue,) **nicht-leuchtende Flamme** → **für schnelles und etwas höheres Erwärmen**

1. Gas-Zufuhr aufdrehen (ev. bis kurz vor Maximum)
2. Luft-Zufuhr nur wenig öffnen

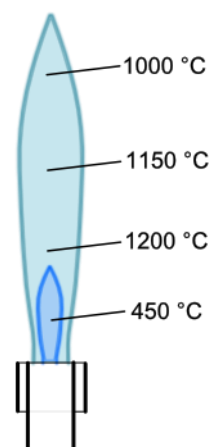
Um ein Objekt zu erhitzen beginnt man im oberen Bereich der Flamme und bewegt das Objekt dann langsam in Richtung blau leuchtender Innen-Flamme. Hier ist die rauschende Flamme (Vormisch-Flamme) am heißesten.



(blaue,) **rauschende Flamme** → **für hohe Temperaturen / zum Erhitzen**

1. Gas-Zufuhr aufdrehen (ev. bis kurz vor Maximum)
2. Luft-Zufuhr langsam öffnen bis zum Maximum

Um ein Objekt zu erhitzen beginnt man im oberen Bereich der Flamme und bewegt das Objekt dann langsam in Richtung blau leuchtender Innen-Flamme. Hier ist die rauschende Flamme (Vormisch-Flamme) am heißesten.



**VORSICHT: Bei zu großer Luftzufuhr kann die Flamme in den Brenner "zurückschlagen"!
Die Gas-Zufuhr muss dann sofort abgeschaltet werden.**

Spar-Flamme (nicht bei allen Brenner-Modellen verfügbar)

1. Luft-Zufuhr ganz schließen
2. Gas-Zufuhr langsam reduzieren (ev. ganz schließen)

Die Spar-Flamme ist für Phasen zwischen Experimenten geeignet. Man kann schnell wieder eine andere Flammen-Art einstellen und muss den Brenner nicht jedes Mal neu anzünden. Die Spar-Flamme ist aber empfindlich gegen Zugluft. Wenn die Flamme ausgegangen ist, verlässt nur sehr wenig Gas den Brenner. Der Brenner kann dann gleich wieder angezündet werden. Das geht oft auch schon in der Spar-Einstellung.



Brenner ausmachen

1. leuchtende Flamme einstellen / oder Spar-Betrieb)
2. Gashahn am Wand-Anschluß schließen
3. Gashahn am Brenner schließen
4. vor dem Abbauen und Wegstellen des Brenners diesen unbedingt abkühlen lassen

Versuch: Temperaturen in der Brenner-Flamme

Materialien:

Brenner, Magnesia-Stäbchen (, Reagenzglas-Klammer)

Durchführung:

1. Brenner anzünden
2. gewünschten Flamme-Typ einstellen
3. Magnesia-Stäbchen an verschiedenen Stellen (unten, mittig, oben) in die Flamme halten
→ **Beobachtung** (Wo glüht das Magnesia-Stäbchen zuerst? Wie lange dauert es, bis das Magnesia-Stäbchen an der Stelle glüht?)
4. neuen Flammen-Typ wählen und bei 3. wiederholen

! Achtung!
Labor-Regeln und Regeln
zum Umgang mit einem
Brenner beachten!

Untersuchung von Stoffen

qualitative Aussagen über einen Stoff

Die Qualität eines Stoffes sagt etwas über dessen Güte aus. Der Begriff leitet sich vom lateinischen *qualitas* für Beschaffenheit, Merkmal ab. Die qualitativen Eigenschaften sind die **Güte-Eigenschaften** einer Stoff-Probe.

Die qualitativen Merkmale eines Stoffes sind von der Größe der Stoff-Probe unabhängig. Sie beschreiben Aussehen, Geruch, Geschmack, Schmelz- und Siedetemperaturen usw. usf.

Viele qualitative Eigenschaften haben beschreibenden Charakter. Dazu gehören z.B. die Farbe und der Geruch. Wir sehen z.B. einen gelben, leicht reizend riechenden Stoff.

Einige Merkmale haben auch bestimmte Zahlen-Werte. Die Schmelz-Temperatur ist so ein Wert. Der Wert ist aber immer unabhängig von der Größe der Stoff-Probe. Die Schmelz-Temperatur für Wasser ist z.B. immer 0 °C – egal ob man einen kleinen Eis-Würfel oder einen Gletscher schmilzt.

quantitative Aussagen über einen Stoff

Stoff-Probe (Stoff-Portion)

Unter Quantität verstehen wir die Menge oder die Anzahl von etwas. Es soll angezeigt werden, wieviel wir von einem Stoff zur Verfügung haben bzw. benutzt haben.

Die quantitativen Merkmale einer Stoff-Probe sind also immer von der Menge oder Größe abhängig. Wir nennen die quantitativen Eigenschaften auch **Mengen-Eigenschaften**.

Definition(en): Stoff-Probe / Stoff-Portion
Eine Stoff-Probe ist eine zufällig große oder exakt abgemessene Menge eines Stoffes oder eines Stoff-Gemisches.
Eine Stoff-Probe ist eine Portion eines Stoffes oder Gemisches.

Charakteristische quantitative Größen einer Stoff-Probe sind:

Masse
Volumen
Giftigkeit



Die Spannbreite der Stoff-Proben kann sehr groß sein. Mal sind es die μg (sprich: Microgramm) in einer Blut-Probe (z.B. bei der Suche nach Doping-Mitteln). Das andere Mal sind es tausende Tonnen Abraum eines Bergwerkes. Für Masse und Volumen gibt es standardisierte Größen. Bei der Masse ist es das Kilogramm. Es wird durch ein internationales Einheiten-System definiert (SI-Einheiten; system international d'unités). Das Volumen leitet sich aus dem Meter ab. Die übliche Einheit wäre dann also m^3 (sprich: Kubikmeter).

Vielfach brauchen wir kleinere oder größere Einheiten, damit die Zahlen-Werte noch übersichtlich und lesbar bleiben.

Aufgaben:

1. *Übernehme die Tabelle in deinen Chemie-Ordner und berechne die leeren Zellen!*

Masse ...					
in μg	in mg	in g	in kg	in t	in einer anderen Einheit
				0,03	
	270'500				
		1'000			
					1 Ztr. (Zentner)

2. *Übernehme die Tabelle und berechne die fehlenden Werte!*

Volumen ...					
in cm^3	in ml	in l (Liter)	in dm^3	in m^3	in einer anderen Einheit
				1,0	μl
	3'050				Barrel
			22		hl
					1 RT (Registertonne)

3. *Betrachte die letzte Tabelle genauer! Was fällt auf? Was können wir uns also merken?*

Fehlt uns für irgendwelche Berechnungen die Masse oder das Volumen und haben wir das andere gegeben, dann können wir uns mit der phasikalischen Größe Dichte behelfen. Sie stellt für jeden Stoff ein typisches Verhältnis von Masse und Volumen dar.

Definition(en): Dichte

Die Dichte ρ (sprich: roh) ist der Quotient aus Masse und Volumen einer Stoff-Probe. Die Dichte ist für die Stoffe charakteristisch und ist Tabellen dokumentiert.

Aufgaben:

1. *Bestimme die Masse von 150 ml Wasser! (Volumen vorher exakt in einem Meßzylinder abmessen!) Berechne die Dichte der Stoff-Probe Wasser! Vergleiche den berechneten Wert mit dem Tabellen-Wert!*
2. *Wiederhole den Versuch 10x mit immer neuem Wasser! Berechne den Durchschnitt der Masse und der Dichte! Vergleiche nun mit dem Tabellen-Wert!*
3. *Von einer Stoff-Probe Eisen ist bekannt, dass sie 200 g wiegt. Berechne das Volumen der Stoff-Probe!*

viele Millionen von verschiedenen Stoffen bekannt

Manche Stoffe haben gleiche oder sehr ähnliche Eigenschaften – wird zur Gruppierung / Klassifikation genutzt

so schmecken einige – auch stark verdünnt – noch sauer, sind ätzend und greifen viele Metalle an. Solche Stoffe werden z.B. Säuren genannt. Die Namen Schwefelsäure, Ameisensäure oder Essigsäure stehen für diese Stoffe. Wir fassen sie aufgrund ihrer Eigenschaften in eine Gruppe zusammen, die eben Säuren genannt wird. Stoffe einer Gruppe können aber auch in anderen Gruppen wieder auftauchen. Die Schwefelsäure gehört z.B. auch zu den Schwefel-Verbindungen.

Ein anderes Beispiel für die Gruppen-Bildung sind süß schmeckende Stoffe. Da fällt uns sich zuerst der Haushalts-Zucker (Kristallzucker, Raffinade-Zucker) ein. Chemiker nennen ihn Saccharose. Im vielen Haushalten findet man aber auch Fruchtzucker (Fructose) oder Traubenzucker (Glucose). Diese drei genannten Stoffe sind Zucker oder Saccharide. Neben den Zuckern werden z.B. auch Süßstoffe – meist in Form von Tabletten oder als Flüssig-Süße – im Haushalt verwendet. Diese Süßstoffe sind keine Zucker. Ihre chemische Natur ist völlig anders. Zusammen können wir die Süßstoffe und die Zucker natürlich in die Gruppe der "süß schmeckenden Stoffe" zusammenfassen.

Die Gruppen-Bildung erfolgt immer durch den Menschen unter Betonung bestimmter Merkmale. So betont die Zugehörigkeit der Schwefelsäure zu den Säuren ihre starken sauren und ätzenden Eigenschaften. Bei der Zuordnung zu den Schwefel-Verbindungen wird dagegen der Bau-Bestandteil Schwefel hervorgehoben. Die Gruppen-Zuordnung wird vielfach auch von der Verwendung der Gruppe bestimmt.

Gruppen lassen über- oder unterordnen. Übergeordnete Gruppen enthalten mindestens zwei untergeordnete Gruppen. Die übergeordnete Gruppe ist durch ein oder mehrere allgemeine – für alle untergeordnete Gruppen gültige – Merkmale oder Eigenschaften charakterisiert. Die untergeordneten Gruppen unterscheiden sich dann durch spezielle Eigenschaften oder Merkmale.

mindestens in einer Eigenschaft unterscheiden sich zwei Stoffe voneinander – wird zur Unterteilung / Unterscheidung genutzt

Aufgaben:

1. Suche für Kochsalz (Natriumchlorid) die notwendigen Informationen für die nachfolgende Info-Karte zusammen! Verwende dazu vorrangig das Tafelwerk und Dein eigenes Wissen!

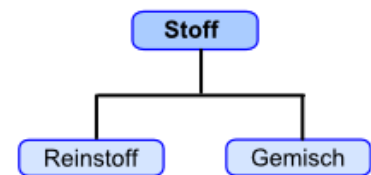
wiss. Name:	Natriumchlorid		
weitere Namen:		Formel:	NaCl
Form, Grobstruktur		Farbe	
Aggregatzustand		Geschmack	
Schmelztemperatur		Geruch	
Siedetemperatur		Dichte	
elektrische Leitfähigkeit		Brennbarkeit	
Wärmeleitfähigkeit		Giftigkeit	

2. Erstelle in Deinem Heft(er) auf einem neuen A4-Blatt eine Tabelle nach dem folgenden Schema! Ermittle die fehlenden Eigenschaften (Ausprägungen) und ergänze weitere Eigenschaften (Kategorien)! Wer findet die meisten?

Eigenschaften -Kategorien	Stoffe		
	(Salat-)Öl	Zucker	Luft
Aggregatzustand			
Farbe			
Geruch			
...			
...			
...			

3. Wähle 3 andere Stoffe aus und notiere die Eigenschaften in einer neuen Tabelle (nach dem Schema aus Aufgabe 1)
4. Von drei Stoffen ist nur der untere Teil der Eigenschaften-Tabelle übrig geblieben. Um welche Stoffe handelt es sich?
5. Erstelle einen Steckbrief für einen selbstgewählten Stoff!
6. Erstelle einen Steckbrief "Gesucht wird ..." ohne den Namen und Formel eines haushaltsüblichen Stoffes! Hängt die Steckbriefe im Fachraum aus! Wer erkennt alle / die meisten Stoffe?

Aggregatzustand			
Farbe			
Geruch			
Geschmack			
Brennbarkeit			
elektrische Leitfähigkeit			
Wärme-Leitfähigkeit			
Schmelztemperatur			
Siedetemperatur			
Dichte			
Giftigkeit			
Magnetismus			
das ist ...			



in festen Gemischen sind die Einzel-Bestandteile häufig wiederzufinden (bei entsprechender Vergrößerung)

Trennung der Bestandteile durch einfache Verfahren (Sieben, Filtern Dekantieren, Magnet-Sichten, Destillieren usw. usf.) möglich

Entmischen und Mischen können praktisch beliebig oft wiederholt werden

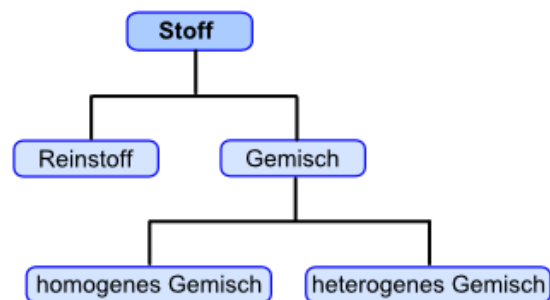
ev. sind auch andere Trenn- (oder Misch-)Verfahren kombinierbar, die entmischten Einzelstoff bleiben die Selben

Definition(en): Stoff-Gemisch

Ein Stoff-Gemisch (kurz: Gemisch) ist ein Stoff, der aus mindestens zwei entmischbaren Einzel-Stoffen (→ Reinstoffe) zusammengesetzt ist / gemischt wurde.

Ein (Stoff-)Gemisch ist ein beobachtbarer Stoff, der sich (wiederholt) durch physikalische Methoden in (Rein-)Stoffe trennen und wieder dann wieder mischen lässt.

Typische physikalische Methoden: Sieben, Dekantieren, Verdampfen / Destillieren, Magnettrennen, Lösen, Mischen / Verrühren, ...



heterogenes (ungleichmäßiges) Gemisch

Einzel-Bestandteile sind identifizierbar; Gemisch erscheint grob

Aufgaben:

- 1.
2. *Plane ein Experiment, mit dem man überprüfen kann, ob es sich bei Wasser, Eis und Dampf um den gleichen Stoff handelt!*
- 3.

Haushalts-Versuch mit Lebensmitteln

Untersuchung von heterogenen Gemischen aus dem Haushalt

Hinweise:

Es dürfen nur Gemische aus dem Haushalt benutzt werden, die als Lebensmittel deklariert sind. Während der gesamten Untersuchung müssen extra Labor-Geräte oder Haushalts-Gegenstände zur Lagerung und Untersuchung der Gemische genutzt werden. Die verwendeten Lebensmittel dürfen, wenn nichts Gegenteiliges angesagt wird, nach dem Versuch probiert und aufgegessen werden!

Materialien / Geräte:

Studenten-Futter od.a. Nuss-Frucht-Mischungen; Buchstaben-Nudeln; Brause-Pulver
Waage (wenn vorhanden: Brief-Waage (Teilung: 0,1 g));
für die Untersuchung von Pulvern benötigt man gute Lupen (ev. in ein Stativ einspannen)
oder ein Auflicht-Mikroskop

Durchführung / Ablauf:

- Probe auswiegen
 - Probe in so viele Portionen teilen, wie Personen im Team sind (Portionen dürfen unterschiedlich groß sein!)
 - Portionen auswiegen
- jedes Team-Mitglied untersucht eine Portion:
- Portion sortieren (vorher die Sortier-Kriterien festlegen!)
 - sortierte Portions-Anteile auswiegen
- alle Team-Mitglieder zusammen:
- gleiche Portions-Anteile werden zusammengeschüttet und ausgewogen
 - alle Portions-Anteile werden zusammengeschüttet und ausgewogen

Auswertung:

- berechne die Anteile der einzelnen Mischungs-Bestandteile
 - berechne einmal die Anteile für die selbstsortierte Probe
 - berechne die Anteile aus dem Mittelwert der einzelnen Sortierungen (aller Team-Mitglieder)
 - berechne die Anteile aus den zusammengefassten Portions-Anteilen (nach dessen zusammenschütten)
- erläutere die Messwerte und gehe auf Unstimmigkeiten ein

Versuch mit Chemikalien

Untersuchen eines heterogenen Gemisches

Hinweise:

Es können die üblichen Labor-Geräte benutzt werden (, aber keine die für Lebensmittel-Versuche gekennzeichnet sind!).

Die Chemikalien dürfen nur mit Laborgeräten (Pinzette, Glasstab, Holzstab, ...) berührt werden. Nach dem Versuch ist die Entsorgung so durchzuführen, wie der Kursleiter es vorgibt!

Materialien / Geräte:

Waage (wenn vorhanden Brief-Waage Teilung: 0,1 g);

Durchführung / Ablauf:

- Probe auswiegen
 - Probe in so viele Portionen teilen, wie Personen im Team sind (Portionen dürfen unterschiedlich groß sein!)
 - Portionen auswiegen
- jedes Team-Mitglied untersucht eine Portion:
- Portion sortieren (vorher die Sortier-Kriterien festlegen!)
 - sortierte Portions-Anteile auswiegen
- alle Team-Mitglieder zusammen:
- gleiche Portions-Anteile werden zusammengeschüttet und ausgewogen
 - alle Portions-Anteile werden zusammengeschüttet und ausgewogen

Auswertung:

- berechne die Anteile der einzelnen Mischungs-Bestandteile
 - berechne einmal die Anteile für die selbstsortierte Probe
 - berechne die Anteile aus dem Mittelwert der einzelnen Sortierungen (aller Team-Mitglieder)
 - berechne die Anteile aus den zusammengefassten Portions-Anteilen (nach dessen zusammenschütten)
- erläutere die Messwerte und gehe auf Unstimmigkeiten ein

durch Mischen der Zutaten erhält man das Gemisch wieder zurück

Mischen und Entmischen kann man beliebig oft wiederholen

praktisch sind meist die Zutaten der Mischung auch in der Mischung selbst enthalten

Mischen und Entmischen basieren auf physikalischen Vorgängen

homogenes Gemisch

sehr feine Verteilung des einen Stoffes in dem anderen, man erkennt keine Abgrenzungen zwischen den Stoffen noch die Stoffe für sich; Gemisch erscheint sehr / extrem fein

aber trotzdem entmischbar! man erhält quasi die Zutaten des Gemisches

oft sind die Einzel-Teilchen des einen Stoff's in dem anderen verteilt

bestimmte Mischungen, bei denen die Zutaten sehr fein ineinander verteilt sind oder sich ineinander gelöst haben stellen Grenzfälle zwischen physikalischen und chemischen Vorgängen dar, z.B. Lösungen

heterogenes Gemisch

von dem einen Stoff sind größere – meist auch sichtbare – Einheiten in dem anderen Stoff enthalten

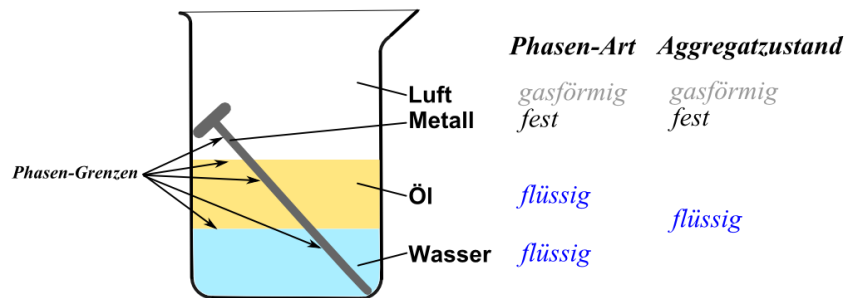
meist recht einfach entmischbar

oft reicht es schon aus, das Gemisch eine Zeit ruhig zu halten

es entstehen abgesetzte Schichten, die sich von allein nicht wieder mischen

die Schichten werden Phasen genannt

an den Phasen-Grenzen ändern sich die Eigenschaften schlagartig



...in ...	heterogen			homogen		
	fest	flüssig	gasförmig	fest	flüssig	gasförmig
fest	Gemenge	Suspension Schlamm (Kolloid)	Rauch	Legierung	Lösung Kolloid	
flüssig		Emulsion	Aerosol		Lösung	
gasförmig	Hartschaum	Schaum			Lösung	Gasgemisch

Forschungs-Frage: Ist das Pulver für Vanille-Soße ein Reinstoff oder ein Stoffgemisch?

weitere mögliche Forschungs-Fragen:

- Welche weiteren Stoffe aus dem Haushalt sind wahrscheinlich Reinstoffe, welche sind wahrscheinlich Gemische?
-

Wenn man alle Möglichkeiten der Entmischung bzw. Stoff-Trennung ausgeschöpft hat, dann hat man nur noch Basis-Zutaten vorliegen.

Diese Basis-Zutaten nennen wir in der Chemie Reinstoffe. Führt man die Zerlegung auch chemisch bis zu Ende, dann erhält man die Grund-Bausteine aller Stoffe – die Elemente.

Oft interessiert uns der Bau / die Zusammensetzung eines unbekannten / neuen Stoffes. Mit Hilfe verschiedener prinzipieller Methoden lassen sich Strukturen / der Bau eines Stoffes aufklären. Das Zerlegen in die Bestandteile nennt man **Analyse**. Die Zerlegung erfolgt immer an den schwächsten Stellen. Neben der Art der Bestandteile (Komponenten) interessiert in einer Analyse auch oft die Menge der Komponenten.

Verwendet man unterschiedliche Methoden zum Zerlegen eines Stoffes, dann können die Komponenten auch verschieden sein. Je nach Zerlegungsmethode gibt es vielleicht unterschiedliche Schwachstellen.

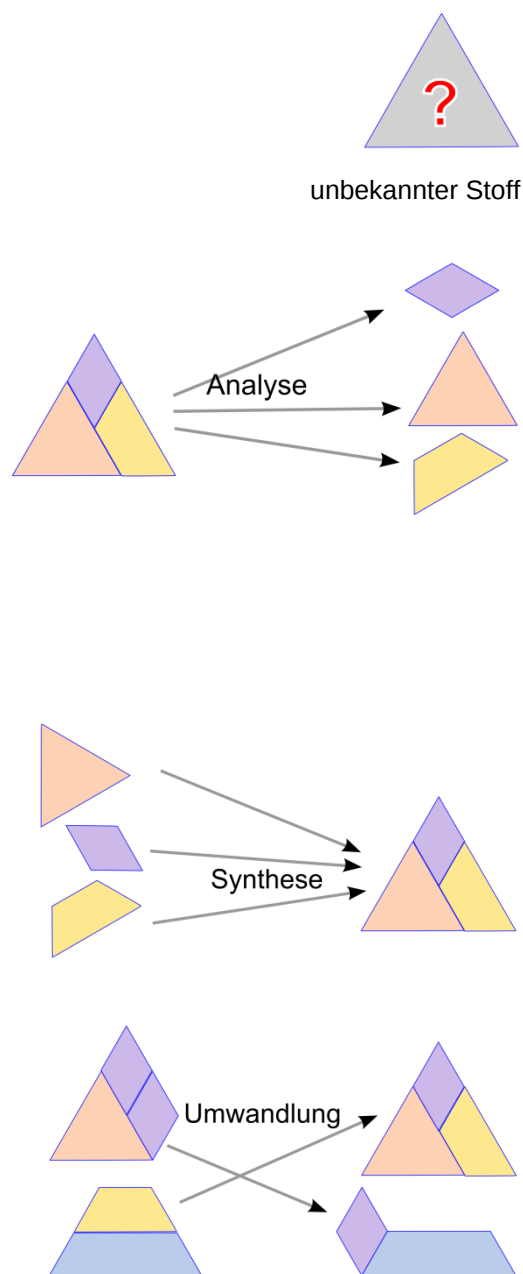
Das umgekehrte Prinzip nutzt die **Synthese**. Jetzt wird ein Stoff aus bestimmten Komponenten zusammengesetzt. Das können z.B. die Komponenten sein, die man in einer Analyse gefunden hat.

Mittels Synthese und Analyse kann man also die Struktur (die Bestandteile) eines Stoffes ermitteln. In der Chemie werden beide Methoden verwendet.

Eine weitere Möglichkeit der Komposition eines Stoffes ist die **Umwandlung** eines Stoffes in einen anderen. Dazu wird ein zweiter Stoff benötigt. Einzelne Bestandteile der Ausgangsstoffe werden gegeneinander ausgetauscht.

Für diese Methode muss aber die drei anderen Stoffe entweder kennen oder analytisch / synthetisch kennenlernen. Nur dann lassen sich auch Rückschlüsse auf unseren gesuchten Stoff ziehen.

Echte Wissenschaftler verwenden immer mehrere Methoden zur Aufklärung von Fragestellungen. Dadurch lassen sich Aussagen einfach sicherer machen.



Aufgaben:

1. Übernehme die nachfolgende Tabelle in Deinen Hefter (Empfehlung A4-Blatt Querformat)!

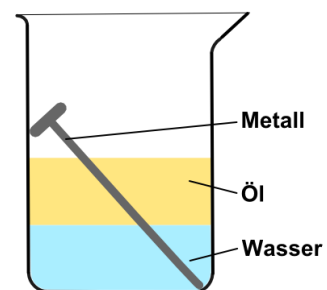
	heterogen			homogen		
	fest	flüssig	gasförmig	fest	flüssig	gasförmig
fest						
flüssig						
gasförmig						

2. Ordne dann die folgenden Stoffe bzw. Stoff-Gemische in die Tabelle ein!

- | | | |
|---------------------|---------------------|-----------------|
| a) Granit(-Gestein) | b) Luft | c) Speiseessig |
| d) Messing | e) Milch (Emulsion) | f) Schaum |
| g) Kochsalzlösung | h) Mehlkleister | i) Nebel |
| j) Sand + Wasser | k) Rauch | l) Gewürzsalz |
| m) Vanilinzucker | n) Selters-Wasser | o) Brausepulver |

3. Gib zu den Stoffgemischen mit Bleistift in Klammern an, welche Stoffe (Hauptbestandteile) in den Gemischen enthalten sind!

gibt es identifizierbare Einzelstoffe – egal in welchem Aggregatzustand sie sind – dann sprechen wir von Phasen; die Grenzen zwischen den Einzelstoffen werden Phasengrenzen genannt

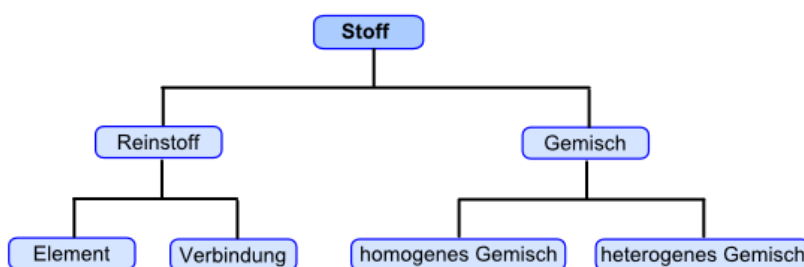


Aufgaben:

1. Wieviele und welche Phasen sowie Phasen-Grenzen findet man in der obigen Anordnung?
2. In einem Becherglas befindet sich ein teilweise abisolierter Draht vollständig bedeckt in einer Alkohol-Lösung. Wieviele Phasen und Phasen-Grenzen finden wir jetzt vor?
3. Überlege Dir eine Stoff-Kombination mit möglichst vielen Phasen und skizziere sie! Zähle die Phasen und Phasen-Grenzen aus? (Wer schafft die meisten Phasen und Phasen-Grenzen?)
4. Tausche Deine Phasen-Skizze (von Aufgabe 3) mit der von Deinen Nachbarn! Wieviele Phasen und Phasen-Grenzen findest Ihr?

Definition(en): Rein-Stoff / reiner Stoff

Ein Rein-Stoff ist ein Stoff / eine Substanz, die nicht mehr in verschiedene Einzel-Stoffe entmischt werden kann.



Untersuchung eines Stoff-Gemisches (Studentenfutter od.ä. Nuss-Frucht-Mischung)

*(Nur Geräte benutzen, die nicht im normalen Chemie-Unterricht benutzt werden!
 Ev. extra Geräte für Lebensmittel benutzen!
 Versuch ev. in einem Nicht-Laborraum durchführen!)*

Materialien / Geräte:

Plaste-Teller; Studentenfutter; Tee-Löffel; Waage; A4-Blätter

Durchführung / Ablauf:

- jedes Team erhält eine Stoff-Probe (Studentenfutter) auf einem Plaste-Teller (zum Umfüllen, Sortieren und Lagern darf nur der Tee-Löffel, der Plaste-Teller und neues Papier benutzt werden!)
- notiert alle Beobachtungen, die zur Stoff-Probe gemacht werden können
- wiegt die Stoff-Probe, die Ihr als Team erhalten habt
- teilt die Stoff-Probe in so viele Haufen, wie Ihr Team-Mitglieder habt (ein Papier-Blatt kann, wenn man es zweimal knickt, zu einem flachen Trichter geformt werden)
- wiegt die Haufen einzeln
- jedes Team-Mitglied sortiert seinen Haufen Studentenfutter auf einem Blatt Papier oder auf dem Plaste-Teller nach unterschiedlichen Komponenten
- notiert, aufgrund welcher Merkmale Ihr die Komponenten unterscheidet (und wie Ihr sie benennt)
- notiert alle Beobachtungen, die zu den einzelnen Komponenten gemacht werden können
- jedes Team-Mitglied füllt die Komponenten einzeln auf ein anderes Blatt Papier und wiegt sie aus
- berechnet die Anteile der Komponenten am Haufen des einzelnen Team-Mitglied's
- berechnet nun den Anteil der Komponenten an der gesamten Stoff-Probe



Hinweis!:

WENN das Studentenfutter nicht mit Geräten aus dem normalen Chemie-Labor in Kontakt gekommen ist, **DANN** und nur dann darf das Studentenfutter aufgegessen werden.

Untersuchung eines Stoff-Gemisches (Smarties-Mischung od.ä. Dragee-Mischung)

Materialien / Geräte:

Plaste-Teller; Smarties; Tee-Löffel; Waage; A4-Blätter

Durchführung / Ablauf:

- jedes Team erhält eine Stoff-Probe (Smarties) auf einem Plaste-Teller
- notiert alle Beobachtungen, die zur Stoff-Probe (insgesamt) gemacht werden können
- wiegt die Stoff-Probe, die Ihr als Team erhalten habt
- teilt die Stoff-Probe (ohne sie zu sortieren) in so viele Haufen, wie Ihr Team-Mitglieder habt (ein Papier-Blatt kann, wenn man es zweimal knickt, zu einem flachen Trichter geformt werden)
- wiegt die Haufen einzeln und zählt die Smarties
- jedes Team-Mitglied sortiert seinen Haufen Smarties auf einem Blatt Papier oder auf dem Plaste-Teller nach unterschiedlichen Sorten
- notiert, aufgrund welcher Merkmale Ihr die Sorten unterscheidet (und wie Ihr sie benennt)
- notiert alle Beobachtungen zu den einzelnen Sorten
- jedes Team-Mitglied füllt die Komponenten einzeln auf ein anderes Blatt Papier und wiegt sie aus; dann werden die Smarties einer Sorte noch gezählt
- berechnet die Anteile der Sorten am Haufen des einzelnen Team-Mitglied's
- berechnet nun den Anteil der Sorten an der gesamten Stoff-Probe



Hinweis!:

WENN die Smarties nicht mit Geräten aus dem normalen Chemie-Labor in Kontakt gekommen ist, **DANN und nur dann** dürfen die Smarties aufgegessen werden.

Untersuchung eines Stoff-Gemisches (Brause-Pulver)

Materialien / Geräte:

Plaste-Teller; Smarties; Tee-Löffel; Waage; A4-Blätter

Untersuchung eines Stoff-Gemisches (grobe Gewürz-Mischung)

Materialien / Geräte:

Plaste-Teller; grobe Gewürz-Mischung; Tee-Löffel; Waage; A4-Blätter

Aufgaben:

- 1. Untersuche die Stoff-Probe(n)!***
- 2. Erstelle einen ausformulierten Bericht über Deine Teil-Probe und über die gesamte Stoff-Probe! (Für jede Untersuchung einzeln.)***



**Stoffe unterscheiden sich
durch verschiedene Eigenschaften!**



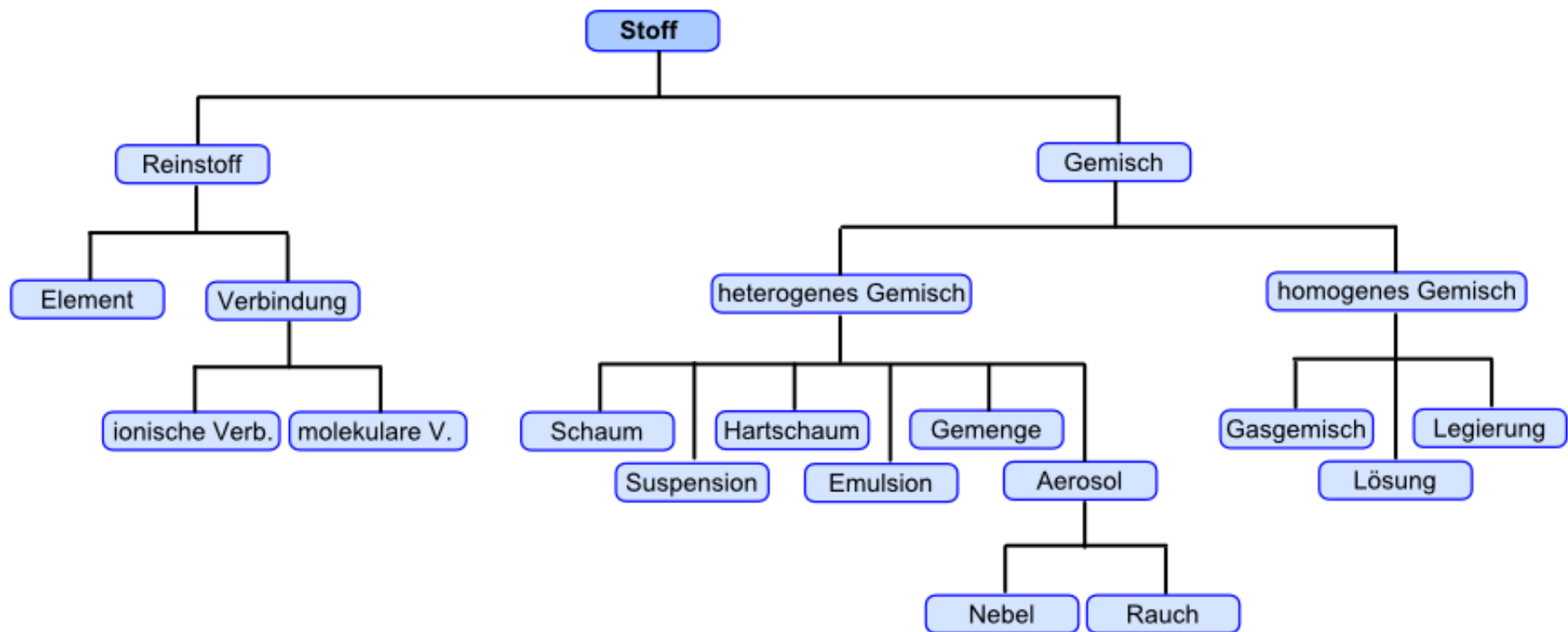
Stoffe haben charakteristische Eigenschaften!



**Verschiedene Stoffe lassen sich
aufgrund andersartiger Eigenschaften
voneinander unterscheiden!**



**Stoff-Proben mit völlig gleichen Eigenschaften
deuten auf gleiche Stoffe hin!**



Aggregat-Zustand		Haupt-Komponente		
		fest	flüssig	gasförmig
Neben-Komponente	fest			
	fest			
	flüssig			
	flüssig			
	gasf.			
	gasf.			

Bau von Stoffen

- **Teilchenmodell und Aggregatzustandsänderungen**

Das Teilchenmodell ist anzuwenden.

DE: Sublimation und Resublimation von Iod oder Trockeneis

DE: Aggregatzustandsänderungen von Helium oder Feuerzeuggas
rungen

x. erste Vorstellungen zum Bau der Stoffe – das Teilchen-Modell

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Woraus bestehen Stoffe?
Welche Arten von Teilchen gibt es?
Was sind Atome?
Was ist ein Modell?
Warum gibt es verschiedene Modelle vom Bau der Stoffe?
Welches Modell ist nun das richtige?
Welche Aussagen macht das Teilchenmodell über den Aufbau der Stoffe?
Ist das Teilchenmodell nicht schon völlig veraltet?

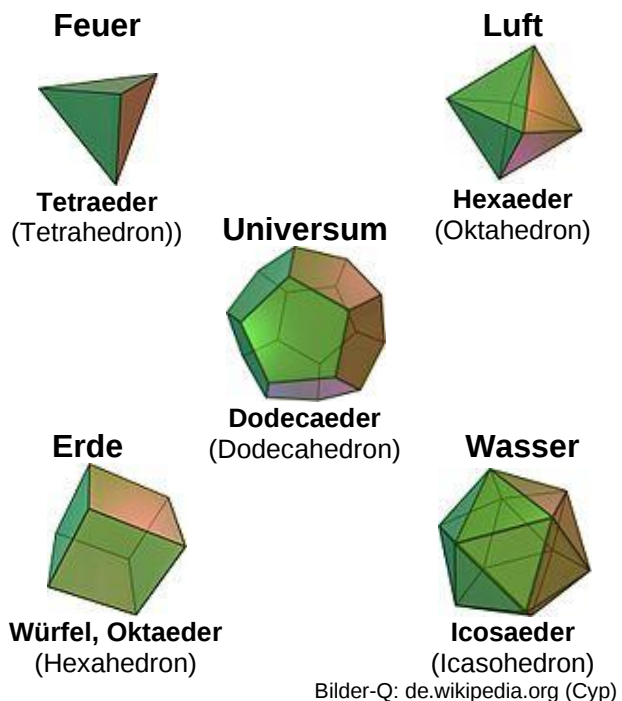
x.y. erste frühe Vorstellungen vom Fein-Bau der Stoffe

Schon die alten griechischen Philosophen haben darüber nachgedacht, woraus wohl die ganze Dinge in unserer Welt sind. Zuerst glaubten sie an vier, manchmal auch an fünf Grund-Elemente. Man spricht deshalb auch von der 4- bzw. 5-Elemente-Theorie.

Die Grund-Elemente sollen Feuer, Wasser, Erde und Luft sein. In manchen philosophischen Schulen wurde auch mal das Holz oder mal das Metall als weiteres Grund-Element mit hinzugezählt. Bei der Frage nach dem inneren Bau gingen die Philosophen davon aus, dass man die Grund-Elemente sehr klein zerteilen kann, um dann schließlich zu einem kleinsten Wasser- oder Erde-Teil zu kommen. Diesen wurden einfache geometrische Figuren zugeordnet.

Ein Vertreter dieser Denk-Richtung war EMPEDOKLES (495 – 435 v.Chr.).

Reine Stoffe sollten nur einer Art Teilchen zusammengesetzt sein.

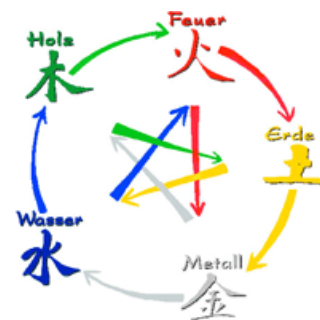


Das Feuer würde dementsprechend nur aus tetraedrischen Teilchen bestehen. Bei den verschiedenen anderen Stoffen, wie z.B. Salz oder Zucker, sollten dann verschiedene Teilchen in bestimmten Mischungen den jeweiligen Stoff ausmachen.

Ähnliche Vorstellungen gab es auch in den indischen und chinesischen Hochkulturen. Die Symbole waren mehr den dort üblichen geometrischen Figuren angepasst.

Einige griechische Philosophen – z.B. DEMOKRIT (etwa 460 – 371 v.Chr.) vertraten eine abweichende Position. Sie dachten an spezielle Teilchen, die in ihrer kleinsten Form immer noch den Stoff selbst darstellten. Jeder Stoff sollte aus seiner eigenen Teilchen-Art bestehen.

D.h. Schwefel sollte aus winzigen Schwefel-Teilchen und Eisen eben aus winzigen Eisen-Teilchen bestehen.



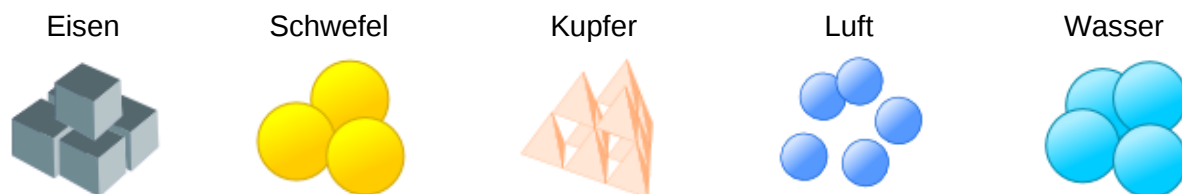
chinesische Grund-Elemente
Q: tarot-germany.com



Stoffe sind aus Teilchen aufgebaut! (Teilchen-Modell)

Diese kleinsten Stoff-Teilchen nannte DEMOKRIT Atome. Der Begriff leitet sich aus dem griechischen *a-tomos* – *das Un-Teilbare* – ab.

Die verschiedenen Stoff-Teilchen könnten nach diesen Vorstellungen z.B. so aussehen.



DEMOKRITS Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe aus kleinsten Teilchen nennt man die Teilchen-Theorie oder das Teilchen-Modell.

Warum spricht man nun aber von einer Theorie oder einem Modell. Weder die alten Griechen noch die heutigen Wissenschaftler haben je solche Teilchen gesehen. Sie sind so klein, dass es keine richtigen Instrumente zur Sichtbar-Machung gibt. Auch die besten Mikroskope können das nicht leisten.

Ganz besonders die frühen Forscher in den griechischen und römischen hat nicht man annähernd eine Möglichkeit so tief in den Bau der Stoffe zu schauen. Sie philosophierten über die Sachverhalte meist nur durch logisches Denken. Gerade ihre Vorstellungen waren nur Theorien.

Irgendwie müssen wir Menschen uns behelfen, um uns Dinge vorstellen zu können, die außerhalb unserer Zugriffsmöglichkeiten liegen. Das machen wir mit Modellen. Modell sind vereinfachte, meist verkleinerte oder vergrößerte Abbildungen eines bestimmten Teils aus der Realität. Modelle haben immer einen Zweck für uns Menschen. Eine Möglichkeit der Modell-Bildung haben wir oben schon benutzt. Genau so, wie DEMOKRIT haben wir uns die Teilchen bzw. Atome als geometrische Gebilde vorgestellt.

Als Abbildung verstehen wir in der Naturwissenschaft nicht unbedingt nur Bilder (zweidimensionale Darstellungen), sondern es können auch andere Darstellungen sein. So gibt es auch Text- oder Gedanken-Modelle. Noch bekannter sind drei-dimensionale Abbildungen, wie z.B. Schiffs- oder Flugzeugmodelle, Puppen usw. usf. Eine neue Art von Modellen sind Computer-Modelle oder –Simulationen.

Definition(en): Modell
Ein Modell ist eine vereinfachte Nach- oder Abbildung eines bestimmten Objektes oder eines Vorgangs aus der Realität, mit dem bestimmte Fragen und / oder Probleme geklärt werden sollen.

Definition(en): Teilchen-Modell
Das Teilchen-Modell ist eine vereinfachte Vorstellung zum submikroskopischen Bau der Stoffe, bei der davon ausgegangen wird, dass jeder Stoff aus einer speziellen Art von Teilchen (z.B. in Kugel-Form) aufgebaut ist.

Aufgaben:

1. Überlege Dir, welche 10 konkreten Modelle Du kennst!
2. Sammelt im Kurs die Modelle und sucht 10 besonders charakteristische Modelle aus! Füllt für diese die folgende Tabelle aus!

Nr.	Modell (Bezeichnung / Name)	Darstellungs- form	? Vereinfachung zur Realität	? Vergrößerung ? Verkleinerung	Zweck / Verwendung
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

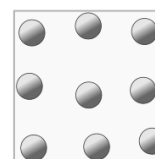
3.

Für viele wissenschaftliche Betrachtungen und Diskussionen reicht das Teilchen-Modell völlig aus. Mit dem können wir z.B. sehr schön die Aggregatzustände erklären.

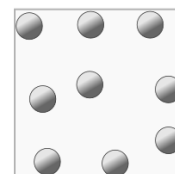
Aus der Physik kennen wir schon die drei Aggregatzustände fest, flüssig und gasförmig.

Im **festen** Zustand liegen die Teilchen sehr dicht beieinander. Diese Anordnung wird durch starke Anziehungs-Kräfte zwischen den Teilchen verursacht. Die Teilchen können sich nur geringfügig hin und her bewegen. Die Teilchen besitzen eine geringe Energie und sitzen relativ fest an ihren Plätzen.

Diese (gedachten) Plätze nennen die Wissenschaftler Gitter-Plätze. Feststoffe sind vielfach kristallin aufgebaut. Wir sprechen dann auch vom Kristall-Gitter.



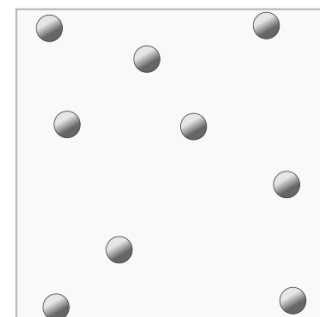
Der **flüssige** Aggregatzustand ist durch eine größere Beweglichkeit der Teilchen charakterisiert. Es gibt keine festen Plätze mehr für die Teilchen. Die Beweglichkeit wird nur durch die äußere Form (z.B. des Gefäßes) eingeschränkt. Die gute Beweglichkeit der Teilchen ist dadurch möglich, dass sich die Teilchen schwächer anziehen und sie eine höhere Energie besitzen. Sie stoßen sich öfter an und übertragen so die Energie von Teilchen zu Teilchen.



Einige Teilchen sind dadurch etwas schneller als andere. Insgesamt gleichen sich die Unterschiede in der Teilchen-Energie immer aus.

Der Volumen-Bedarf der bewegten Teilchen im flüssigen Zustand ist etwas größer, als im festen.

Die Beweglichkeit der Teilchen ist im **gasförmigen** Zustand am Größten. Die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen sind sehr gering. Die Teilchen bewegen sich aufgrund ihrer sehr großen Energien sehr schnell, stoßen sehr häufig an die Gefäßgrenzen und an andere Teilchen.



Die Teilchen im gasförmigen Zustand beanspruchen einen sehr großen Raum. Betrachtet man gleichviele Teilchen, dann benötigen Gase rund 100x mehr Volumen. Verringert man das Volumen, dann steigt der Druck proportional.

In der Physik kennen wir das als $(p \cdot V = \text{const})$

Noch ausführlicher besprechen wir die Aggregatzustände bei den Eigenschaften der Stoffe ($\rightarrow$).

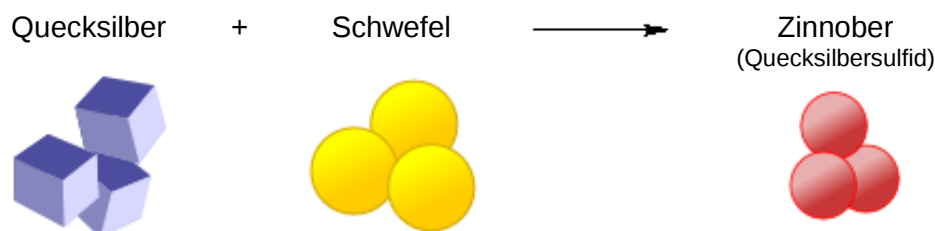
Besonders für die Erklärung vieler physikalischer Eigenschaften eines Stoffes ist das Teilchen-Modell sehr praktisch.

Definition(en): Teilchen

Teilchen sind Objekte von submikroskopischer Größe, die als charakteristische Bauteile eines Stoffes dienen.

Teilchen sind Gebilde atomarer Größen-Ordnung, aus denen ein Stoff besteht.

Aber auch chemische Vorgänge lassen sich mit dem Teilchen-Modell oft befriedigend erklären. Hier ist es als Beispiel die Bildung von Zinnober aus Quecksilber und Schwefel:



Quecksilber-Teilchen reagieren mit Schwefel-Teilchen zu Zinnober-Teilchen. Die exakte Name für Zinnober ist Quecksilbersulfid.

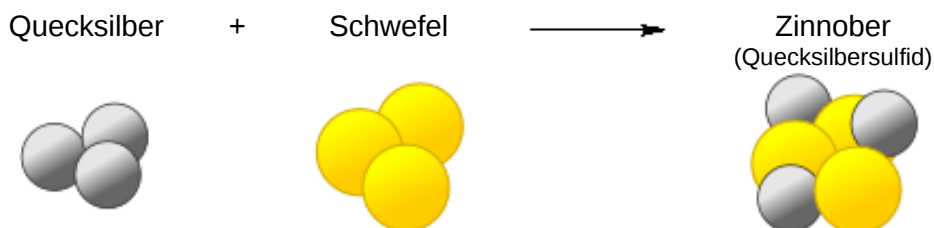
Die Ansichten von DEMOKRIT setzten sich nicht wirklich durch. Rund 2000 Jahre akzeptierte man mehr die Idee der 4- bzw. 5-Elemente-Theorie. Diese passte besser zu den verschiedenen Glaubensrichtungen. Warum sollte ein Gott das alles so kompliziert machen?

Am Anfang des 19. Jahrhunderts griff der englische Chemiker DALTON (1766 – 1844) die Atom-Theorie wieder auf. Er stellte bei seinen Experimenten fest, dass sich bestimmte Stoffe chemisch nicht weiter zerlegen ließen. Diese Stoffe werden als **(chemische) Elemente** bezeichnet. In Rückgriff auf die Atom-Theorie von DEMOKRIT stellte eine verbesserte Theorie auf. Schließlich hatte er ja neue praktische Beobachtungen gemacht. DALTONS Atom-Theorie bestand aus vier Kern-Aussagen:

1. Stoffe bestehen aus kleinsten – nicht weiter teilbaren – Teilchen, den Atomen.
2. Die Atome eines Elementes sind durch gleiche Masse und gleiches Volumen gekennzeichnet. Die Atome verschiedener Elemente unterscheiden sich in Masse und Volumen.
3. Atome können durch chemische Reaktionen nicht geteilt, zerstört, erzeugt oder vernichtet werden.
4. Bei chemischen Reaktionen werden die Atome der Ausgangsstoffe nur neu in den Reaktionsprodukten angeordnet. Dies erfolgt in bestimmten Zahlenverhältnissen.

Bei DALTON waren die Atome also eher unterschiedliche große Gebilde. Die Kugel wurde als wahrscheinlichste Form angenommen.

Da die Atome als unzerstörbar betrachtet wurden, mussten sie auch wieder in den gebildeten Stoffen vorkommen. Obige Beispiel-Reaktion hätte dann vielleicht so ausgesehen:



Heute unterscheiden wir drei Arten von Teilchen.

Arten von Teilchen

- **Atome** einzelne, neutrale Teilchen
- **Moleküle** Teilchen, die aus mehreren Atomen bestehen
(Moleküle enthalten abzählbar viele Atome)
- **Ionen** (positiv oder negativ) geladene Atome

??? Wiederholung im nächsten Abschnitt (eindeutig zuordnen!)

Solange die Beobachtungen und Meßwerte passen, ist alles ok. Stimmen die gemachten Beobachtungen und Meßwerte allerdings nicht mehr mit den Erwartungen und der Realität überein, dann bleibt den Wissenschaftlern nichts anderes übrig, als die Modelle anzupassen oder neue zu entwickeln.

Unser derzeitiger Kenntnisstand läßt sich so ausdrücken:



Stoffe sind aus Atomen aufgebaut! (Atom-Modell)

Definition(en): Atome

Atome sind die kleinsten neutralen Bauelemente der Stoffe, die durch chemische Zerteilungs-Vorgänge erhalten werden können.

Atome sind scheinbar Kugel-förmige Bauelemente von Stoffen, die prinzipiell ähnlich aufgebaut sind und sich im Wesentlichen durch ihre Größe unterscheiden.

Atome sind die kleinsten, neutralen, Stoff-bildenden Teilchen.

Was will man mit Modellen erreichen? Modelle haben drei wichtige Eigenschaften, die dann auch wichtige Gründe für die Benutzung von Modellen darstellen. Mit Modellen wollen wir **abbilden oder nachbilden**. Zum Einen können wir so Dinge sichtbar machen, die sonst wegen ihrer Größe gar nicht betrachtbar sind. Dazu gehören z.B. die superkleinen Atome oder aber auch die riesige Erde. Letztere stellen wir oft als Globus dar.

Der zweite Grund für die Erstellung und Nutzung von Modellen ist, dass sie das reele Objekt – um dass es geht – vereinfacht darstellen. Durch dieses **Vereinfachen** können wir erst damit hantieren.

Der dritte Beweggrund für Modelle ist, dass man mit ihnen etwas machen will. Sie haben Ersatz- bzw. Nutz-Funktion. Anhand des Globus können wir uns die Lage der Kontinente und Ozeane ansehen oder mit einer Lampe – die Modellhaft die Sonne darstellt – die Entstehung von Tag und Nacht erklären.

Definition(en): Modell

Ein Modell ist eine vereinfachte Nach- oder Abbildung eines bestimmten Objektes oder eines Vorgangs aus der Realität, mit dem bestimmte Fragen und / oder Probleme geklärt werden sollen.

Aufgaben:

1. Überlege Dir, welche Modelle Du kennst! (Wer kennt die meisten?)
2. Übernehme folgende Tabelle in Deinen Chemie-Ordner! Wähle fünf Modelle aus und trage sie in die Tabelle ein! Überlege, worin die drei Charakteristika eines Modell's bei den ausgewählten Modellen eine Rolle spielen!

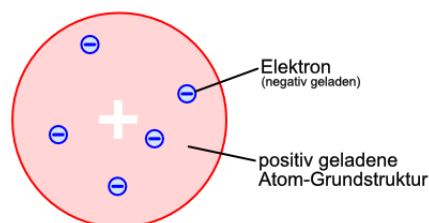
Modell	Abbildung / Nachbildung von ...	Vereinfachungen	Verwendungszweck / Nutzen

3. Warum benutzen Chemiker das Atom-Modell? Erkläre das einem Chemie-Unkundigen!

Heute wissen wir, dass Atome doch nicht ganz so unteilbar sind, wie DALTON es sich vorgestellt hat. Sie bestehen aus kleineren Bauelementen. Bis hierhin war es ein langer Weg. Auch heute noch kommen immer wieder neue Detail über den Aufbau der Atome zutage. Und es ist kein Ende abzusehen.

Im folgenden werden nun einige Schritte der Erforschung der Atome und die dabei neu gebildeten Modelle historisch vorgestellt.

Nachdem aus der Physik die Erkenntnis bekannt wurde, dass sich Atome scheinbar aus sehr kleinen negativ geladenen Teilchen (Elektronen) und einem positiv geladenen Rest zusammensetzen. Die Elektronen ließen sich – zu mindestens teilweise vom positiven Rest abtrennen. Aus diesen Kenntnissen entwickelte Joseph John THOMSON (1856 – 1940) ein erstes Atom-Modell mit Aussagen über den inneren Bau der Atome. Nach seinen Vorstellungen () bestand ein Atom aus einer positiv geladenen Grundmasse, in der die Elektronen wie Rosinen in einem Kuchen oder englischen Pudding eingelagert sind. Das Modell wird deshalb auch gern Kuchen- oder Pudding-Modell genannt.



THOMSONSches Atom-Modell

In den folgenden Jahren überraschten die Physiker mit der Erkenntnis, dass die Protonen die positiv geladenen Teilchen im Atom sind. Ein neues Atom-Modell musste her.

Damit Atome nach außen hin neutral sind, müssen gleichviele Protonen und Elektronen in einem Atom vorkommen.

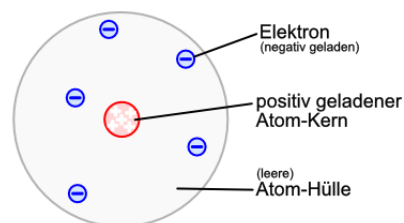
Zu dieser Zeit untersuchte auch Ernest RUTHERFORD (1871 – 1937) die Atome. Er beschöß eine sehr dünne Gold-Folie mit radioaktiver α -Strahlung. Heute wissen wir, dass es sich bei der α -Strahlung um sehr kleine Atom-Kerne handelt, nämlich die vom Helium. Damals wusste man nur, dass es kleine, positiv geladene Teilchen sind.

Nach groben Schätzungen war die Gold-Folie so dick, dass ungefähr 2'000 Atom hintereinander gelegen haben. Wenn das Atom-Modell THOMSON stimmen sollte, dann müsste die Strahlung in der Gold-Folie stecken bleiben.

Seltsamerweise ging fast die gesamte Strahlung durch die Folie durch. Ein ganz kleiner Teil der Strahlung wurde zu den Seiten abgelenkt.

RUTHERFORD (1911) schloß daraus, dass die Atome im Großen und Ganzen aus einer praktisch leeren Atom-Hülle und einem sehr kleinen positiven Atom-Kern bestehen.

Die Atom-Kerne lenkten die positiv geladenen Teilchen der α -Strahlen wegen ihrer Ladungs-Gleichheit ab. Durch die leere Atom-Hülle konnte die α -Strahlung ungehindert hindurch. Hier sollten sich wahrscheinlich die sehr kleinen Elektronen aufhalten. Die Atom-Hülle ist also nur ein imaginärer Raum, in dem ab und zu mal ein Elektron zu finden ist.



Atom-Modell von RUTHERFORD

Wurde jetzt noch die Kenntnis über die positiven Ladungs-Träger – die Protonen – mit in das Modell einbezogen, dann erhielt man ein Modell von einem Atom, das aus einem Atom-Kern und einer Hülle bestand. Der Kern setzt sich aus den positiv geladenen Protonen zusammen. In der Atom-Hülle finden wir die negativ geladenen Elektronen.

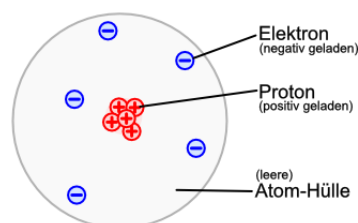
Die Atome eines Elementes haben immer gleichviele Elektronen und Protonen. Deren Anzahl entspricht der Ordnungszahl.

Damit die Elektronen nicht in den Atom-Kern stürzen, denn wegen der entgegengesetzten Ladung (COULOMB-Kräfte) müssten sie das ja tun. Somit müssen sich die Elektronen sehr schnell um den Kern herum bewegen. Die Zentrifugal-Kräfte (wie die Kräfte in einem Ketten-Karussell) sollten dann die Elektronen weg vom Kern ziehen. So entstand ein Modell, dass heute noch oft Sinnbild von Atomen ist.

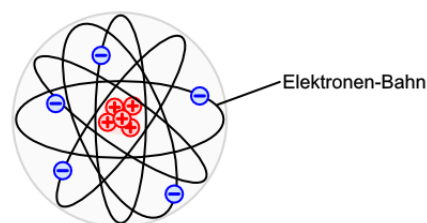
Nils BOHR (1885 – 1963) hat dann festgestellt, dass die Elektronen immer gruppenweise bestimmte und relativ gleiche Energien besitzen. Unterschiedliche Energien bedeuten unterschiedliche Bahnen um den Atom-Kern. So wie große / schwere Leute im Ketten-Karussell weiter nach außen gedrückt werden, sollten die Energie-reicheren Elektronen auf äußeren Bahnen um den Kern kreisen. Wegen der Elektronen-Bewegung wird das BOHRsche Atom-Modell (1913) auch Planeten-Modell genannt.

BOHR berechnete auch, wie viele Elektronen auf eine Bahn bzw. Schicht passten. Die Schichten bzw. Schalen bekommen dazu Nummern von 1 bis 7. Die Schicht 1 liegt ganz innen und die Schale 7 außen.

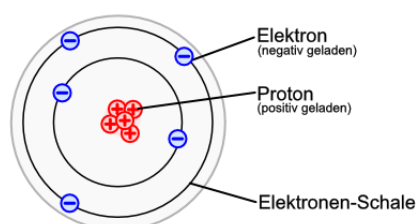
Die Anzahl der maximal möglichen Elektronen pro Schale ist immer das Doppelte des Quadrates der Schalen-Nummer.



Atom-Modell mit Protonen im Atom-Kern



sehr einfaches Atom-Modell mit Elektronen-Bahnen in der Atom-Hülle



BOHRsches Atom-Modell

Schale n	1	2	3	4	5	6	7	...
max. e ⁻	2	8	18	32	50	72	98	...
	2*1 ²	2*2 ²	2*3 ²	2*4 ²	2*5 ²	2*6 ²	2*7 ²	
max. Gesamt-Anzahl e ⁻	2	10	28	60	110	182	270	

$$N_{\max} [e^-] = 2 n^2$$

n ... Schalen-Nummer / Haupt-Quantenzahl

N_{max} ... maximale Anzahl der Elektronen auf der Schale

Die Elektronen befinden sich immer zuerst auf den inneren Schichten, und wenn diese voll sind, wird die nächst äußere Schicht benutzt. Elektronen streben immer eine möglichst kleine Energie an. In diesem Zustand sind sie am stabilsten. Die Gesamtanzahl an Elektronen in einem Atom entspricht der Ordnungszahl.

Wenn nicht genug Elektronen für die äußeren Bahnen vorhanden sind, dann existieren diese bei normalen Atomen auch nicht.

Heute gibt es Atom-Modelle, die weitaus komplizierter sind. Sie existieren praktisch nur noch als mathematische Formeln. Für die Erklärung der meisten chemischen Vorgänge reicht zuerst einmal das BOHRsche Atom-Modell aus. Es stellt zwar nicht das gesamte bekannte und neueste Wissen über Atome dar, aber für unsere Zwecke ist es genau genug.

Weiterhin wissen wir heute auch, warum sich die vielen positiven Ladung im Atom-Kern nicht so stark abstoßen, dass der Atom-Kern auseinander fliegt. Hier stellen neutrale Neutronen eine Art Klebstoff dar. Die Neutronen sind eine dritte Art Elementar-Teilchen. Sie haben keine Ladung.

Aufgaben:

1. Überlege, wie das BOHRsche Atom-Modell von Wasserstoff aussehen müsste!
2. Zeichne das BOHRsche Atom-Modell von Natrium, Magnesium und Sauerstoff!

Das Perioden-System der Elemente gibt uns einige kleine Hilfen, mit denen wir das BOHRsche Atom-Modell des entsprechenden Atoms eines Elementes recht schnell und sicher aufstellen können.

Die Zeilen-Nummer entspricht der Anzahl der Elektronen-Schalen in der Atom-Hülle. Steht also ein Element in der 3. Zeile – auch Periode genannt – dann besitzt ein zugehöriges Atom 3 Schalen. Die erste und zweite Schale (also die inneren) sind immer voll belegt. Die Spalten- oder Gruppen-Nummer besagt, wie viele Elektronen auf der äußeren Schale zu finden sind. Aus der Hauptgruppen-Nummer, wenn sie dann im Periodensystem abzulesen ist, kann man die ganz äußeren Elektronen bestimmen. Die anderen Elektronen der äußersten Schicht befinden sich in einer knapp drunter liegenden Unterschicht. Sie interessieren uns Chemiker seltener.

Für Chlor ergibt sich also, dass es in den Atomen 7 Außen-Elektronen hat, weshalb es in der VII. Hauptgruppe steht. Die Elektronen sind auf insgesamt 3 Schalen verteilt. Deshalb steht Chlor in der 3. Periode.

Die Ordnungszahl – bzw. eben die Kernladungszahl – schreibt man u.U. auf der linken Seite eines chemischen Symbols als Index. Steht auf der linken Seite noch ein Exponent, dann ist das die Summe aus Protonen- und Neutronen-Zahl.

Die Massenzahl wird in der Chemie kaum gebraucht. Wir lassen sie dehalb weg oder schreiben sie gräulich.

Summe aus Protonen-
u. Neutronenzahl,
Massenzahl

Kernladungszahl,
Protonen-Anzahl
Ordnungszahl

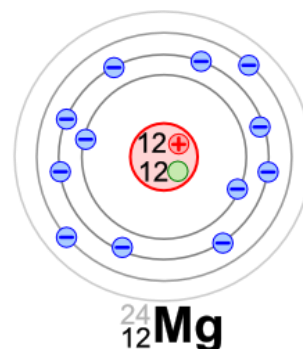
24
12 **Mg**

Für ein Magnesium-Atom kommen wir bei Beachtung aller Angaben aus dem Periodensystem oder Tabellen aus dem Tafelwerk auf nebenstehendes Atom-Modell nach BOHR.

Im Atom-Kern befinden sich – entsprechend der Ordnungszahl 12 – genau 12 Protonen – also 12 positive Ladungen. Die Atom-Hülle enthält insgesamt 12 Elektronen. Diese verteilen sich auf 3 Schalen. Auf die innerste passen 2 und auf die nächste 8 Elektronen. Damit sind 10 Elektronen schon verteilt. Es bleiben 2, die auf der äußersten Schale angeordnet sind. Bei einer gegen-Kontrolle am Periodensystem finden wir Magnesium tatsächlich in der Gruppe 2 oder auch in der II. Hauptgruppe. Mit unseren 2 Außenelektronen liegen wir also richtig.

Die 12 Neutronen im Kern sind für uns Chemiker uninteressant. An chemischen Reaktionen nehmen sie nicht teil.

(**Achtung!** Diese Aussage bezieht sich auf die klassische Chemie als Physik der Elektronen-Hülle. Bei radioaktiven Stoffumwandlungen treten auch Veränderungen an und bei den Neutronen auf!)



Atome sind aus kleineren (Elementar-) Teilchen aufgebaut!

Für die Chemiker sind von den Elementar-Teilchen nur die negativen Elektronen und die positiven Protonen bedeutsam. Sie bestimmen die chemisch relevanten Eigenschaften von Atomen.

Definition(en): Moleküle

Moleküle sind Teilchen atomarer Größe, die aus zwei oder mehr (abzählbar vielen) Atomen aufgebaut sind.

Aufgaben:

1. Berechne die

2.

x. Nenne drei – Dir bekannte – Modelle und zeige an diesen, dass sie nur (verkleinerte oder vergrößerte) Ab- oder Nachbildungen und vereinfacht sind, sowie zu bestimmten Zwecken genutzt werden!

x. Erstelle ein MindMap, in dem die gesammelten Modelle nach selbstgewählten Kriterien gruppiert werden! Benenne die Gruppen charakteristisch!

Definition(en): Chemie

Chemie ist die Physik der Atomhülle.

x.y. wichtige Eigenschaften von Stoffen

Farbe und Glanz

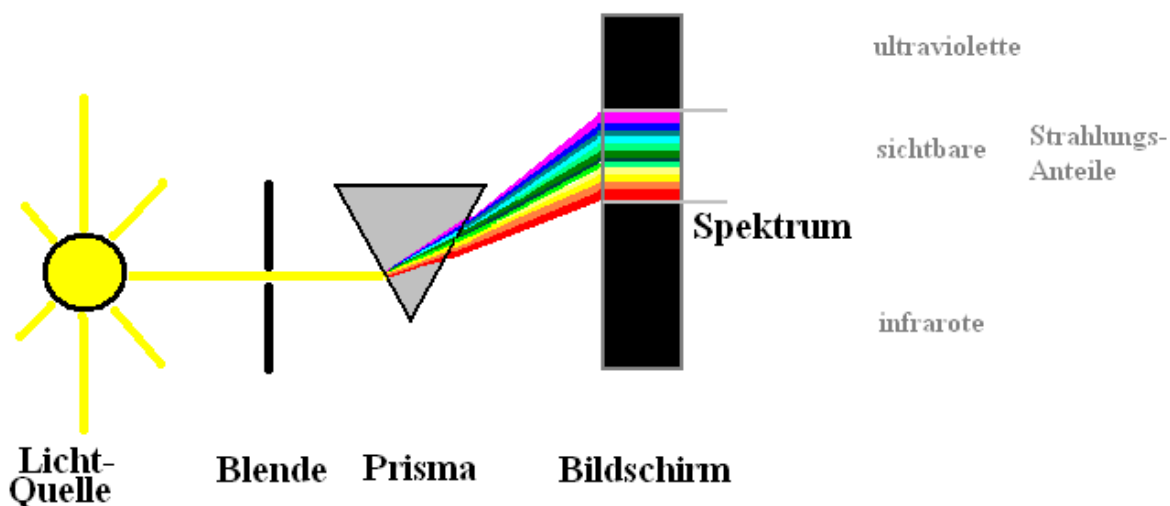
Farbe und Glanz sind für viele Stoffe oder Stoffgruppen sehr auffällig und manchmal auch charakteristisch. Die meisten Metalle sind glänzend. Bis auf wenige Ausnahmen sind sie grau oder silber.

Einen gelben Feststoff in einem Chemikalienglas werden die meisten Menschen wahrscheinlich zuerst einmal als Schwefel einstufen. Viele andere Stoffe haben ebenfalls charakteristische Farben.

Allerdings ist die Farbe kein sicheres Erkennungs-Merkmal. Viele andere Chemikalien sind z.B. auch gelb. Ganz schwierig wird es bei farblosen oder weißen Stoffen. Hier ist die Zahl der Möglichkeiten riesig gross.

Wie aber kommen die Farben zustande? Da müssen wir zuerst einmal zwei verschiedene Arten der Farb-Entstehung unterscheiden. Zum Einen gibt es Stoffe, die selbst leuchten und damit selbst Licht erzeugen. Andere Stoffe leuchten nicht selbst, sie bekommen nur eine Farbe, wenn sie von Licht angestrahlt werden.

Aus der Physik ist weiterhin bekannt, dass weißes Licht eine Mischung aus verschiedenen Farben ist. Diese Farben kann man auch wieder erhalten, wenn man weißes Licht durch ein Prisma zerlegt. Wir erhalten dann das typische Regenbogen-Spektrum. Da treten die Farben rot, orange, gelb, grün, türkis, blau und violett besonders hervor.



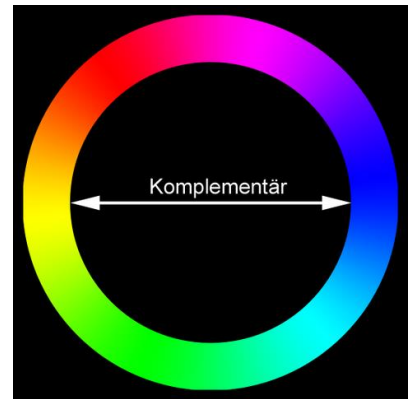
Viele der Straßen-Laternen leuchten typisch gelb. In ihren Glüh-Lampen befindet sich Natrium-Dampf. Wird dieser Dampf durch elektrischen Strom angeregt, dann strahlt die Lampe in seinem typisch gelben Licht. Hier ist es so, dass die Lampe wirklich nur die gelben Licht-

Anteile produziert. Deshalb können wir bei solchem Straßenlicht auch keine Farben erkennen. Wir sehen praktisch nur hell (gelb) und dunkel.

Etwas anders ist die Farb-Entstehung bei nicht-selbststrahlenden Gegenständen. Sie reflektieren das Licht aus der Umgebung. Werden alle Anteile eines weißen Umgebungslichts reflektiert, dann erscheint der Stoff auch weiß. Viele Stoffe nehmen aber bestimmte Lichtanteile in sich auf – wir sagen sie absorbieren diese Lichtanteile. Die anderen Lichtanteile werden dann reflektiert. Wenn ein Stoff z.B. die gelben Lichtanteile absorbiert, dann erscheint er uns in der Komplementärfarbe blau.

Umgekehrt ist es entsprechend. Wird der blaue Lichtanteil absorbiert, sehen wir den Gegenstand gelb.

Da bestimmte Teilchen z.B. auch immer bestimmte Lichtanteile absorbieren, können die Absorptions-Spektren – also die Zerlegung des Restlichtes – sehr gut für die Erkennung von Stoffen benutzt werden.



RGB-Farbring mit
Komplementärfarben-Beispiel
Q: de.wikipedia.org (Golden arms)

Aufgaben:

- 1. Ermittle die Komplementärfarben zu violett und zu türkis!***
- 2. Welches Licht absorbieren die Laubblätter von Pflanzen? Erkläre Deine Farbwahl!***
- 3. Ein Gas-Gemisch in einer Glühbirne erzeugt ein rotes Licht! Welche Lichtanteile würde man im Spektrum sehen bzw. nicht sehen?***
- 4. Überlege, wie es passieren kann, dass bestimmte Stoffe schwarz sind? Stelle Deine Vermutung(en) vor!***

Aggregatzustand

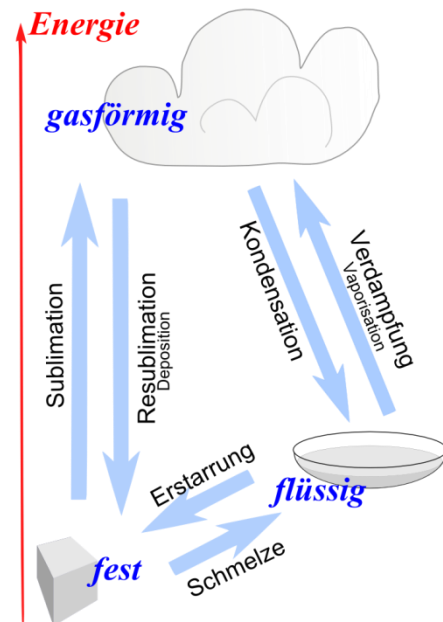
Stoffe kommen häufig in verschiedenen Aggregatzuständen vor. Aber nur einer schafft das unter natürlichen Bedingung auf der Erde – das Wasser. Es kann alle drei möglichen Aggregatzustände einnehmen. Die Aggregatzustände **fest**, **flüssig** und **gasförmig** sind durch verschiedene physikalische Merkmale charakterisiert.

Besonders hinsichtlich der Bewegungs-Energie haben wir große Unterschiede zwischen den Aggregatzuständen. Um von einem Aggregatzustand in einen anderen zu gelangen, müssen die Stoffe – besser deren Teilchen – Energie aufnehmen oder abgeben. Soll ein Stoff vom festen in den flüssigen Zustand übergehen, benötigen die Teilchen mehr Energie. Für den flüssigen Zustand müssen sie sich schneller bewegen. Die notwendige Energie führen wir dann z.B. als Wärme zu. Die Teilchen bewegen sich dann schneller, sind nicht mehr fest miteinander verbunden und können ihre Rauplätze tauschen.

Wenn der Stoff nun wieder von flüssigen Zustand in den festen übergehen soll, muss er Energie abgeben. Meist erfolgt das in Form von Wärme-Energie. Wir messen den Endzustand dann als geringere Temperatur. Die abgegebene Energie (Wärme) ist vom Betrag her genauso groß, wie die Energiemenge, die für den Übergang von fest nach flüssig benötigt wurde. Bei den Umwandlungen zwischen den Aggregatzuständen gilt das Gesetz von der Erhaltung der Energie.

Die Übergangs-Punkte für die Wechsel in einen anderen Aggregatzustand sind für die einzelnen Stoffe charakteristisch. Sicher kennt jeder den Übergangspunkt zwischen flüssigen und gasförmigen Zustand für den Stoff Wasser. Mit 100 °C ist das wohl die bekannteste Siedetemperatur. Die Temperatur für den umgekehrten Aggregatzustands-Wechsel – also von gasförmigen in den flüssigen Zustand – ist ebenfalls 100 °C. Siede- und Kondensations-Temperatur sind identisch. Das liegt auch daran, dass als Messpunkt festgelegt, das genau immer die Hälfte der Teilchen in den betrachteten Aggregatzuständen sein müssen. Egal, ob man sich durch Erwärmen der Flüssigkeit oder durch Abkühlen des Gases auf diesen Punkt hinbewegt, der Wert ist immer gleich gross. Genau verhält es sich auch mit den Schmelz- und Erstarrungs-Temperaturen eines Stoffes.

Führt man einer Stoffprobe immer gleichmäßig Energie zu, dann steigt proportional die Bewegungs-Energie (kinetische Energie) der Teilchen. Wird einer der Übergangs-Punkte der Aggregatzustände erreicht, dann wird die gesamte zugeführte Energie für die Umwandlung des Aggregatzustandes gebraucht.



Aufgaben:

- 1. Für eine Stoffprobe wurde für den Übergang von fest (25 °C) nach flüssig (64 °C) eine Energiemenge von 2'954 kJ gebraucht. Welche Energiemenge wird frei, wenn die gleiche Stoffprobe sich wieder auf 25 °C abkühlt? Begründe Deine Meinung!*
- 2. Die gleiche Stoffprobe wird wieder auf 64 °C erwärmt. Nun wird dem Stoff durch Abkühlen*
 - a) 2'954 kJ*
 - b) 1'577 kJ*
 - und c) 3'201 KJ entzogen.*

Welche Aussagen über den Zustand des Stoffes kann man sicher machen? Welche weiteren Zustandsinformationen kann man vermuten? Begründe jeweils Deine Aussagen!

3. Für die Sublimation einer Stoffprobe wurden 364 kJ benötigt. Aus vorherigen Versuchen mit der gleichen Stoffprobe wurden 78 kJ für die Schmelze gebraucht. Welche Energiemenge wird bei der Kondensation dieser Stoffprobe frei? Erläutere Deinen Lösungsweg!

für die gehobene Anspruchsebene:

4. Bei der Resublimation einer Stoffprobe wurde eine Energie von 1'495 kJ ermittelt. Als man die zehnfache Menge des gleichen Stoffes erstarren ließ, wurde angeblich die gleiche Energie frei. Geht so was überhaupt oder liegt hier eher ein Fehler / Betrugsversuch vor? Entscheide Dich und begründe Deine Meinung!

Zum genauen charakterisieren der Aggregatzustände und zur Erklärung, warum diese so unterschiedlich sind, nutzen wir verschiedene Merkmale.

Betrachten wir zuerst das **Volumen**. Zieht man gleichgroßen Stoffproben ein und desselben Stoffes zum Vergleich heran, dann kann man beobachten, dass Feststoff und Flüssigkeit ungefähr ein gleichgroßes Volumen besitzen. Das Volumen der Flüssigkeit ist leicht größer. Das Gas einer gleichgroßen Stoffprobe ist dagegen deutlich voluminöser.



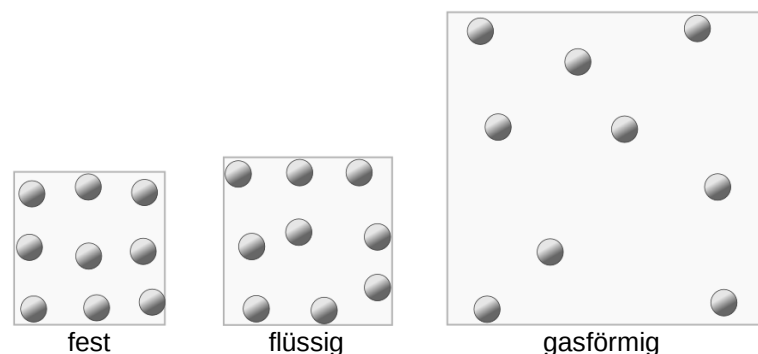
Um die Vergleiche besser machen zu können und die Abbildungen übersichtlicher zu haben, sind die Darstellungen der Aggregatzustände nur zweidimensional. Tatsächlich müssten sie natürlich dreidimensional sein. An den Grundprinzipien ändert aber die Reduktion auf zwei Dimensionen nichts.

Vergleiche für einen Stoff sind auch immer etwas schwierig, da kein Stoff bei der Standardtemperatur von in allen drei Aggregatzuständen vorkommt. Da sind immer Veränderungen der Temperatur oder anderer Zustandsgrößen (wie Volumen und / oder Druck) notwendig. Dadurch werden die direkten Vergleiche mehrdeutig.

Alternativ kann man auch ähnliche Stoffe – mit vergleichbaren Teilchen – zur Betrachtung von Aggregatzuständen heranziehen. Da bleibt aber immer die Ungewissheit, ob es nicht vielleicht an dem anderen Stoff liegt. Betrachtet man unterschiedliche Stoffe in gleichen und verschiedenen Aggregatzuständen sowie die gleichen Stoffe in unterschiedlichen Aggregatzuständen, dann kann man schon viele Gemeinsamkeiten und Charakteristika herausbekommen.

Die unterschiedlichen Volumina lassen sich nur erklären, wenn man dabei von einem unterschiedlichen **Abstand der Teilchen** zueinander ausgeht.

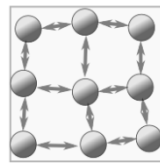
Im festen Zustand liegen die Teilchen relativ dicht beieinander. Bei einer Flüssigkeit sind die Teilchen etwas weiter voneinander entfernt. Die Teilchen haben einen größeren Raumbedarf.



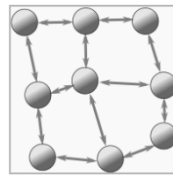
Bei Gasen ist der Raumbedarf extrem groß. Die Teilchen sind weit voneinander entfernt

Ursächlich für die unterschied-

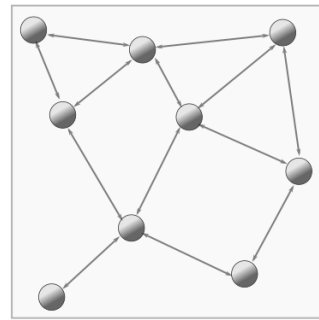
lichen Raumbedarfe sind die Bewegung und die (Anziehungs-)**Kräfte zwischen den Teilchen**. Besonders starke Kräfte finden wir im Feststoff. Jedes Teilchen besitzt starke Anziehungskräfte zu allen Raumnachbarn. Die Anziehungskräfte sind so stark, dass das Teilchen seinen Raumbereich nicht verlassen kann.



fest



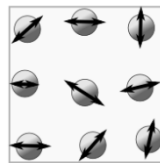
flüssig



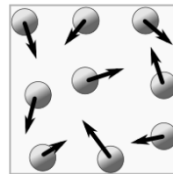
gasförmig

Im flüssigen Zustand sind die Teilchen nicht so stark aneinander gebunden. Sie können sich freier bewegen und auch mal in einen anderen Raumbereich wechseln, wo sie dann wieder andere Teilchen verdrängen. Die Kräfte zwischen den Teilchen sind sehr schwach. Die **Beweglichkeit der Teilchen** ist sehr gross und damit auch ihr Raumbedarf.

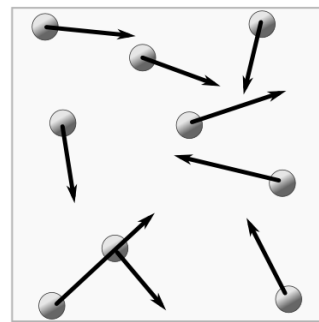
Die Bewegung der Teilchen ist in den Aggregatzuständen ebenfalls unterschiedlich. Während sich die Teilchen der Flüssigkeit und des Gasen frei im Volumen bewegen können, sitzen die Feststoff-teilchen quasi fest. Sie können sich nur an ihrem Raumplatz hin und her bewegen. Sie schwingen hin und her.



fest



flüssig



gasförmig

In der Flüssigkeit ist die Bewegungsgeschwindigkeit relativ gering.

Die Teilchen können aber gut wandern. Wir sprechen auch von der BROWNSchen Molekular-Bewegung. Da diese von der Wärme abhängig ist bzw. die Temperatur des Stoffe repräsentiert, sprechen wir auch von der Wärmebewegung der Teilchen. Besonders stark ist die Wärmebewegung der gasförmigen Stoffe. Die Teilchen bewegen sich mit großen Geschwindigkeiten ständig durch den Raum.

Versuch: Verdunsten / Sieden und Kondensation von Wasser

Materialien:

Heiz-Platte (od. andere Wärme-Quelle); Eis-Würfel; Stand-Zylinder mit Uhrgläschen als Deckel (od. anderes Glasgefäß mit Glasdeckel; Wasser

Durchführung:

1. etwas Wasser in den Stand-Zylinder geben

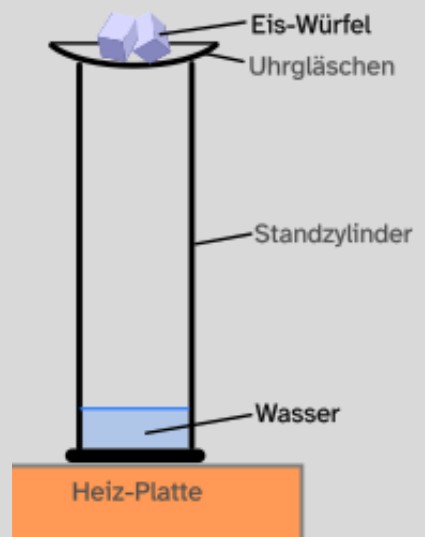
→ **Beobachtung**

2. Stand-Zylinder auf Heiz-Platte stellen und mit Uhrgläschen abdecken

3. Eis-Würfel in das Uhrgläschen geben

4. vorsichtig mittels Heiz-Platte erwärmen

→ **Beobachtung**



Lehrer-Versuch: Sublimation / Resublimation von Iod

Durchführung:

- Heiz-Platte (od. andere Wärme-Quelle); Eis-Würfel; Stand-Zylinder mit Uhrgläschen als Deckel (od. anderes Glasgefäß mit Glasdeckel; Iod

Durchführung:

1. $\frac{1}{2}$ bis 1 gestrichenen Spatel Iod in den Stand-Zylinder geben

→ Beobachtung

2. Stand-Zylinder auf Heiz-Platte stellen und mit Uhrgläschen abdecken

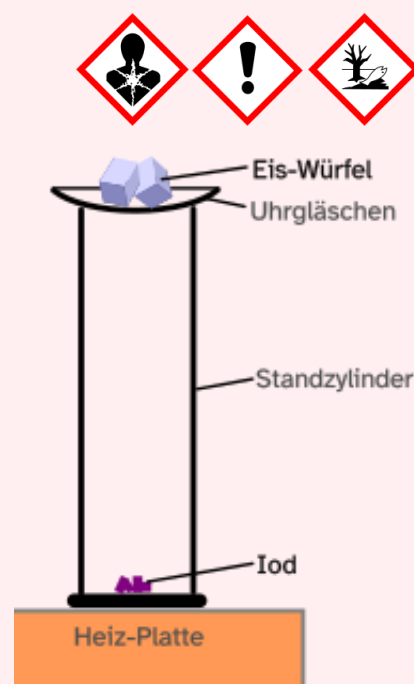
3. Eis-Würfel in das Uhrgläschen geben

4. vorsichtig über die Heiz-Platte erwärmen

→ Beobachtung

Entsorgung:

- Iod-Reste können wiederholt für den gleichen Versuch benutzt werden (Iod-Reste dürfen aber nicht in den normalen Chemikalien-Behälter für Iod zurückgeführt werden!)



Forschungs-Frage: Gibt es auch bei Wasser (Eis) eine Sublimation / Resublimation?

Aufgaben:

1. Stelle eine begründete Hypothese zur Forschungs-Frage auf!
2. Notiere Aufgabe und die Hypothese in einem Kurz-Protokoll!
3. Diskutiert die verschiedenen Hypothesen im Kurs!
4. Führt dann (z.B. zuhause) den folgenden Versuch durch! Führe parallel das Protokoll weiter!
5. Werte Deinen Versuch aus! Notiere das Ergebnis im Protokoll!
6. Vergleicht die Ergebnisse im Kurs!
7. Erarbeitet Euch eine Erklärung für die Ergebnisse!

Versuch: Sublimation / Resublimation von Wasser?

Materialien:

Kühlschrank-Gefäß mit fest-schließendem Deckel; Tiefkühl-Fach oder -Schrank; Eis-Würfel

Durchführung:

1. 2 – 4 Eis-Würfel in das Kühlschrank-Gefäß geben

→ Beobachtung

2. Gefäß verschließen und für mehrere Tage / Wochen in Tiefkühlschrank legen (möglich nicht bewegen)

3. Gefäß nach ein paar Tagen / Wochen aus dem Tiefkühler entnehmen und vorsicht (ohne viele Erschütterungen) öffnen

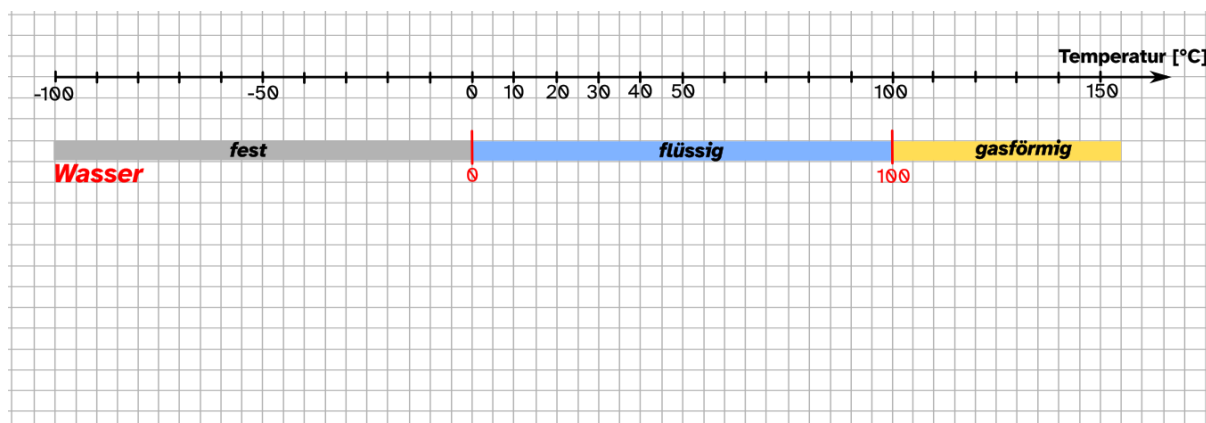
→ Beobachtung

weitere mögliche Forschungs-Fragen:

- Gibt es auch bei anderen Haushalt-typischen Stoffen Sublimation / Resublimation? (z.B. Praxis-Recherche)

Aufgaben:

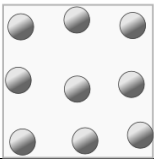
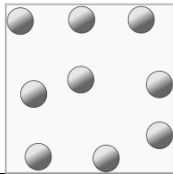
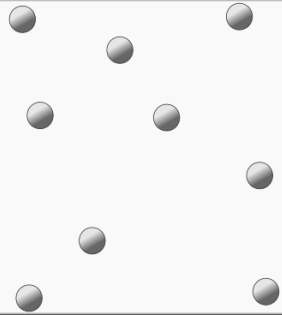
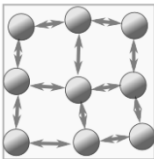
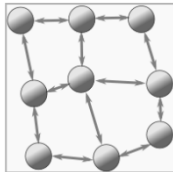
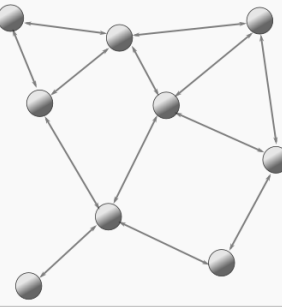
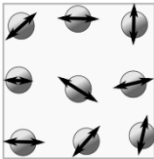
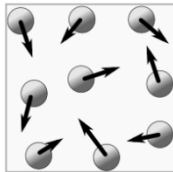
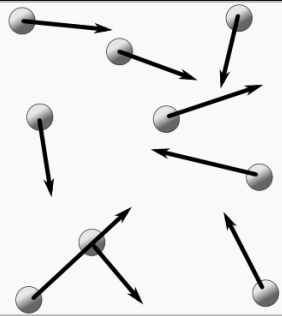
- Zeichne eine Temperatur-Gerade oben auf ein A4-Blatt (kleinkariert, Querformat)! Trage links einen Start-Punkt ein! Dieser soll $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ entsprechen. Erstelle nun eine Temperatur-Skala bis $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Maßstab: 1 cm entspricht $10\text{ }^{\circ}\text{C}$)! (Orientiere Dich am Beispiel Wasser!)
 - Trage nun die Schmelz- und Siede-Temperaturen der folgenden Stoffe jeweils in einer Kästchen-Reihe ein!
 - Male die Kästchen, in denen ein Stoff gasförmig, flüssig bzw. fest ist, in verschiedenen Farben aus!
 - Wie kann man in dem Diagramm erkennen, welchen Aggregat-Zustand der Stoff hat? Erkläre Dein Vorgehen!



Stoff	Schmelz-Temperatur [°C]	Siede-Temperatur [°C]
Wasser	0	100
Schwefel	115	445
Kerzenwachs	52	250

Stoff	Schmelz-Temperatur [°C]	Siede-Temperatur [°C]
Alkohol (Ethanol)	-115	78
Zucker	185	--
Zinn	232	2620

- Bei einer längeren Lagerung von Lebensmitteln in einem Tiefkühler kann es zu sogenanntem "Gefrier-Brandt" kommen. Was ist das und wie kann man ihn z.B. beim Einfrieren eigener Lebensmittel verhindern?
- Stelle Hypothesen auf, warum industriell eingefrorene Lebensmittel seltener zu Gefrier-Brand neigen?
- Beim Auftauen von Lebensmitteln entsteht häufig viel Tau-Wasser. Ist das nicht Betrug, wenn die Lebensmittel mit zusätzlichem Wasser eingefroren werden?
- Warum müssen gerade ältere Tiefkühler öfter mal abgetaut werden?
- Recherchiere, wie Tiefkühler mit No-Frost-Technologie funktionieren!
- Skizziere Die eine Kerze in Deinen Hefter und gib an, welche Aggregatzustände beim Abbrennen der Kerze auftreten!

Aggregatzustand	fest	flüssig	gasförmig
Modell-Ansicht			
Lage der Teilchen	relativ geordnet an bestimmten Plätzen; Teilchen liegen sehr kompakt	frei beweglich; Teilchen etwas weiter voneinander entfernt (als bei Feststoff)	völlig frei beweglich; keine feste Plätze; Teilchen weit voneinander entfernt
Kräfte zwischen den Teilchen			
	sehr stark	mittelstark	sehr schwach
Bewegungs-Energie der Teilchen			
	gering; Bewegung nur am Platz	mittelstark; Positionswechsel möglich	sehr groß; freie Position-Veränderung
Verhältnis zwischen Anziehungs-Kräften und der Bewegungs-Energie	Anziehungs-Kräfte sehr viel stärker / größer als Bewegungs-Energie	Anziehungs-Kräfte etwas stärker / größer als die Bewegungs-Energie	Anziehungs-Kräfte viel geringer als die Bewegungs-Energie
Volumen	etwas kleiner als bei dem gleichen Stoff im flüssigen Zustand	bei gleichen Stoff etwas größer als im festen Zustand, aber deutlich kleiner als im Gas-Zustand	sehr viel größer als bei dem gleichen Stoff im flüssigen Zustand
	Teilchen benötigen relativ wenig Raum	Teilchen benötigen mehr Raum	Teilchen brauchen sehr viel mehr Raum
Masse	in dieser Betrachtung immer gleich		
Dichte	etwas größer als bei dem gleichen Stoff im flüssigen Zustand		sehr viel kleiner als bei dem gleichen Stoff im flüssigen Zustand

Dichte

exakt Massendichte

Messung der Dichte nur bei Flüssigkeiten direkt möglich (Aräometer od. MOHRsche Waage)
hierbei wird der Auftrieb gemessen und als Dichte angezeigt

bei Gasen und Feststoffen muss das Volumen und die Masse erfasst werden und dann der Wert berechnet werden

bei Gasen kann man auch den Druck auswerten und daraus die Dichte berechnen

Formelzeichen ρ (griech. Kleinbuchstabe rho)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Berechnung erfolgt als Quotient aus Masse und Volumen (der Stoffprobe)

i.A. steigt die Dichte, wenn ein Stoff abgekühlt wird

die Masse ist wegen des Zusammenziehens des Körpers in einem kleineren Volumen verteilt. Der Quotient wird größer.

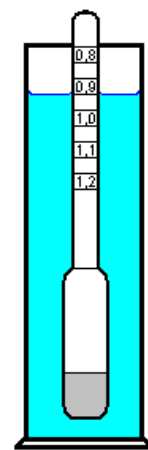
Bei der Erwärmung eines Stoffes dehnt dieser sich aus. Dadurch steigt das Volumen. Bei gleicher Masse und größerem Volumen ergibt sich eine kleinere Dichte.

wenige Ausnahmen

Wichtig ist dabei die Dichte-Anomalie des Wassers. Bei 4 °C hat Wasser die größte Dichte. Über 4 °C sinkt die Dichte. Das entspricht auch unseren normalen Vorstellungen. Von 4 °C zum Gefrierpunkt hin sinkt die Dichte aber ebenfalls. Am Gefrierpunkt gibt es einen deutlichen Dichte-Sprung zu einer kleineren Dichte. verfolgt man die Dichte nun bei weiter sinkender Temperatur, dann nimmt die Dichte wieder zu. Das entspricht wieder unseren Vorstellungen.

Das größte Volumen hat Wasser bei -4 °C.

Eine Erklärung dieses Phänomens erfolgt später bei der Besprechung des Wassers als Stoff (→).



Aräometer /
Spindel
zur Dichte-
Bestimmung

Definition(en): Dichte

Die Dichte ist eine physikalische Größe, die für einen Stoff aussagt, welche Masse in einem bestimmten Volumen vorhanden ist.

Die Dichte ρ (rho) ist der Quotient aus der Masse und dem Volumen einer Stoffprobe.

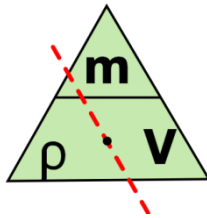
Kennt man einen Stoff, dann kann die Dichte aus Tabellen entnommen werden (→ Tafelwerk). Mit Hilfe der Dichte lässt dann z.B. bei einer bekannten Masse (der Stoffprobe) das zugehörige Volumen berechnen.

Aus dem Volumen und der Dichte ist es möglich, die Masse der Probe zu ermitteln.

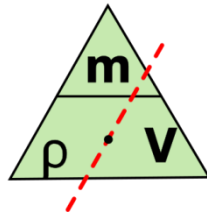
Als schnelle Umstellungs-Hilfe für die Formel der Dichte (siehe oben) eignet sich das Formel-Dreieck.

$$V = \frac{m}{\rho}$$

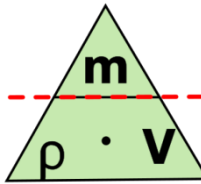
$$m = \rho \cdot V$$



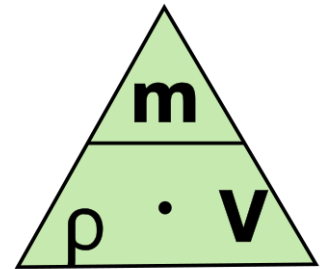
$$\rho = \frac{m}{V}$$



$$V = \frac{m}{\rho}$$



$$m = \rho \cdot V$$



das Basis-Dreieck
für die Dichte

Stoff	Dichte ρ [g / cm ³]	
feste Stoffe		
Aluminium	2,7	
Eichenholz	0,7	
Eisen	7,87	
Gold	19,3	
Holz	0,4 – 0,8	
Kupfer	8,95	
Schaumstoff	< 0,05	
Speise-Öl	0,91	
flüssige Stoffe	[g / ml]	
Brom		
Ethanol (Alkohol)	0,79	
Quecksilber	13,55	
Wasser	0,99	
gasförmige Stoffe	Dichte ρ [g / dm ³]	
Luft	1,29	
Sauerstoff	1,43	
Stickstoff	1,25	
Wasserstoff	0,09	

Aufgaben:

1. Berechne die Dichte einer Stoffprobe, für die eine Masse von 42,6 g und ein Volumen von 2,21 cm³ gemessen wurde! Um welchen Stoff könnte es sich gehandelt haben? Begründe Deine Meinung!
2. Wie gross war das Volumen einer Probe Aluminium, die 184 g gewogen hat?
3. Informiere Dich über die GIROLAMI-Methode zum Abschätzen der Dichte von reinen Flüssigkeiten! Ermittle damit die Dichte von Wasser!
4. Ein Mitschüler stellt die folgenden Regeln / Aussagen zur Diskussion! Beurteile die einzelnen Regeln / Aussagen! Begründe jeweils Deine Meinung!
 - a) Bei gleichdichten Stoffen bedeutet ein größeres Volumen auch eine größere Masse.
 - b) Bei Stoff(prob)en mit gleicher Masse haben dichtere das größere Volumen.
 - c) Vergleicht man zwei Stoffproben mit dem gleichen Volumen, dann hat die Probe mit der höheren Masse (gefühlter schwerer) eine kleinere Dichte.
 - d) Haben zwei Stoffproben die gleiche Masse und das gleiche Volumen, dann hat die feste Probe eine höhere Dichte.
 - e) Feste Stoffe haben immer eine größere Dichte als Gase.
5. Übernehme die Tabelle in Deinen Hefter und ermittle die leeren Zellen!

Stoff	Masse	Volumen	Dichte in g/cm ³	Dichte
Aluminium		2 dm ³		2,7 kg/dm ³
Holz	16 kg			t/m ³
Eisen		200 cm ³	7,81	kg/cm ³
Wasser (Eis)	1000 g		0,92	g/ml
Schwefel	18,4 g			kg/dm ³
Blei		3 cm ³		t/m ³

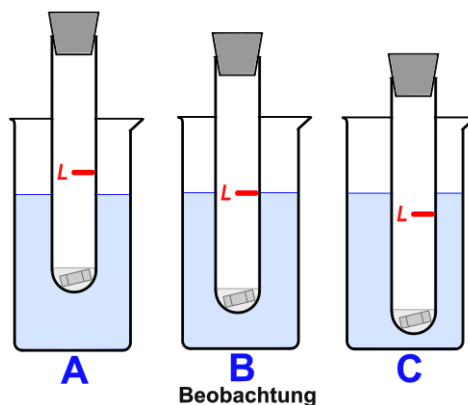
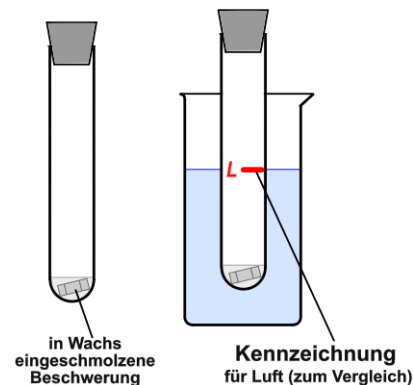
6. Von mehreren Stoffen sind die Zahlenwerte für die Dichte bekannt. Wie kann man herausbekommen, ob der Stoff in Wasser schwimmen oder untergehen würde? (Stoffe lösen sich nicht in Wasser)
7. Wie würde sich das Schwimm-Verhalten ändern, wenn sich die Stoffe in Wasser lösen würden? Stelle begründete Hypothesen auf!

vergleichende Bestimmung der Gas-Dichte

Sand / Steinchen / Stahl-Mutter / Blei-Kugeln (Angler-Bedarf) so einfüllen, dass Reagenzglas sicher im Wasser schwimmt

Gewichte in Kerzenwachs einschmelzen / fixieren (ersatzweise mit Kleber / Epoxid-Harz / 2-Komponenten-Kleber)

(damit kann RG auch zum pneumatischen Auffangen genutzt werden)



Aufgaben:

1. *Beschreiben Sie die Beobachtungen für das Gas-Ärämeter (Abb. rechts)! Interpretieren Sie die Beobachtungen bezüglich der Dichte der eingeschlossenen Gase!*
2. *Das Reagenzglas im Gas-Ärämeter wird offen im Tiefkühlschrank gelagert. Nun wird das RG aus dem Tiefkühlschrank entnommen und sofort mit einem Stopfen verschlossen und gewartet, bis das RG wieder Zimmertemperatur erreicht hat. Stellen Sie eine begründete Voraussage auf, wie sich das RG in der Gas-Ärämeter-Anordnung einpendelt!*
3. *Stellen Sie eine begründete Voraussage auf, wie sich das RG in der Gas-Ärämeter-Anordnung einpendelt, wenn es in der Vorbereitung erhitzt wurde und dann nach dem Abkühlen in das Becherglas gestellt wird!*

Zähigkeit / Härte

Öl fließt bei einer Bewegung des Aufbewahrungs-Gefäßes langsamer / schwerer als z.B. Wasser. Diese Fließ-Eigenschaft wird Zähflüssigkeit oder Viskosität genannt.

Bedingt wird die Zähflüssigkeit vorrangig durch die Größe der Teilchen und deren Anziehungskräfte untereinander bestimmt.

Sind die Teilchen gleichgroß und gleichschwer, dann fließt eine Flüssigkeit umso schlechter, je größer die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen.

Bei gleichstarken Anziehungskräften zwischen den Teilchen, fließt die Flüssigkeit schlechter, die aus größeren und / oder schwereren Teilchen besteht.

Die Zähflüssigkeit des See-Wasser's ist die Ursache für die Wellenbildung bei überstreichendem Wind.

Stoßdämpfer sind eine weit verbreitete Anwendung der Zähflüssigkeit in der Fahrzeug-Technik.

Härte nach MOHS

Wenn man mit einem Nagel ein Stück Wachs ritzt, dann hinterlässt dies eine bleibende Kerbe. Versucht man dagegen mit einem Holz-Stab etwas in Metall zu ritzen, dann wird das nicht's.

Friedrich MOHS (1773 – 1839) machte sich dieses einseitige Ritzen für seine Härte-Skala zunutze. Er benutzte verschiedene charakteristische Stoffe, um mit diesen eine Härte-Gruppierung festzulegen. Talk war sein weichster Stoff und deshalb ordnete er ihm die Härte 1 zu. Der damals (1822) härteste (natürlich vorkommende) Stoff waren Diamanten. Sie erhielten die Härte 10. Die MOHS-Skala war ursprünglich vor allem für eine Schnell-Einschätzung von Mineralien gedacht. Wegen seiner Einfachheit hat sie sich aber vielfach etabliert.

Stoff (Referenz)	MOHS-Härte	Prüfung	weitere Beispiele
Talk	1	mit Fingernagel schabbar	Speckstein
	1,5		Blei, Graphit, Zinn
Gips, Halit	2	mit Fingernagel ritzbar	Fingernagel
	2,5		Aluminium, Silber, Gold
Calcit (Kalkspat)	3	mit Kupfer-Münze ritzbar	
	3,5		Kupfer, Eisen, Platin, Nickel
Fluorit (Flussspat)	4	mit Taschenmesser ritzbar	
	4,5		Stahl
Apatit	5	mit Taschenmesser noch ritzbar	Zahnschmelz, Opal
	5,5		Glas
Orthoklas	6	mit Stahlfeile ritzbar	
	6,5		Slizium, Opal
Quarz	7	ritzt Fensterglas	
	7,5		Smaragd, Wolfram
Topas	8		gehärteter Stahl (Bohrer);
	8,5		Chrom
Korund	9		Rubin, Saphir; Schleif-Papier u.ä.
	9,5		Titan
Diamant	10		Siliciumcarbid

Für echte Härte-Messungen werden heute andere Techniken genutzt. Bei der Poldi-Härte wird mit einem Kugel-Hammer auf ein Metall-Stück geschlagen und dann die Eindruck-Stelle bewertet.

Schmelz- und Siedetemperatur

Messung von Temperaturen

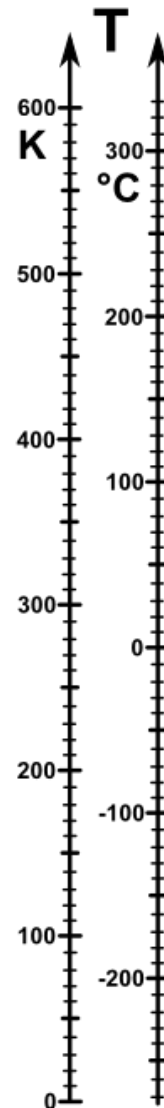
exakt nur für einzelne Stoffe ermittelbar
der Schmelz-Punkt (Schmelz-Temperatur) ist die Temperatur, bei der der Stoff zur Hälfte geschmolzen ist
der feste und der flüssige Anteil sind also gleichgroß

für die Siede-Punkt (Siede-Temperatur

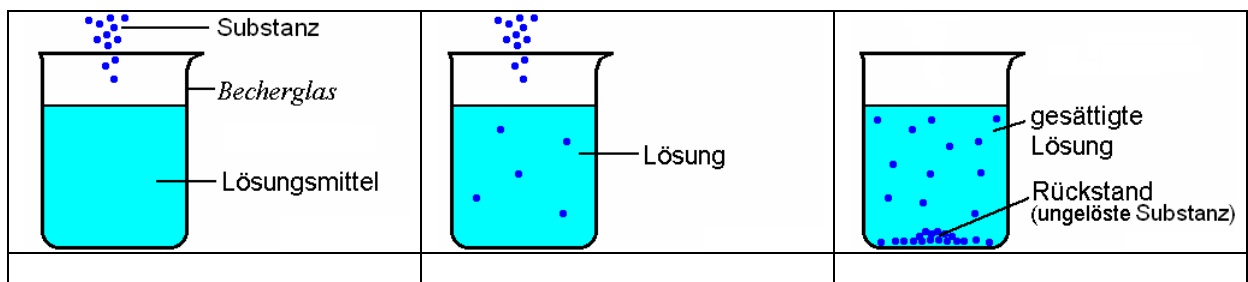
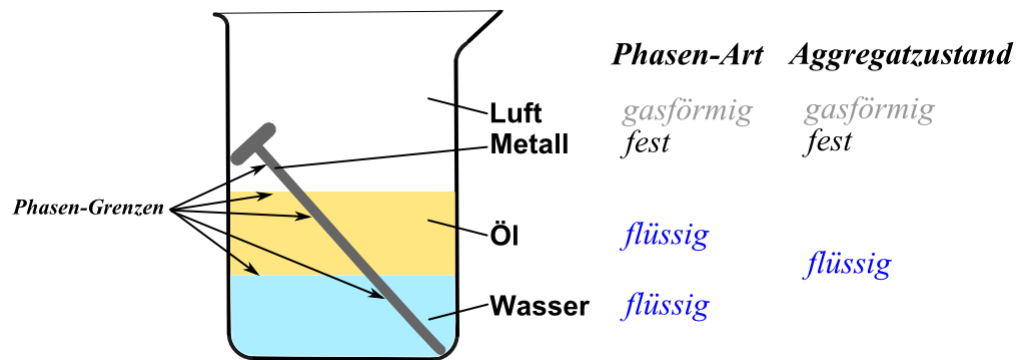
reine Stoffe haben zumeist ganz charakteristische Schmelz- und Siede-Temperaturen
sie bleiben während des Schmelzens und des Siedens gleich

bei Gemischen beobachtet man meist während des Schmelzens und Siedens sich verändernde Temperaturen
zuerst schmilzt bzw. siedet die Komponente, die den kleineren Schmelz- bzw. Siede-Punkt hat
da sich – gerade beim Sieden – der Anteil der höher siedenden Komponente immer mehr erhöht, steigt auch die Siede-Temperatur des Gemisches

viele Mischungen (z.B. Alkohol (Ethanol) und Wasser) lassen sich trotz unterschiedlicher Siede-Punkte (78 und 100 °C) nicht durch Destillation trennen



Löslichkeit



Löslichkeit in Wasser

Löslichkeit in Fetten bzw. Fett-ähnlichen Stoffen

Fette oder Fett-ähnliche Stoffe sind hier die Lösungs-Mittel
häufig auch als organische Lösungsmittel umschrieben

Modell-Experiment zur Mischung von Teilchen

Materialien / Geräte:

Waage; Standzylinder (exakte Skala!), z.B. 2x 100 ml und 1x 200 ml; Becherglas od.ä. z.B. 250 ml; grüne und gelbe Erbsen, Senf-Körner

Durchführung / Ablauf:

- Eigenmasse (Eigengewicht) der Standzylinder ermitteln
- für Versuch 1: ein Zylinder mit gelben Erbsen (z.B. 100 ml) und 1 Zylinder grüne Erbsen (z.B. 100 ml) füllen und Masse (der Erbsen) bestimmen
- Erbsen im Becherglas mischen und im großen Messzylinder Masse und Volumen bestimmen
- für Versuch 2: ein Zylinder Erbsen (z.B. 100 ml; ev. das Gemisch benutzen) und ein Zylinder mit Senf-Körnern (z.B. 100 ml) füllen und Masse bestimmen
- Erbsen und Senf mischen; dann im Messzylinder Volumen und dann die Masse bestimmen

Hinweise:

Die Versuche lassen sich gut absichern, wenn zuerst 2x mit der Hälfte (z.B. 2x 50 ml) gearbeitet wird und dann je Versuch die gesamte Menge (z.B. 2x 100 ml) betrachtet werden.

Eine weitere Absicherung ist durch die Nutzung aller Messwerte in einer Klasse / einem Kurs möglich. In dem Fall kann man mit den Summen arbeiten, besser noch mit den Mittelwerten.

Brennbarkeit

Definition(en): Brennbarkeit

Unter der Brennbarkeit versteht man die Fähigkeit eines Stoffes sich unter Einwirkung einer Wärmequelle und bei Anwesenheit von Luft zu entzünden und sich in einen oder mehrere andere Stoffe umzuwandeln.

Stoff	brennbar?	selbstentzündlich?
Ethanol, 32% (Alkohol)	✓	
Ethanol, 50% (Alkohol)	✓	
Ethanol, 96% (Alkohol)	✓	
Phosphor, weiß	✓	✓
Phosphor, rot	✓	
Wasser		

Geruch

olfaktorische Wahrnehmung

Der Geruch scheint beim Menschen sehr individuell ausgeprägt zu sein. Die Meinung – ob etwas angenehm oder unangenehm riecht geht üblicherweise sehr stark auseinander.

Es gibt verschiedene Klassifizierungs-Systeme, die meist bestimmte Stoffe als Referenz benutzen.

Geruchs-Klassifikation nach John A. AMOORE

• campherartig	Campher (in: Mottengift)
• moschusartig	Moschus-Keton (in: Engelwurz)
• blumenduftartig	2-Phenylethanol (in: Rosenduft)
• mentholartig	Menthol (in: Minze)
• ätherisch	1,2-Dichlorethan (in: Trockenreinigungsmittel)
• beißend	(in: (Wein-)Essig)
• faulig	2-Methylpropan-2-thiol (in: faules Ei)

Geruchs-Klassifikation nach HENNING

• blumig	2-Phenylethanol (Vanille – Geranie)
• fruchtig	Limonen (Orange – Zitrone)
• harzig	(Bitumen – Eukalyptus)
• würzig	(Gewürznelke – Ingwer)
• faulig	(faules Ei)
• brenzlich	

Grundgerüche bilden modellhaft die Ecken eines Dreiecks-Prisma
weitere / spezielle Gerüche liegen zwischen den Grundgerüchen

Geschmack

Kann man eigentlich den Geschmack eines Stoffes angeben, wenn man garnicht probieren darf? Natürlich geht das. Das Verbot im Chemie-Unterricht und im Schul-Labor nicht zu probieren ist eine Sicherheits-Maßnahme. Da Schüler nicht unbedingt alle Stoffe richtig einschätzen können, aber auch zu wenige Stoffe kennen, ist das Probieren einfach verboten worden.

Forscher probieren ihre Stoffe schon, aber mit einem sehr sicheren und kontrollierten Verfahren. Die Stoffe werden z.B. stark verdünnt oder man kann einfach von den Erfahrungen ungeschickter Chemiker profitieren, die einen Stoff irgendwie in den Mund bekommen haben.

Von vielen ungefährlichen Stoffen können wir den Geschmack sehr genau angeben.

Sachlich gibt es – je nach Betrachtung 4 bis 7 Geschmacks-Richtungen.

Geschmacksrichtungen

- **süß**
- **sauer**
- **salzig**
- **bitter**

und ev.

- **fettig**
- **umami** (würzig / (Geschmacksverstärker); Glutamat- / China-Restaurant-Geschmack)
- (Lakrits-Geschmack)

Alles andere ist Geruch. Das merken wir spätestens, wenn wir mal einen Schnupfen haben. Schmecken können wir dann immer noch, aber da der Geruch – wegen der verstopften Nase – nicht mehr funktioniert, erscheint das Essen fade.

Beim Schmecken sprechen wir auch von **gustatorischer** Wahrnehmung.

Wärmeleitfähigkeit

Formelzeichen λ (griech. Kleinbuchstabe *lamda*)

Stoff	Wärmeleitfähigkeit	
	λ [W / m • K]	grob
Aluminium		sehr gut
Eisen	81	gut
Glas		sehr schlecht
Gold	314	sehr gut
Holz	0,19	
Kupfer	399	sehr gut
Porzellan	0,9	schlecht
Silber	427	sehr gut
Wasser	0,6	schlecht
Wasserstoff		sehr gut
Ziegel	0,4 – 1,2	schlecht

Definition(en): Wärmeleitfähigkeit

Unter der Wärmeleitfähigkeit versteht man die Geschwindigkeit mit der ein Temperatur-Unterschied (besser: eine bestimmte Menge Wärmeenergie) in einem Stoff transportiert wird.

Forschungs-Frage: Breitet sich die Wärme in allen Stoffen gleichschnell aus?

Aufgaben:

1. Stelle eine begründete Hypothese zur Forschungs-Frage auf!
2. Notiere Aufgabe und die Hypothese in einem Kurz-Protokoll!
3. Diskutiert die verschiedenen Hypothesen im Kurs!
4. Führt dann (z.B. zuhause) den folgenden Versuch durch! Führe parallel das Protokoll weiter!
5. Werte Deinen Versuch aus! Notiere das Ergebnis im Protokoll!
6. Vergleicht die Ergebnisse im Kurs!
7. Erarbeitet Euch eine Erklärung für die Ergebnisse!

Versuch: Wärmeleitung in verschiedenen Stoffen?

Materialien:

kleiner Topf (z.B. Durchmesser 18 cm) mit heißem Wasser (80 °C); Papp-Scheibe (Durchmesser größer als Topf); Löffel (z.B. Teelöffel-Größe) aus verschiedenen Materialien; Schere / Messer; digitales Infrarot-Thermometer (ev. auch Kontaktloses Fieber-Thermometer, dann aber max. mit 45 °C warmen Wasser arbeiten)

Durchführung:

1. Pappe mit Messer / Schere so einstechen, dass Löffel durchgesteckt werden können
 2. Löffel mit dem Griff nach unten durch die Pappe stecken (auf gleichmäßige Höhe achten)
 3. Topf bis 3 cm unter dem Rand mit heißem / warmen Wasser füllen; 1. Temperatur-Messung (Ausgangs-Situation) durchführen und protokollieren
 4. Pappe mit den Löffeln so auf dem Topf positionieren
- **Beobachtung:** alle Minute immer reihum die Temperatur der Löffel messen und protokollieren

weitere mögliche Forschungs-Fragen:

- spielt bei Eier-Löffeln auch die Farbe auch eine Rolle bei der Wärmeleitung
- wie verändert sich die Wärmeleitung, wenn man statt Wasser warmes / heißes Öl (max. 45 bzw. 80 °C) benutzt

elektrische Leitfähigkeit

Stoff	elektrische Leitfähigkeit	
	[Ω / cm]	grob
Aluminium		sehr gut
Eisen		sehr gut
Elektrolyte	0,02 – 1000	gut
Diamant (Kohlenstoff)		keine
Glas	$10^{-13} - 10^{-16}$	keine
Gold		sehr gut
Graphit (Kohlenstoff)	1000	gut
Halbleiter	0,1 – 0,000'001	gering
Holz		sehr gering
Isolatoren	$< 10^{-14}$	
Kupfer		sehr gut
Porzellan		keine
Silber		sehr gut
Wasser		sehr gering
Wasserstoff		keine
Ziegel		keine

Grob-Untersuchung mit einfachem Stromkreis

Aufgaben:

1. Baue Dir aus einer Holzklammer, einer Mini-Batterie, einer LED, Drähten, 2 Nägeln und einer 4-poligen Lüsterklemme einen eigenen Leitfähigkeits-Prüfer! (Der Batterie-Halter (Holzklammer) kann mit (Heiß-)Kleber an der Seite der Lüsterklemme befestigt werden.)
2. Prüfe Deinen Leitfähigkeits-Prüfer an einem Metall- und einem Holz-Stück!
3. Sammle verschiedene Materialien (mindestens 5; ohne Schutz-Schichten (z.B. Farbanstrich, Öl, ...)) und notiere sie in einer 5-spaltigen Tabelle! Vermute in der 2. Spalte der Tabelle, ob das Material elektrisch leitfähig ist! In die 3. Spalte werden die Beobachtungen notiert und in der 4. Spalte erfolgt dann die Auswertung / Interpretation der Beobachtungen! Die 5. Spalte soll dann die Übereinstimmung / Nicht-Übereinstimmung mit der Vermutung enthalten!

(In einem Kurs kann auch jede Experimentier-gruppe 1 od. 2 Materialien mitbringen und diese dann reihum weitergegeben werden.)

4.

Fein-Untersuchung mit einem digitalen Meßgerät

*ohne genaues Verständnis des Meß-Prinzip's und der Einheit des Messwertes
einfach Fakt: je größer der Zahlenwert, desdo größer die elektr. Leitfähigkeit
Charakterisierung von **mS** und **µS** (Milli und Mikro)*

Definition(en): elektrische Leitfähigkeit
Unter der elektrischen Leitfähigkeit versteht man die Fähigkeit eines Stoffes den elektrischen Strom zu transportiert (/ leiten).

Aufgaben:

1.

2. *Untersuche die elektrische Leitfähigkeit der vorgegebenen und zwei weiterer (selbst mitgebrachter) Stoffe mit den beiden Meß-Methoden für die Leitfähigkeit! Bewerte dann die Leitfähigkeit der Stoffe mit jeweils ein bis drei Worten!*

Material / Stoff	Beobachtung mit Stromkreis od. einfachem Leitfähigkeits-Prüfer	Messwert mit digitalem Leitfähigkeits-Messgerät	Bewertung der Leitfähigkeit
Holz			
Nagel			
(Leitungs-) Wasser			
demineralisiertes bzw. destilliertes Wasser			
Plastik(-Lineal)			

3.

Giftigkeit / Toxität

$LD_{50} = ??$

(letale Dosis) tödliche Dosis bei 50% der Probanden

bezogen auf ein Kilogramm Körpergewicht (eigentlich Körpermasse)
wegen fehlender Daten beim Menschen häufig aus Maus-Experimenten abgeleitet

Magnetismus

Forschungs-Frage: Sind alle Metalle magnetisch?

Versuch: magnetische Eigenschaften von Materialien

Materialien:

verschiedene Materialien (vorrangig Metalle); Dauer-Magnet und / oder Neodym-Magnet (Super-Magnet)

Durchführung:

1. teste die verschiedenen Metalle mit den vorhandenen Magneten

→ **Beobachtung**

???

x.y. Charakterisierung von Stoffen

Forschungs-Frage: Kann man ähnliche Stoffe voneinander unterscheiden?

Problem: In Urgläschen befinden sich Proben von 3 Stoffen (Puderzucker, Mehl, Gips).
Leider fehlt die Beschriftung. In welchem Urgläschen (A, B und C) ist nun welcher Stoff?

Aufgaben:

1. Überlege Dir das prinzipielle Vorgehen beim Lösen einer solchen Forschungs-Frage!
2. Überlege Dir einen Arbeitsplan zum Erkennen / Identifizieren der Stoffproben!
3. Notiere Aufgabe und die Vorbetrachtungen in einem Kurz-Protokoll!
4. Diskutiert die verschiedenen Arbeitspläne im Kurs!
5. Erstellt eine Liste mit den gebrauchten Geräten und Materialien! Fordert diese Geräte und Materialien beim Kursleiter an!
6. Führt nun die Versuche laut Eurem Arbeits-Plan aus! Notiere die Arbeitsschritte und die zugehörigen Beobachtungen in das Protokoll!
7. Werte Deine Versuche aus und identifiziere die Stoff-Proben! Notiere das Ergebnis im Protokoll!
8. Vergleicht die Ergebnisse im Kurs!
9. Welcher Arbeits-Plan ist am Besten geeignet?

weitere mögliche Forschungs-Fragen:

•

Methode: Aufstellen eines Steckbriefes

Aus alten Western-Filmen sind sie gut bekannt - die Steckbriefe der bösen Cowboys. Oft waren diese Steckbriefe nur grobe Beschreibungen der gesuchten Personen. Aber irgendwie haben sich die betroffenen dann doch irgendwo geoutet. Dann kam der gute Kopfgeldjäger und kassierte die dicke Prämie.

Bei den Steckbriefen in der Wissenschaft sind einige Dinge erhalten geblieben und andere wurde deutlich verbessert.

Die Informationen müssen heute eindeutig sein – schließlich wollen wir ja das richtige Objekt "finden". Steckbriefe in der Chemie sind Informationsseiten – oder neudeutsch Handout's – auf denen die wichtigsten Details zu einem Such-Objekt enthalten sein sollen.

Zumeist werden wir Stoffe oder Stoffgruppen suchen.

WANTED

by murder

Henry McCarty

called

Billy the Kid

2000 \$

dead or alive

Aber moderne Steckbriefe lassen sich auch zu Methoden und chemischen Verfahren erstellen.

Als Überschrift verwenden wir das Thema oder den Namen des Stoffes oder der Stoffgruppe.

Die Anordnung der nun folgenden Abschnitte sollte so eingehalten werden. Wer mag, kann aber den Abschnitt "Darstellung / Herstellung" auch vor "Bau / Zusammensetzung" einfügen.

Ansonsten folgen wir der wissenschaftlichen Logik, dass man aus dem Bau viele der Eigenschaften ableiten kann. Deshalb wird er Bau eben vor den Eigenschaften betrachtet. Besonders wichtig sind in der Chemie die chemischen Eigenschaften eines Stoffes oder einer Stoffgruppe. Die chemischen Eigenschaften sind die charakteristischen Reaktionen eines Stoffes. Manchmal ist auch eine nicht mögliche Reaktion – die man sonst eigentlich erwartet hätte – eine wichtige chemische Eigenschaft.

Aus den Eigenschaften leitet sich die Verwendung ab. Dabei müssen wir immer beachten, dass Alles immer auch gute und schlechte Seiten hat.

Einseitige Betrachtungen

sind unwissenschaftlich und unbedingt zu vermeiden. Wissenschaftler müssen auch mit bitteren Wahrheiten leben können.

Ein Insektenvernichtungsmittel, was für einen Landwirt bei einem Ungezieferbefall eventuell seine Existenz rettet, ist für die restliche Umwelt vielleicht ein gefährlicher Bienen-Killer.

Such-Objekt

Allgemeines:

Entdeckung, historische Informationen, Vorkommen, ..., und alles was unten keinen Platz gefunden hat

*Symbol, Formel
charakteris-
tisches
Bild*

Bau / Zusammensetzung:

enthaltene Teilchen(-Arten), Atome
Struktur, Bau, Besonderheiten (Symmetrien, Ladungsschwerpunkte, ...)

Eigenschaften:

physikalische Eigenschaften (Aggregatzustand, Farbe, Glanz, Härte, Schmelz- u. Siedepunkt, Löslichkeit, Dichte, elektrische Leitfähigkeit, ...)

chemische Eigenschaften

wichtige Reaktionen mit anderen Stoffen oder Stoffgruppen

Nachweis-Reaktion / Nachweis-Methode

Verwendung / Bedeutung

praktische Nutzung (Haushalt, Industrie, Landwirtschaft, ...)

Gefährlichkeit / Giftigkeit

besondere Hinweise zu Umgang mit dem Such-Objekt

Darstellung / Herstellung

Darstellungs-Möglichkeiten im Labor

Herstellungs-Verfahren in der Industrie

Gewinnung (durch Bergbau od.ä.)

Als Beispiel bieten wir hier einen Steckbrief für den Stoff Zucker an. Dieser Steckbrief kann als Muster für andere Steckbriefe genutzt werden.

Zucker

Allgemeines:

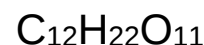
- auch **Haushaltszucker** genannt
- exakter Name: 2-β-D-Fructofuranosyl-1-α-D-Glucopyranosid
- Trivialname: **Saccharose**
- wirkt anregend (euphorisierend)
- der Inbegriff von süß
- wahrscheinlich schon seit 10'000 Jahren vom Menschen genutzt
- vor rund 3'000 nach Europa gelangt
- zuerst sehr teuer → deshalb "weißes Gold" genannt
- derzeit werden 170 Millionen t Zucker pro Jahr hergestellt
- Überversorgung mit Zucker verursacht gesundheitliche Probleme in der Bevölkerung



Q: www.pixabay.com (Hebi B)
(10.03.2023) [Pixabay License](#)

Vorkommen / Darstellung / Herstellung:

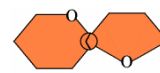
- in vielen Früchten
- Gewinnung aus Zuckerrüben oder Zuckerrohr
- seit 1801 industrielle Produktion aus Zuckerrüben
-



chemische Formel

Bau / Zusammensetzung:

- Feststoff, kristallin
- besteht aus sehr vielen Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstoff-Atomen



häufig verwendete Symbole

Eigenschaften:

- farblos
- geruchlos,
- leitet den elektrischen Strom nicht
- löst sich sehr gut in Wasser
- beim Erhitzen entsteht schwarze Zuckerkohle
- brennbar
- Dichte: 1,57 g/cm³
- Schmelztemperatur: ab 185 °C
- Zersetzung bei über 192 °C
- bei Verbrennen von Zucker an der Luft (mit Asche als Hilfsstoff) entsteht Kohlenstoffdioxid und Wasser

Zucker + Sauerstoff $\longrightarrow$ Kohlenstoffdioxid + Wasser ; Energie-Abgabe

Nachweis:

- nur mit Spezial-Test's (Chromatographie; indirekt: Zerlegung in Einfachzucker und deren Nachweis)

Verwendung / Bedeutung:

- Hauptsüßungsmittel im Haushalt
- Zusatz bei Getränken (Limonade, Cola, Softdrink's, Kakao, ...)
- Backzutat
- Zusatz in vielen Lebens- und Genuß-Mitteln (Riegeln, Schokolade, Ketchup, Kekse, ...)



Q: www.pixabay.com (Bru-nO)
(12.03.2023) [Pixabay License](#)

"Die Polizei sucht ..." (kriminalistische Chemie)

In der chemischen Praxis haben wir es oft mit unbekannten Stoffen zu tun. Irgendwie müssen wir sie identifizieren. Dafür ist viel Spürsinn und Forschungs-Arbeit notwendig.

Eine gute Möglichkeit, einen Stoff zu erkennen, ist der Vergleich von beobachteten und bekannten Eigenschaften. Je mehr Eigenschaften man von einem Stoff kennt, um so sicherer wird die Erkennung.

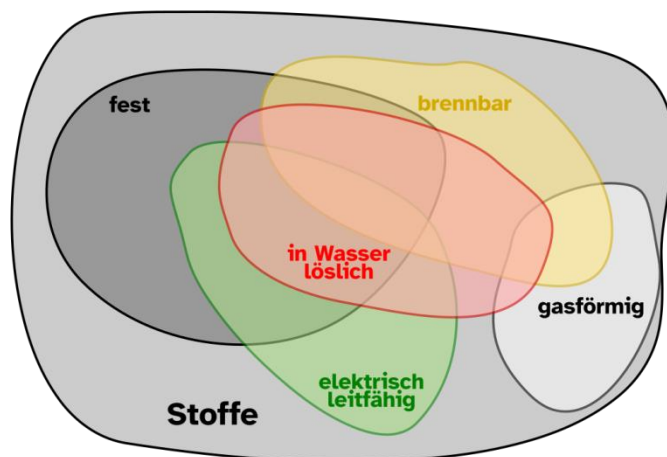
Praktisch ist es wie in der Kriminalistik, der Ermittler sucht möglichst viele Indizien, um den Täter zu überführen. Aber auch der Ausschluß von Unschuldigen ist mit der Kenntnis von vielen Indizien viel sicherer.

Mit der Kenntnis vieler Merkmale von unserer unbekannten Probe, können wir auch immer mehr Stoffe ausschließen, bei denen eben die beobachteten Merkmale nicht mehr passen.

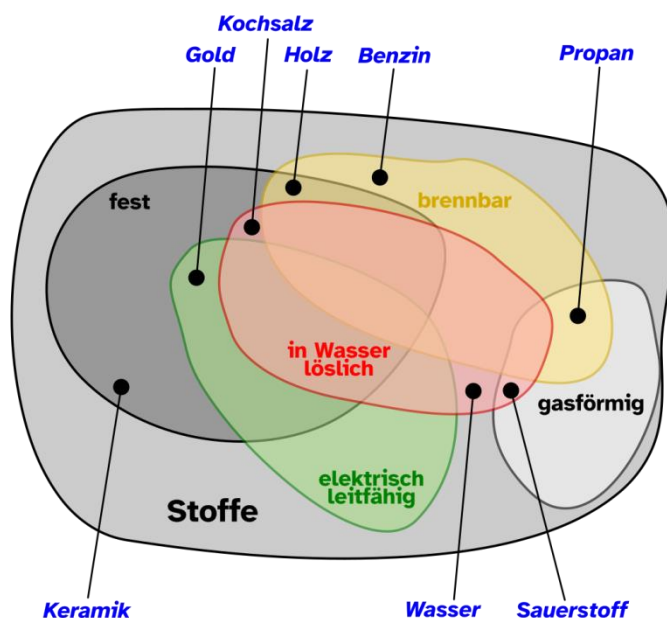
Wenn man z.B. einen Feststoff vorliegen hat, dann braucht man die x-tausend flüssigen und gasförmigen Stoffe gar nicht mehr beachten.

Chemiker versuchen zuerst immer solche Merkmale zu analysieren, die nur eine bestimmte Stoffgruppe zulassen oder gleich große Gruppen von Stoffen ausschließen.

Bei mehreren Millionen von bekannten Stoffen wird die Suche immer aufwändiger.



die Menge der Stoffe mit Teilmengen, die bestimmte Eigenschaften(-Kombinationen) besitzen



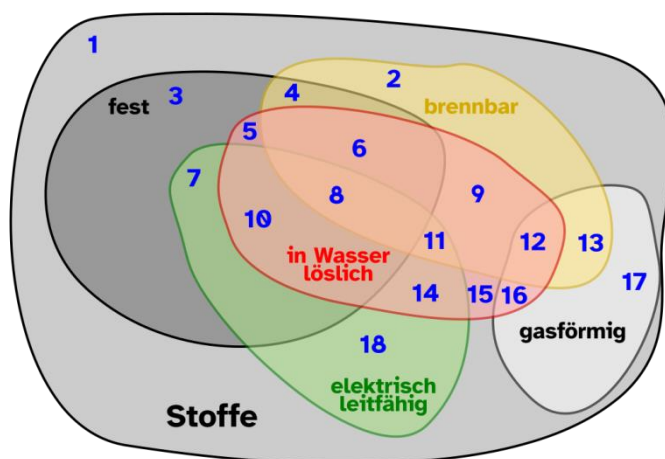
Wer bin ich?

meine charakteristische Eigenschaften:

- flüssig
- geruchlos
- geschmacklos
- siede bei 100 °C
- löse viele Stoffe (z.B.: Haushalts-Zucker, Koch-Salz, Essig, ...)
- mische mich mit vielen Stoffen (z.B.: Flüssigseife, Alkohol, ...)
- mit anderen Stoffen kann ich mich überhaupt nicht vertragen (z.B.: Benzin, Pflanzöl, Maschinen-Fett, Natrium, ...)
- nicht brennbar
- leite den elektrischen Strom praktisch nicht
- bin schwerer als Luft, aber leichter als Aluminium
- gefriere bei 0 °C

Aufgaben:

1. Welcher Stoff ist bei "Wer bin ich?" gemeint? Begründe Deine Meinung!
2. Suche Dir einen Stoff aus unserer Haushalts-Welt aus (außer den von Aufgabe 1) und erstelle am Computer eine "Wer bin ich?-Seite! (obere Hälfte des DIN-A4-Blattes) Auf die untere Hälfte (schön mittig) schreibe die Lösung! Drucke das Blatt dann einmal aus und falte es so, dass man nur die "Wer bin ich?"-Hälfte sehen kann! Lege die Seite auf Deinen Platz und schaue Dich dann bei den anderen Schülern um! Welche Stoffe der anderen Schüler erkennst Du? Notiere sie auf einem Zettel (mit dem Schüler-Namen von dem entsprechenden Sitzplatz)!
3. Ordne die folgenden Stoffe den nummerierten Teilmengen in der Abbildung zu!
 - a) Zucker
 - b) Kohlenstoffdioxid
 - c) Essig
 - d) Alkohol (Ethanol)
 - e) Kupfer
 - f) Plastik
4. Wähle drei weitere Stoffe aus dem Haushalt und ordne sie in die Teilmengen ein!



Eigenschaften von haushaltsüblichen und / oder weit verbreiteten Stoffen

Name	optische Eigenschaften	Geruch (Geschmack)	haptisch ++	Aggr.-zustand	Löslichkeit in ..				leitet	brennbar / verbrennt	Dichte	T _{FP} [°C]	T _{KP} [°C]	++
					Wasser	Spirit	Aceton	Öl						
Alkohol (Ethanol)	farblos, klar	herb, scharf stechend		flüssig	+++		+++	+	-	ja	< W	-115	78	
Aceton (Nagellackentferner)	farblos, klar			flüssig	+++	+++		++	-	ja	< W			
Benzin	farblos (meist-gefärbt)			flüssig	- - -	+	+	+	- -	ja	< W		60 – 95	
Erdgas (Methan)	farblos	geruchlos (geschmacklos)		gasförmig	+	-	-	-	- -	ja	< L			
Essig	farblos, klar	stechend (sehr sauer)		flüssig	++	++	+	-	++	nein	> W			löst Kalk
Gips	weiß, matt	geruchlos (geschmacklos)		fest	-	-	-	-	-	nein	> W			
Glycerol (Glycerin)	farblos		dickflüssig	flüssig	++	+	+	+	-	nein	> W	18	290	
Kartoffelstärke (Amylose)	weiß (farblos)	geruchlos (geschmacklos)	quillt in Wasser	fest	-	- -	- -	-	- - -	wird schwarz	> W			
Kochsalz NaCl		geruchlos salzig		fest	++	++	+	- -	- - -	nein	> W	801	1413	
Luft (N ₂ , O ₂ , ++)	farblos	geruchlos (geschmacklos)		gasförmig	+	+	+	-	- - -	notw. für Verbrennung	< W L			

Name	optische Eigenschaften	Geruch (Geschmack)	haptisch ++	Aggr.-zustand	Löslichkeit in ..				leitet	brennbar / verbrennt	Dichte	T _{FP} [°C]	T _{KP} [°C]	++
					Wasser	Spiritus	Aceton	Öl						
Öl (Pflanzen-Öl)		blumig	ölig	flüssig		+	++		---	ja	< W			
Porzellan		geruchlos (geschmacklos)	glatt, kalt	fest	---	---	---	---	---	nein	> W	1670		
Spiritus	farblos, klar	stechend, scharf (charakteristisch)								ja		-98	65 - 78	
Stearin (Kerzenwachs)	weiß, matt ev. gefärbt	geruchlos	wachsartig glatt	fest	---	---	+	-	---	ja	< W			
Wasser, dest.		geruchlos (geschmacklos)		flüssig		+++	+++	---	-	nein	W	0	100	Wasser-arme Aufschlammung härtet aus
Zucker		geruchlos (leicht aromatisch); (süß)		fest	++	++	+	--	---	wird schwarz	> W	≈180		

x. Stoffgemische und ihre Trennung

Einteilung der Stoffe

- **Reinstoffe und Stoffgemische**
- **Arten der Stoffgemische**
- **Trennverfahren für Stoffgemische**

- **Sieben**
- **Dekantieren**
- **Filtern**
- **Eindampfen**

- **Destillieren**
- **Chromatografieren**
- **Adsorbieren**

Die Trennverfahren des Alltags sind zu nutzen.

Die Mülltrennung als besondere Maßnahme der Umweltentlastung soll diskutiert werden.

Der Umgang mit dem Abfall als ernsthaftes Umweltproblem ist darzustellen

SE: Papierchromatografie

SE: Trennung eines Salz-, Sand- und Wassergemisches

SE: Adsorption von Farbstoffe, wie Methylenblau oder Cola mit Aktivkohle

Das Mischen von Stoffen ist zuerst einmal ein klassisches physikalisches Vorgehen. Besonders mit Pulvern gelingt das gut. Oft sehen die Gemische recht homogen aus. Das Herstellen eines Stoffes aus Komponenten wird als Synthese verstanden.

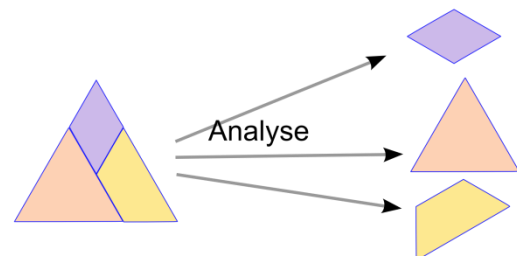
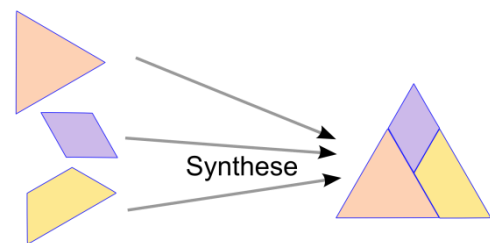
Ist mindestens eine Flüssigkeit im Spiel, dann kann es auch zum Auflösen kommen. Dazu muss der andere Stoff in der Flüssigkeit – dann Lösungsmittel genannt – eingeleitet werden.

Verschiedene Aspekte zum Lösen besprechen wir später (→).

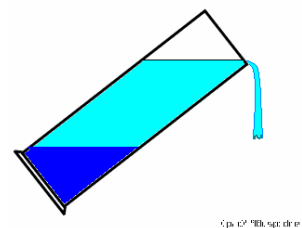
Dabei kann es auch zu Stoff-Veränderungen kommen. Die ursprünglichen Mischungs-Komponenten sind dann nicht mehr durch Entmischen / Trennen zurückzugewinnen.

Für die Analyse von Stoffen nutzt man verschiedene Trenn-Verfahren. Sind die ursprünglichen Mischungs-Komponenten bekannt, dann kann ein geeignetes Verfahren gezielt ausgewählt werden. Kennt man die Komponenten nicht, dann müssen u.U. mehrere Verfahren ausprobiert werden.

Das Zerlegen eines Stoff-Gemisches in Komponenten gehört zur Analyse.



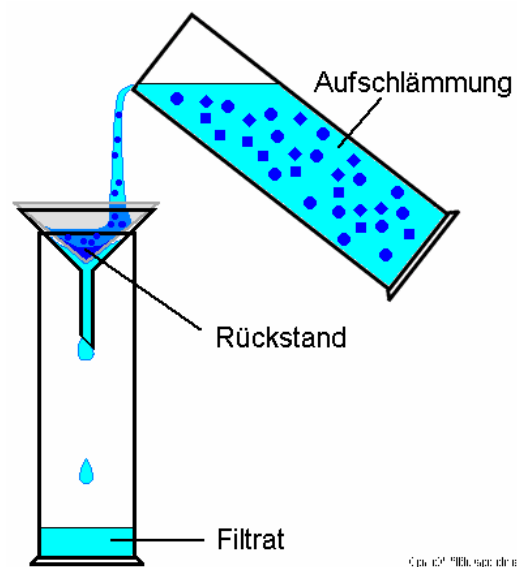
x.y. Dekantieren



typische Anwendung / Nutzung im Haushalt:

- Abgießen einer Fett-Schicht (über die Topf-Kante oder mittels Fett-Kännchen)
- Abgießen von Kochwasser beim Kartoffel- oder Nudeln-Kochen
-

x.y. Filtern / Filtrieren



typische Anwendung / Nutzung im Haushalt:

- Abgießen der gekochten Nudeln durch ein Sieb
- Zubereitung von Filter-Kaffee (exakt auch Extraktion → [x.y. Extraktion](#))
-

x.y. Extraktion

sehr ähnlich zum Filtern

aus einem festen Material wird mit Hilfe eines Lösungsmittels ein enthaltener Stoff herausgelöst

die Lösung wird dann noch gefiltert, so dass eine reine Lösung entsteht

typische Haushalts-Beispiele sind:

- die Herstellung von Filter-Kaffee
- die Zubereitung von Tee mittels Tee-Beuteln
- Würzen von Speisen mittels Kräuter-Säckchen oder Kräuter-Ei
- ...

in allen Fällen möchte man die festen Bestandteile nicht in der Speise oder in dem Getränk haben

Z.B. nutzen viele Köche Kümmel zum Würzen von Kohl. Bei den Essern stößt das Beißen auf ein Kümmel-Korn aber meist nicht auf soviel Gegenliebe.

ähnliches gilt z.B. auch für ganze Pfeffer- oder Piment-Körner

alternativ können natürlich immer auch gemahlene Kräuter oder Gewürze benutzt werden

bei der Zubereitung von Tee mithilfe von Tee-Beuteln kommen sowohl die Löslichkeit in Wasser und das Zurückhalten von festen Bestandteilen (Tee-Blätter) zum Tragen
Verfahren wird **Extraktion** genannt

kann auch über eine zweite Flüssigkeit erfolgen, diese darf sich aber mit der Lösung (bzw. dem anderen Lösungsmittel) nicht mischen lassen

im Labor nutzt man z.B. Gemische aus Benzin und Wasser oder
(→  **Chemie 9**)

Extraktions-Gemische aus dem Haushalt

- Brühe mit Fett-Augen (Geschmack wird besonders von den im Fett gelösten Geschmacks-Stoffen bestimmt (Fett als Geschmacks-Träger))

Versuch: Extraktion von Tee mittels Tee-Beutel

Materialien:

Tee-Beutel (möglichst mit kräftiger Farbe, z.B. schwarzer Tee oder (roter) Früchte-Tee mit Hibiskus-Anteil); heißes Wasser; Tee-Glas (od. im Labor Becherglas)

Durchführung:

1. Wasser zum Kochen bringen und in das Glas füllen

2. Tee-Beutel einhängen (dann nicht mehr bewegen!)

→ **Beobachtung (ev. Foto's oder auch Zeitraffer-Aufnahme mit dem Smartphone oder dem Tablet machen)**

(für Foto- oder Video-Aufnahme festes Stativ nutzen und Smartphone daran fixieren)

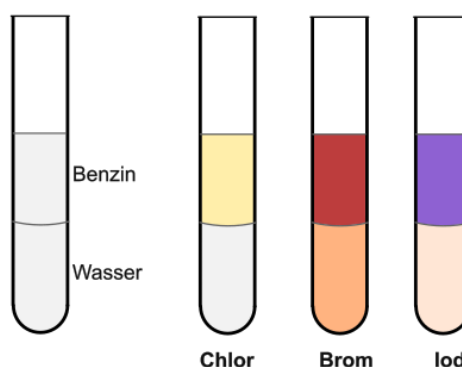
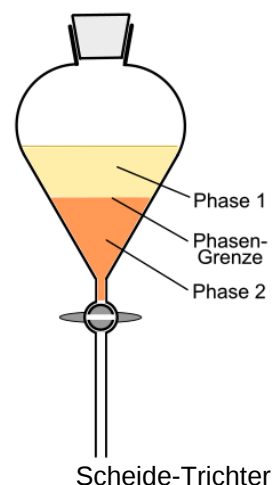
→ im "normalen" Tee-Glas zubereiteter Tee kann getrunken werden; Tee im Labor-Becherglas **muss** (!) im Ausguß entsorgt werden

Im Labor wird gerne auch eine Extraktion mittels zwei Flüssigkeiten durchgeführt. Eine der beiden Flüssigkeiten enthält eine Stoff, den man extrahieren möchte. Beide Flüssigkeiten dürfen sich **nicht** miteinander mischen lassen und der zu extrahierende Stoff muss in beiden Flüssigkeiten lösbar sein.

Für eine solche Extraktion wird der Scheidetrichter (Extraktions-Kolben) nacheinander mit den beiden Flüssigkeiten gefüllt. Der gelöste Stoff aus der einen Flüssigkeit verteilt sich nun - entsprechend der Löslichkeit - in beiden Flüssigkeiten. Damit der Vorgang etwas beschleunigt wird, schüttelt man vorsichtig. Über den unteren Hahn wird dann die schwerere Flüssigkeit abgetrennt.

Wiederholt man den Vorgang mehrfach mit neuem Lösungsmittel, dann kann so ein sehr großer Teil des gelösten Stoffes extrahiert werden.

Die Extraktion z.B. von Halogenen (Chlor, Brom, Iod) besprechen wir dann in der 9. Klasse genauer (→ [Chemie++ 9](#)).



unterschiedliche Färbungen
bei einer Extraktion von Halogenen

Aufgaben:

- 1.
2. *Warum braucht man zum Würzen von Speisen deutlich weniger gemahlenes Gewürz als z.B. ganze Gewürz-Körner (z.B. Kümmel, Pfeffer, Piment)? Erkläre das Phänomen einem Schüler z.B. aus der 6. Klasse!*
3. *Lite-Käse und anderen Lite-Produkten wird ein geringerer / fader Geschmack nachgesagt. Erkläre, warum das meist so ist!*
4. *Ich lege als Abhilfe gegen den geringeren Geschmack dann zwei Käse-Scheiben (statt sonst nur einer) auf meine Stulle. Ist das ein gutes Hilfsmittel?*
- 5.

x.y. Eindampfen (Verdunsten)

typische Anwendung / Nutzung im Haushalt:

- Kochen von Marmelade / Konfitüre nach älteren Rezepten (ohne Gelier-Mittel)
-

auch das Trocknen von Fleisch, Fisch, Obst oder Gemüse funktioniert über das verdunsten des Wasser's aus den Lebensmitteln

Ziel ist es den Wasser-Gehalt so niedrig zu machen, dass Mikroorganismen nicht auf den Lebensmitteln leben können

Gewinnung der gelösten Stoffe

Abdunsten von leichter flüchtigen Stoffe
das sind Stoffe mit niedrigen Siedepunkten

Gewinung von Meersalz aus Salzwasser

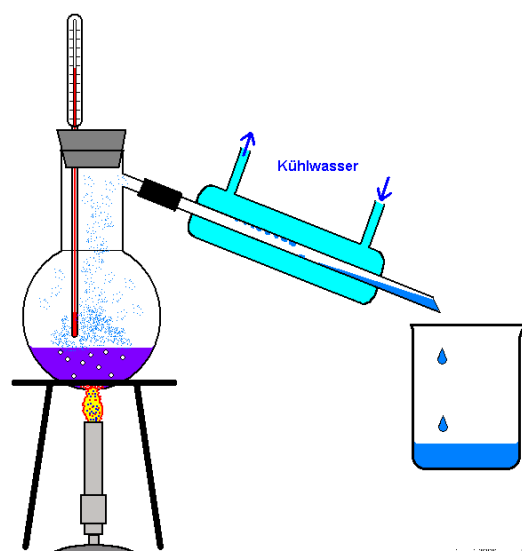
x.y. Destillieren

Verwandt mit dem Eindampfen
Auffangen des verdampfenden Stoffes
(meist nach Kondensation in einem Kühler)

beim Destillieren wollen wir
Verwendung einer zusätzlichen Wärme-Quelle, um höhere Temperaturen zu erreichen und den Vorgang an sich zu beschleunigen

basiert auf den unterschiedlichen Siede-Temperaturen von Stoffen

nur bei Flüssigkeiten (ev. Schmelzen) und Lösungen möglich

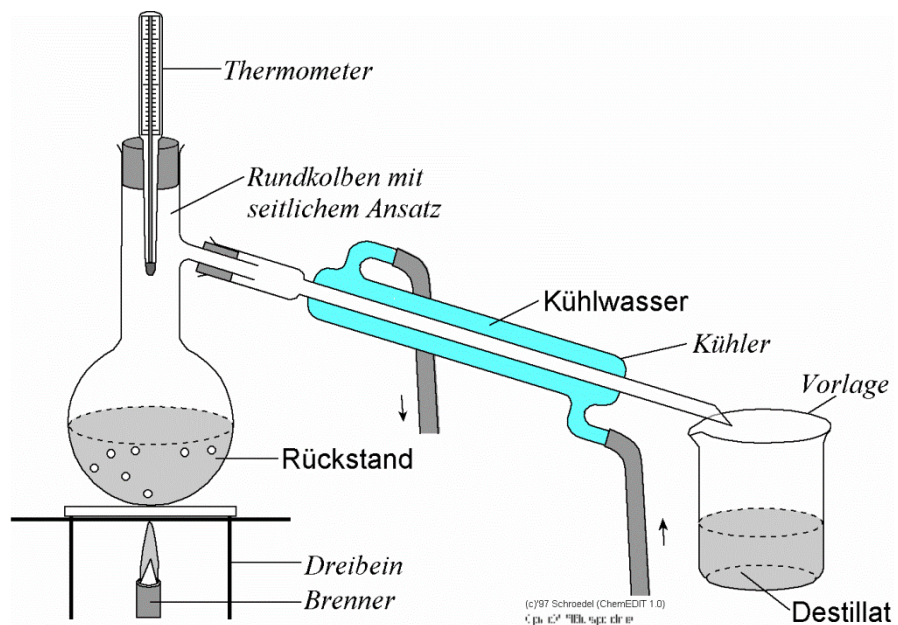


je größer der Unterschied bei den Siede-Temperaturen ist, umso besser lassen sich die entsprechenden Stoffe voneinander trennen

es gibt aber Gemische, die sich trotz deutlich unterschiedlicher Siede-Temperaturen nicht durch Destillation trennen lassen

typische Anwendung / Nutzung im Haushalt:

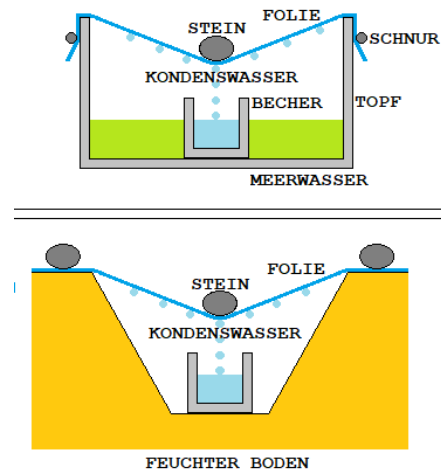
- Herstellung von Bränden (hochprozentige alkoholische Getränke)
-



empfindliche Stoffe (die bei höheren Temperaturen schnell zerfallen, muss entweder die Destillation im Vakuum oder mit Hilfe der sogenannten Wasserdampf-Destillation verwendet werden; z.B. für ätherische Öle aus Kräutern)

Meerwasser-Entsalzung mittels Sonnen-Energie

Verdunstung des Wassers in Glas-bedeckten Kammern
Kondenswasser wird gesammelt
aufkonzentriertes Salzwasser (Sole) kann zur Meersalz-Gewinnung genutzt werden



Trinkwasser-Gewinnung in Notsituationen

Trinkwasser-Gewinnung in Notsituationen
Q: de.wikipedia.org (Karl Bednarik)

x.y. Zentrifugieren (Schleudern)

Was soll entfernt / abgetrennt werden?:

basiert vorrangig auf Dichte-Unterschieden; aber auch Beweglichkeit und Masse

je höher die Rotations-Geschwindigkeit, umso feinere Unterschiede (z.B. bei der Dichte) können zur extra Absetzungen führen

typische Nutzung im Haushalt:

- Salat-Schleuder
- Schleuder-Gang in der Waschmaschine



einfache Hand-betriebene Zentrifuge
Q: de.wikipedia.org (Stephan M.Höhne)



moderne Labor-Zentrifuge
Q: de.wikipedia.org (Magnus Manske)

x.y. Adsorbieren

Was soll entfernt / abgetrennt werden?:

Erdöl-Produkte (Kohlenwasserstoffe, wie z.B. Benzin, Diesel; Farbstoffe, Verunreinigungen, Schwermetalle (z.B. Quecksilber), ...)

giftige Verbrennungs-Produkte (aus der Müll-Verbrennung)

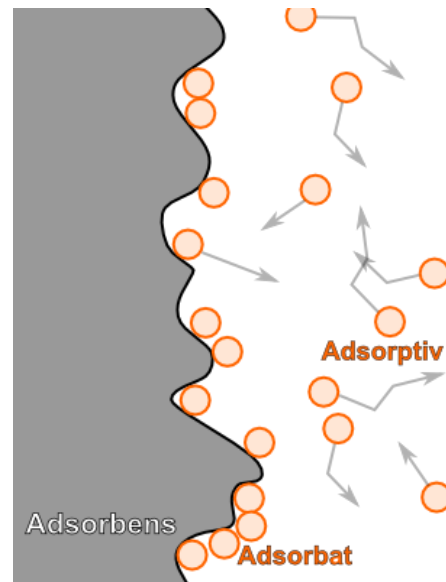
Adsorption ist ein physikalischer Prozess zwischen zwei unterschiedlichen Stoffen

von lat.: *adsorpio*, *adsorbere* = (an-)saugen, anhaften, anziehen

praktisch allgegenwärtig, aber unterschiedlich stark ausgeprägt
oft so, dass die Adsorption praktisch nicht auffällt

geeignete / häufig verwendete Adsorptions-Mittel / Adsorbentien:

- Aktivkohle
- Kieselgel / Silikagel
- Zeolithe

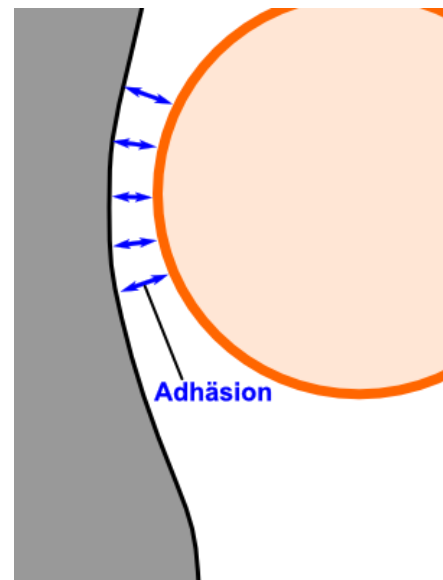


basiert auf einfache Teilchen-Anziehungs-Kräfte (Adhäsions-Kräfte)

(innerhalb eines Stoff heißt die zusammenhaltende Kraft **Kohäsion**)

wenn die Teilchen-Bewegung – z.B. bei höheren Temperaturen – größer wird, können die adsorbierten Stoffe die Oberfläche des Adsorbens (der Adsorbens / des Adsorptions-Mittel's) wieder verlassen.

die Regenerieren von Adsorptions-Mittel ist oft durch Erwärmen / Erhitzen (/ Ausglühen) möglich
(ergibt natürlich mit diversen Stoffen (Adsorbaten) gesättigte Abluft)



Definition(en): Adsorption

Unter Adsorption versteht man die Anlagerung eines Stoffes an die Oberfläche eines anderen.

Die Anreicherung eines Stoffes an der Oberfläche eines anderen Stoffes nennt man Adsorption.

praktische Anwendungen:

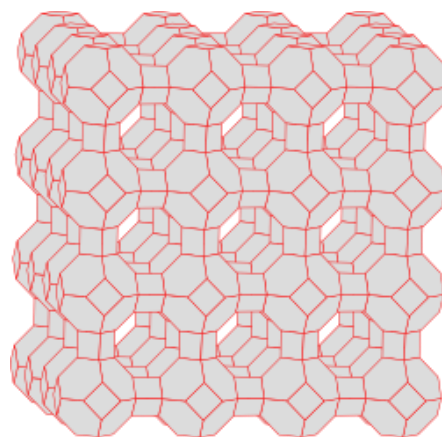
- Entfernung von Spurenstoffen in Flüssigkeiten (bei Erhalt der Flüssigkeit (des Lösungsmittels))
- Klebstoffe (z.B. Papier-Klebestift, Alles-Kleber, ...)
- Reinigung von Abgasen (z.B. Dunstabzugs-Haube, Müllverbrennungs-Anlagen)
- Anti-Geruchs-Einlegesohlen
- Abwasser-Reinigung (von Erdöl-Produkten)
- Kabinenluft-Filter (in Flugzeugen oder Kraftfahrzeugen)
- Adsorptions-Kältemaschinen (Kälte-Speicher)
- bestimmte Methoden beim Färben von Stoffen, Wolle usw.
- Staub-Tücher (bzw. –"Magnet" a'la Swiffer®)
-



Hinweise:

oft verwechselt mit Absorption
dies meint die Einlagerung in einen (porösen) Stoff
bei Gasen oder Flüssigkeiten als Absorptions-Mittel werden die Gast-Stoffe in die Moleküle aufgenommen

praktische Anwendung: Duftstoff-Entferner (a'la Febreze®); bestimmte Wasser-Filter (mit austauschbaren Patronen (z.B. Britta®))



Zeolith-A

Q: de.wikipedia.org (Roland.chem)

Versuch: Adsorption von Cola an Aktivkohle

Materialien:

abgestandene Cola; großer Filter; Filterpapier; Aktivkohle, gekörnt; ERLNMEYER-Kolben oder Standzylinder

Durchführung:

1. Filterpapier für den Filter falten
2. Filterpapier in den Filter legen, auf dem Kolben positionieren und 1 bis 2 cm unter den Papierrand mit Aktivkohle füllen
3. langsam die abgestandene Cola über die Aktivkohle gießen

→ Beobachtung

(zum Vergleich kann von der abgestandenen Cola und von der Flüssigkeit aus dem Kolben etwas in Reagenzgläser gefüllt werden)

x.y. Chromatographie

Stoffe mit ähnlichen Lösungs-Eigenschaften und anderen ähnlichen Merkmalen lassen sich schwer trennen. Nehmen wir als Beispiel die Farben in den Filzstiften oder die Blattfarbstoff (z.B. aus herbstlichen Laubblättern).

Die Lösungsmittel in der Chromatographie werden auch Laufmittel genannt. Häufig sind es ganz spezielle Mischungen verschiedener Lösungsmittel.

Solche Stoffe trennt man mit der Chromatographie. Bei dieser Methode wird eine Lösung mit Hilfe eines Trennmittels zerlegt. Die Lösung wird mobile Phase (Eluent) genannt und bewegt sich durch das Trennmittel. Das Trennmittel kann z.B. ein Blatt Filterpapier oder auch eine Säule aus Seesand oder Stärke sein.

Das Trennmittel nennen wir die stationäre Phase. Sie ist unbeweglich.

Diese Chromatographie beruht auf drei wesentlichen Effekten. Der erste ist die unterschiedliche Wanderungs-Geschwindigkeit für unterschiedlich große Teilchen.

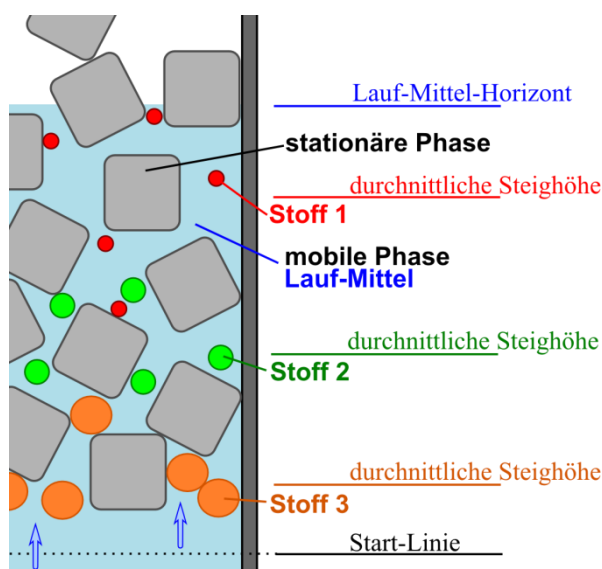
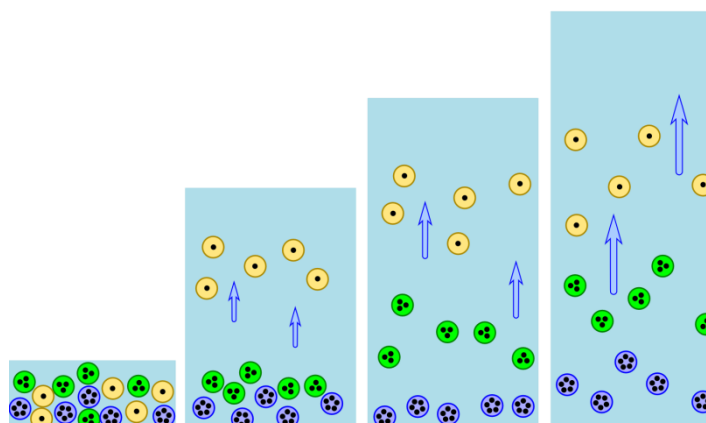
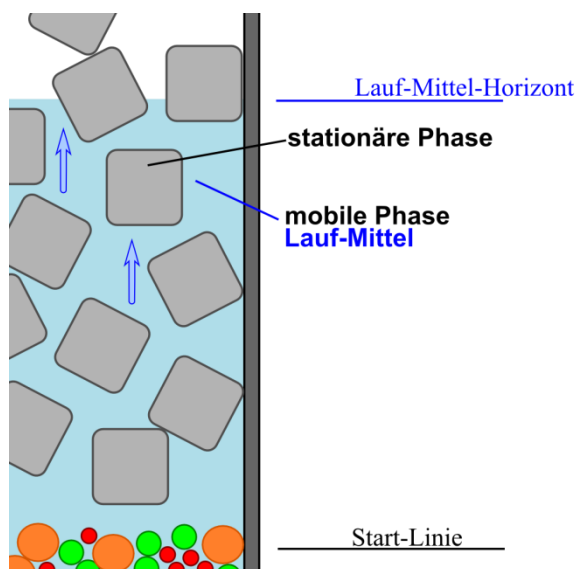
Leichte Teilchen können von einer fließenden Strömung (wandernde mobile Phase) besser transportiert werden als schwerere. Wird die Strömungs-Geschwindigkeit größer, dann werden auch die großen Teilchen mitgerissen. Der erste Sortier-Effekt beruht also auf der Masse der gelösten Teilchen.

Bei diesem Effekt spielt die stationäre Phase kaum eine Rolle.

Beim zweiten Effekt ist die Poren-Größe der stationären Phase entscheidend. Das kann z.B. unterschiedlich dichtes / festes Papier sein. Im Fall einer geschütteten Säule aus Stärke oder feinem Quarzsand kommt es auf die Feinheit des Materials an.

Man kann sich sicher gut vorstellen, dass sich kleine Teilchen besser und schneller zwischen der stationären Phase bewegen können, als größere. Die größeren ecken einfach zu oft an oder werden an zu engen Stellen zurückgehalten.

Wenn nun das Lösungsmittel (mobile Phase) sich z.B. aufgrund der Kapillarität langsam in eine Richtung bewegt, dann wandern die kleinen gelösten Teilchen fast genauso schnell mit.



Der dritte wirksame Effekt in der Chromatographie beruht auf Oberflächeneigenschaften der stationären Phase. Wenn diese z.B. einer Teilchen-Art Andockstellen bietet, dann werden sich diese Teilchen eher an der Oberfläche anlagern, als Teilchen, für die kaum Kontaktstellen vorhanden sind. Die mit der Oberfläche wechselwirkenden Teilchen werden nun zurückgehalten und wandern langsamer, als man das aufgrund der anderen beiden Effekte erwarten würde.

Der dritte Effekt basiert also auf Kohäsions-Eigenschaften und atomaren bzw. molekularen Wechselwirkungen zwischen der stationären Phase und bestimmten Teilchen der mobilen Phase.

Diagramm zur stationären Phase in der Chromatographie:

- Lauf-Mittel-Horizont** (oben, gestrichelte Linie)
- stationäre Phase** (graue, unregelmäßige Formen)
- mobile Phase** (blau, mit **Lauf-Mittel** beschriftet)
- Stoff 2** (grüne Kreise)
- Stoff 1** (rote Kreise)
- Stoff 3** (orangefarbene Kreise)
- Start-Linie** (unten, gestrichelte Linie)
- durchschnittliche Steighöhe** (für Stoff 2, Stoff 1 und Stoff 3 markiert)

Die Chromatographie ist ein physikalisches Trenn-Verfahren, bei dem sich zu trennende Stoffe unterschiedlich zwischen stationärer Phase (Träger: z.B. Papier, Gel, ...) und mobiler Phase (Laufmittel: z.B.: Wasser, Propanol, Propanol-Wasser-Gemisch, ...) verteilen.



<https://de.wikipedia.org/wiki/Chromatographie>

Forschungs-Frage: Besteht die Farbe eines Filz-Stiftes aus einem oder mehreren Farbstoffen?

Aufgaben:

- 1. Stelle eine begründete Hypothese zur Forschungs-Frage auf!*
- 2. Notiere Aufgabe und die Hypothese in einem Kurz-Protokoll!*
- 3. Diskutiert die verschiedenen Hypothesen im Kurs!*
- 4. Führt dann (z.B. zuhause) den folgenden Versuch durch! Führe parallel das Protokoll weiter!*
- 5. Werte Deinen Versuch aus! Notiere das Ergebnis im Protokoll!*
- 6. Beantworte die Forschungs-Frage!*
- 7. Vergleicht die Ergebnisse im Kurs!*
- 8. Erarbeitet Euch eine Erklärung für die Ergebnisse!*

Versuch: Chromatographie von Filzstift-Tinte

Materialien:

PETRI-Schale; Filterpapier (größerer Durchmesser als PETRI-Schale); Filzstift; Wasser; Zirkel; Bleistift

Durchführung:

- 1. bei einem Blatt Filterpapier die Mitte kennzeichnen, mit dem Zirkel einen schwachen Kreis (Radius 1 cm) um den Mittelpunkt zeichnen; an den Rand des Filterpapiers mit Bleistift den eigenen Namen und die untersuchte Filzstift-Farbe notieren*
 - 2. das zweite Filterpapier vierteln und ein Viertel von der Spitze her aufrollen*
 - 3. den Bleistift-Kreis mehrfach dünn mit Filzstift nachzeichnen und immer kurz trocknen lassen*
 - 4. am Mittelpunkt das Filterpapier vorsichtig den Bleistift einstechen oder kreuzweise aufschneiden und das Loch so weiten, dass die Filterpapier-Rolle durchpasst und fest-sitzt*
 - 5. Filterpapier-Rolle durch das Mittel-Loch stecken und das Filterpapier auf die halb mit Wasser gefüllte PETRI-Schale legen (Filterpapier-Rolle muss tief in das Wasser eintauchen)*
- Beobachtung (ev. Foto's oder auch Zeitraffer mit Smartphone oder Tablet aufnehmen)**
- 6. Wenn das Wasser (Laufmittel) ungefähr 2 cm vom Schalen-Rand entfernt ist, kann die Filterpapier-Rolle entfernt werden und das Filterpapier mit dem Chromatogramm getrocknet werden (getrocknetes Filterpapier kann in das Protokoll geklebt werden. Dazu nur wenige Klebepunkte am Rand machen.)*

Forschungs-Frage: Sind in allen orangen oder violetten Filz-Stiften die gleichen Farbstoffe? Kann man einen "unbekannten" Filz-Stift einem Hersteller zuordnen?

Aufgaben:

- 1. Stelle eine begründete Hypothese zur Forschungs-Frage auf!*
- 2. Notiere Aufgabe und die Hypothese in einem Kurz-Protokoll!*
- 3. Diskutiert die verschiedenen Hypothesen im Kurs!*
- 4. Führt dann den folgenden Versuch durch! Führe parallel das Protokoll weiter!*

-
- 5. Werte Deinen Versuch aus! Notiere das Ergebnis im Protokoll!***
 - 6. Beantworte die Forschungs-Frage!***
 - 7. Vergleiche die Ergebnisse im Kurs!***
 - 8. Erarbeitet Euch eine Erklärung für die Ergebnisse!***

weitere mögliche Forschungs-Fragen:

- Funktioniert das Verfahren auch für alle anderen Farben?
- Kann man auch andere Lauf- bzw. Fließ-Mittel (z.B. Alkohol oder Benzin) verwenden?

Chromatogramm ist die Abbildung eines Chromatographie-Experiment's
Flecken im Chromatogramm werden Peaks genannt

komplexe Aufgaben zum Thema Stoff-Trennung:

- 1. Plane Versuche, mit deren Hilfe ein Stoffgemisch aus Zucker, Wasser und Öl getrennt werden können!***
- 2. Informiere Dich, wie bei der regionalen Entsorgung der Verpackungen mit dem grünen Punkt vorgegangen wird!***
- 3.***

x.y. quantitative Betrachtungen von Stoffgemischen

je nach dem was besser zu messen oder zu berechnen ist, verwenden die Chemiker unterschiedliche Verhältnis-Angaben
die wichtigsten sind

Massen-Anteil

Gesetz von der Erhaltung der Masse

$$m_A + m_B = m_{ges}$$

$$\frac{m_A + m_B}{m_{ges}} = 1$$

Massenbruch **w** oder **ω** (sprich: omega)

$$\omega_A = \frac{m_A}{m_{ges}} \quad \omega_B = \frac{m_B}{m_{ges}}$$

Volumen-Anteil

Volumen können sich addieren, das ist
aber sehr selten!

$$\frac{V_A + V_B}{V_{ges}} = \text{konstant od. variabel}$$

Volumenbruch **φ** (sprich: phi)

$$\varphi = \frac{V_A}{V_{ges}}$$

Aufgaben:

- 1. Wie würden sich die Verhältnis-Gleichungen ändern, wenn drei verschiedene Stoffe (1, 2 und 3) in den Gemischen zu betrachten sind?*
- 2. Stelle die Gleichungen jeweils so um, dass die Stoffgröße für Stoff A berechnet werden kann!*

Exkurs: Protokolle – Berichte über Experimente

Anhand von Protokollen sollen andere Personen in die Lage versetzt werden, ein Experiment nachzuvollziehen, nachzumachen und / oder zu überprüfen. Protokolle sind wesentlicher Bestandteil des wissenschaftlichen Arbeitens und müssen deshalb sehr exakt ausgeführt werden.

Die Gliederung der Protokolle ist praktisch immer einzuhalten. Nur unter bestimmten Bedingungen (z.B. Ansage durch Lehrer; Wiederholungen usw.) dürfen ausgewählte Teile weggelassen werden! Bei speziellen Protokollen können u.U. mehrere Teile z.B. in Tabellenform zusammengefasst werden. Jeder Teil muss dann aber innerhalb der Tabelle ersichtlich sein (extra Spalte!).

Die Reihenfolge der Teile ergibt sich aus der Logik und kann nicht verändert werden.

Formal gehören noch Ort, Datum (Zeitraum) und der Name des Experimentators zum Protokoll dazu.

Die **Aufgabenstellung** ist zumeist vorgegeben und wird wortwörtlich notiert. Durch luschtige Notierungen ergeben sich meist schon die ersten Fehlinterpretationen.

Die **Vorbetrachtung** dient dazu, den Leser (des Protokolls) an das Experiment heranzuführen. Desweiteren zeigt die Vorbetrachtung, wie der Experimentator / Protokollschreiber zu seinem Experiment gekommen ist. Dazu muss zuerst einmal ausgesagt werden, von welchem (allgemein) anerkannten Standpunkt man ausgeht. Dazu kann man kurz die Situation oder die verwendeten Stoffe und Reaktionen vorstellen. Dann folgt die Ableitung der Problemstellung und die Erläuterung der Versuchsanordnung.

Jeder Experimentator muss für sich selbst – und für andere – die möglichen Gefahren, die sich innerhalb des Experimentes ergeben, notieren. Dabei sind besonders wichtig: Brandgefahren; Explosionsgefahren; Arbeitsvorschriften; giftige, ätzende, radioaktive Stoffe;

Zu jedem Experiment gehört mindestens eine sogenannte "experimentelle These". Das ist ein Satz, der genau das beschreibt, was in dem konkreten Versuch überprüft werden soll. Am Geeignetesten sind dazu "Wenn-Dann-Sonst-Sätze". Der zu empfehlende, grobe Aufbau ist dabei:

WENN bei **Durchführung** die **Beobachtungen** eintreten,
DANN bedeutet es, dass **Ergebnis 1** gilt,
SONST bedeutet es, dass **Ergebnis 2** (z.B.: "Anders" od. Negation von Ergebnis 1) gilt.

Die Vorbetrachtung ist als Text zu schreiben! Die Literatur und andere Quellen notiert man am Passendsten auch unter der Vorbetrachtung.

Für die **Versuchsanordnung** und **Durchführung** reichen meist schon eine Skizze und kurze Stichpunkte. Lange Listen mit aufgezählten Labor-Gegenständen und Chemikalien sind nur für Situationen mit Anforderungen (an den Lehrer / Laborleiter) notwendig. Wenn man bei Chemikalien schon sehr genau sein muss, ist es für die Experimente meist egal, ob sie in Reagenzgläsern oder in anderen Glasgefäßen durchzuführen werden.

Bis hierhin sind Protokolle vor dem eigentlichen Experiment vorzubereiten. Die vorbereiteten Teile dürfen auch nicht mehr verändert werden. Viele Lehrer zeichnen deshalb den vorbereiteten Teil extra ab. (Sollte das Protokoll später noch in ein Computer-Dokument umgesetzt werden, gehört die abgezeichnete Klatte zum Protokoll dazu!)

Hinweis: Ein Protokoll mit einer fehlerhaften Vorbetrachtung (falsche Schlüsse) kann trotzdem ein Super-Protokoll werden, wenn es entsprechend bei den Ergebnissen berichtet wird!

Gliederung "Protokoll"

1. Aufgabe(n)(stellung(en))
2. Vorbetrachtung
3. Versuchsanordnung / Durchführung
4. Beobachtung(en)
5. Ergebniss(e) / Schlussfolgerung(en)
6. Fehlerbetrachtung(en)

Nun geht an die Dokumentation der praktischen Teile des Experimentes. Dazu wird der Protokoll-Teil **Beobachtungen** benutzt.

In diesem Teil müssen neben ev. veränderten Durchführungs-Schritten alle gemachten Beobachtungen und Messwerte dokumentiert werden. In den meisten Experimenten müssen 3 Experimentier-Phasen beachtet werden. Zum Einen müssen Beobachtungen vor dem Experiment (Ausgangs-Situation), dann während des eigentlichen Versuchs-Verlaufes und dann noch die End-Situation nach dem Experiment beschrieben werden.

Als Beobachtungen sind nur die Dinge zulässig, die man wirklich sehen, hören, riechen, fühlen (und unter bestimmten Umständen auch schmecken) kann. Messwerte von den Mess-Geräten werden genauestens mit der eingestellten Skalierung notiert.

Bei bestimmten Experimenten sind auch die Umgebungs-Bedingungen (z.B. Raum-Temperatur, Luftdruck, ...) bedeutsam und deshalb mit zu erfassen.

Sollte es möglich sein, ein Experiment mehrfach durchzuführen, dann sollte man dies unbedingt tun. Nicht selten geht das erste Mal schief. Eine gute (Ersatz-)Möglichkeit ist es, sich die Beobachtungen (nicht die Ergebnisse) von anderen Experimentatoren oder Experimentier-Gruppen zu besorgen. Messwerte können meist ganz unproblematisch mehrfach abgelesen (und zwischen Gruppen ausgetauscht) werden. Von ihnen bildet man dann den Mittelwert.

Nun geht in den Teil der **Auswertung**. Dort werden aus den Beobachtungen Schlüsse gezogen bzw. **Ergebnisse** abgeleitet. Als Beispiel-Floskeln kann man gut verwenden:

Weil die **Beobachtungen** gemacht wurden, bedeutet dies **Ergebnis x**. oder
Es gilt **Ergebnis x**, weil die **Beobachtung** gemacht / nicht gemacht wurde.

Praktisch greifen wir hierbei auf die experimentelle These (aus der Vorbetrachtung) zurück und wenden sie auf unsere Beobachtungen an. Der logische Kreis des Protokolls schließt sich hier also.

Sollten in chemischen Protokollen innerhalb der Vorbetrachtungen die chemischen Gleichungen zu knapp oder zu wage ausgefallen sein bzw. ganz fehlen, dann ist hier der richtige Ort, diesen Mangel zu beheben.

Sind bestimmte Beobachtungen nicht durch die experimentelle These abgedeckt, dann kann man in der Auswertung den Versuch einer Erklärung machen. Ein solcher Versuch sollte auch entsprechend gekennzeichnet sein. Ist eine Erklärung nicht möglich, dürfen die offenen Beobachtungen oder auftretende Probleme als neue (- experimentell -) zu untersuchende Sachverhalte (offenen Fragen) benannt werden. Wissenschaftliches Arbeiten hört eben niemals auf!

Der letzte Protokoll-Teil sind die **Fehlerbetrachtungen**. Hier sollten alle möglichen individuellen Fehler und Abweichungen vom üblichen Vorgehen sowie systematische Fehler aufgezeigt werden.

Besonders in Schüler-Experimenten fehlt zumeist die statistische Absicherung. Wir führen – aus Zeitgründen – Experimente nur ein einziges Mal durch. Meist handelt es sich zwar um sehr Ergebnis-sichere Versuche, aber das ist keine Garantie.

U.U. nennt der Lehrer das erwartete Ergebnis. Dann kann man, bei Abweichungen im eigenen Experiment versuchen, nun die Ursachen zu analysieren.

Für Messwerte gilt als allgemeine Fehler-Rechnung:

absoluter Fehler F_{abs} :

$$F_{abs} = W_{theor} - W_{exp}$$

relativer Fehler F_{rel} :

$$F_{rel} = \frac{F_{abs}}{W_{theor}}$$

prozentualer Fehler $F_{rel\%}$:

$$F_{rel\%} = F_{rel} \cdot 100\%$$

W_{theor} .. theoretischer Wert

W_{exp} .. eigener experimenteller Wert

Das Erstellen von Protokollen und deren Form ist keine wissenschaftliche oder künstlerische Kür, sondern eine notwendige Pflicht! Die Vorgaben sind unbedingt einzuhalten!

x. chemische Reaktionen

Stoffe und ihre Veränderungen

SE: Erhitzen von Wasser, Salz und Zucker

- *Stoffumwandlung als Merkmal der chemischen Reaktion und Abgrenzung zu physikalischen Vorgängen*

SE: Auflösen von Brausetabletten

DE: Lösen von Rohrreiniger in Wasser

SE: Erhitzen von Magnesium oder Entzünden einer Wunderkerze

- *Energieumwandlung als weiteres Merkmal chemischer Reaktionen*

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Ist das Mischen von Stoffen immer möglich und ungefährlich?

Warum lassen sich bestimmte Stoffe mischen (und bleiben eine (trennbare) Mischung) und andere verändern sich so, dass sie nicht mehr trennbar sind?

Was ist eine chemische Reaktion?

Spielen chemische Reaktionen im Haushalt eine Rolle?

Woran kann man eine chemische Reaktion von einem physikalischen Vorgang unterscheiden?

Lassen sich chemische Reaktionen auch rückgängig machen?

Was bedeutet es, wenn eine chemische Reaktion exotherm oder endotherm ist?

Welche Bedeutung hat das für die Chemiker?

Erhitzen von Wasser, (Koch-)Salz und Zucker

Materialien / Geräte:

Reagenzgläser (RG); Brenner; Regenzglas-Klammer; Reagenzglas-Ständer; Wasser; Kochsalz (Salz); Zucker

Durchführung / Ablauf:

- in je ein RG wird maximal 1 cm hoch Wasser, Salz oder Zucker gefüllt
- die RG mit Wasser bzw. Zucker werden bei leuchtender bzw. schwach rauschender Flamme erhitzt
- das RG mit Salz wird bei rauschender Flamme stark erhitzt

Das Erhitzen von Wasser ist uns sicher am Besten bekannt. Irgendwann beginnt es zu siedend und Wasser-Dampf entweicht aus dem Reagenzglas. An den oberen Abschnitten des Reagenzglas setzten sich zuerst einige Tropfen Wasser ab. Da hier weniger erhitzt wurde, kondensiert zuerst ein Teil des Wasser-Dampfes. Beim weiteren Erhitzen des Reagenzglas verdampft schließlich das gesamte Wasser. Unterbricht man das Erhitzen an einer beliebigen Stelle, dann kann man das Wasser praktisch unverändert vorfinden. Es fehlt nur eine bestimmte Menge Wasser, die verdampft ist.



Somit haben wir es hier nur mit Veränderungen der Aggregatzustände zutun. Das Wasser ist und bleibt Wasser. Somit haben wir es hier nur mit einem physikalischen Vorgang zu tun. Besser könnten wir den Vorgang so notieren:



Bei Zucker können wir ganz andere Beobachtungen machen. Aus dem farblosen (weißen), geruchlosen, kristallinen Stoff wird zuerst eine honigfarbene Flüssigkeit. Diese wird immer dunkler. Es entwickelt sich ein Geruch nach Caramel. Erhitzt man noch weiter, dann wird die Masse schwarz und fest. Es entsteht ein Rauch, der beißend riecht.

Unterbricht man das Erhitzen des Zuckers an einer Stelle, da sind die Veränderungen scheinbar nicht umkehrbar. Erst, wenn wir weiter Energie zuführen, geht der Vorgang weiter. Das Erhitzen von Zucker ist durch deutliche Veränderungen der Stoff-Eigenschaften gekennzeichnet. Aus dem Zucker wird etwas anderes, als es vorher war. Die Veränderungen sind auch dauerhaft und nicht rückgängig zu machen. Es entsteht mindestens ein neuer Stoff mit neuen Eigenschaften. Solche Vorgänge nennen wir chemische Reaktionen.

Zucker $\longrightarrow$ schwarze Masse

Chemische Vorgänge stellen wir mit einem Reaktions-Pfeil ($\longrightarrow$) dar. Der Pfeil wird beim Vorlesen als "**reagiert zu**" gesprochen. Der einfache Pfeil ist eine vereinbarte Symbolik in der Chemie und muss so gezeichnet werden! Auf der linken Seite stehen der oder die sogenannten Ausgangsstoffe und auf der rechten Seite die Reaktionsprodukte.

Ausgangsstoffe $\longrightarrow$ **Reaktionsprodukte**

Betrachten wir nun noch das Erhitzen von Kochsalz. Der ursprünglich weiße, geruchlose und kristalline Stoff bleibt auch bei sehr kräftigem Erhitzen scheinbar unverändert. Beim Erhitzen von Kochsalz kommt es also zu keinem physikalischen und zu keinem chemischen Vorgang.

Kochsalz $\xrightarrow{\text{X}}$

Die Versuche lassen sich nun auf weitere Stoffe ausdehnen. Besonders eindrucksvoll ist das Erhitzen von Magnesium. Magnesium ist ein leicht gräuliches, silber glänzendes Metall. In der Flamme fängt es an einer Stelle an zu glühen und es entwickelt sich eine extrem helle Licht-Erscheinung. Weiterhin wird Wärme abgegeben. Auch wenn man das brennende Metall aus der Brenner-Flamme nimmt, geht der Vorgang weiter. Am Ende ist aus dem Metall ein weißer Stoff geworden, der in ein Pulver zerfällt. Auch hier haben wir deutliche Veränderungen der Eigenschaften. Die Abgabe der Energie ist ebenfalls ein gutes Zeichen für einen chemischen Vorgang. Man nennt solche Vorgänge **exotherm**. Das notieren wir hinter unsere Notierung des Vorgangs:

Magnesium $\longrightarrow$ weißes Pulver ; exotherm

Im Falle des Zuckers haben wir es übrigens mit einem Vorgang zu tun gehabt, der Energie benötigt. Diese haben wir mittels Brenner hinzugefügt. Ein solcher Vorgang heißt **endotherm**. Also hätten wir besser:

Zucker $\longrightarrow$ schwarze Masse ; endotherm

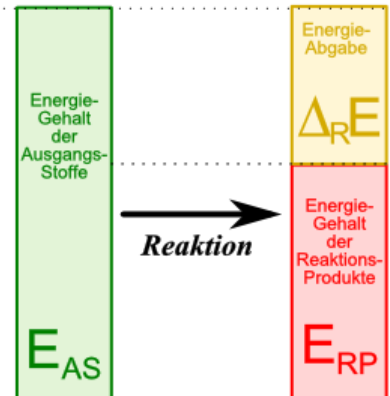
geschrieben.

mehr Energie-Veränderungen, als wir ev. durch Erhitzen zugeführt haben (dient nur zum Start des Vorgangs!)

exotherm: Vorgang gibt Energie (z.B. als Licht, Feuer, Knall, Wärme, ...) ab solange bis alle Ausgangsstoffe umgewandelt sind

eine kurzzeitige Energie-Zufuhr zum Starten des Umwandlungs-Vorganges ist möglich
normalerweise ist die Energie-Abgabe deutlich größer und länger als die initiale Energie-Zufuhr

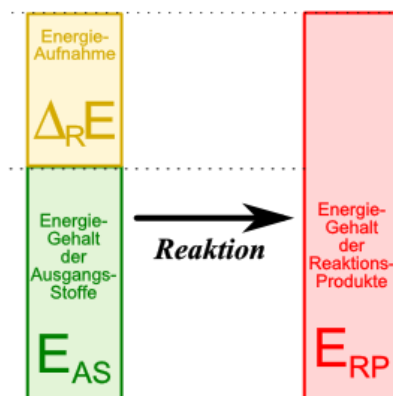
Stoffe streben immer den Energie-ärmsten Zustand an.
Exotherme Reaktionen laufen deshalb (nach einem ev. notwendigen Start) freiwillig ab.



endotherm: Vorgang muss **ständig** Energie zugeführt werden (z.B. Erhitzen) bis alle Ausgangsstoffe umgewandelt sind

wird die Energie-Zufuhr unterbrochen, dann hört der Vorgang sehr schnell auf
er beginnt erst wieder, wenn erneut ausreichend Energie zugeführt wird

Reaktionen, bei denen die Produkte eine höhere Energie besitzen müssen erzwungen werden. Genau deshalb muss Energie zugeführt werden. Hört die Energie-Zufuhr auf, dann endet auch die Reaktion. Endotherme Reaktionen laufen nicht freiwillig ab, sie müssen erzwungen werden.



Definition(en): chemische Reaktion (Kenntnisstand 7./ 8.Klasse)

Chemische Reaktionen sind Vorgänge, bei denen es zur Stoff-Umwandlungen und zu Energie-Umwandlungen (Energie-Aufnahme bzw. -Abgabe) kommt.

Eine chemische Reaktion ist ein Prozess, bei dem neue Stoffe (mit geänderten Eigenschaften) gebildet werden. Dabei wird Energie gebraucht oder abgegeben.

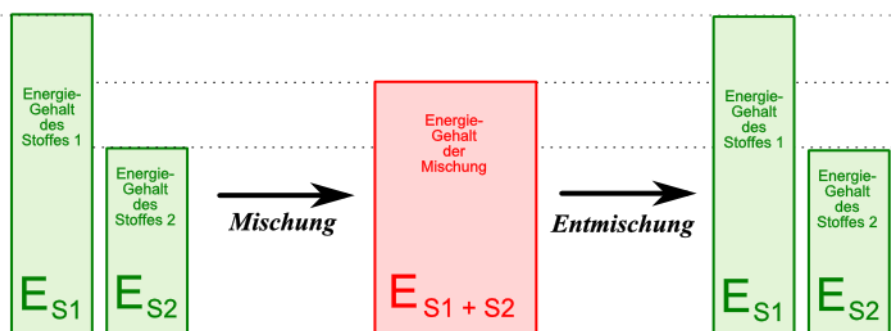
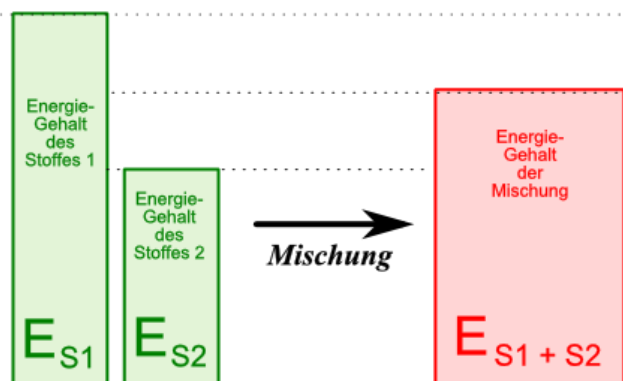
Aber was ist mit Mischungen? Wie verändert sich der Energie-Inhalt der Stoffe beim Mischen und Entmischen? Handelt es sich dabei auch um Reaktionen?

Wie sehen denn die Energie-Verhältnisse bei einer Mischung aus?

Beide Energie-Gehalte ergänzen sich in der Mischung. Es kommt zumeist zu keiner Energie-Abgabe oder -Aufnahme.

Es gibt einige Vorgänge bei denen sind die Energie-Aufnahmen oder -Abgaben sehr gering. Dazu gehören z.B. Lösungs-Vorgänge. Sie sind eigentlich chemische Vorgänge. Stofflich sind sie aber nur schwer beobachtbar und auch leicht umkehrbar. Der Einfachheit halber werden sie meist den physikalischen Vorgängen zugeordnet.

Mischungen lassen sich wieder entmischen. Dabei sortieren sich auch die Energie-Gehalte wieder.



Das Mischen und Entmischen kann praktisch beliebig oft wiederholt werden. An den Energie-Gehalten ändert sich nichts. Es gilt natürlich der Satz von der Erhaltung der Energie.

viele chemische Reaktionen sind nicht direkt umkehrbar

z.B. bei der Reaktion von Eisen und Schwefel entsteht Eisensulfid (Pyrit)

dieses kann zwar zerfallen, dafür ist aber eine sehr große Energie-Menge notwendig

wenn dann die beiden Stoffe Eisen und Schwefel wieder vorliegen, dann haben sie aber soviel Energie, dass sie sofort wieder zu energetisch stabileren Eisensulfid reagieren

Eisensulfid lässt sich nur dadurch zerlegen, dass man es mit einem Stoff reagieren lässt der noch stärker mit einem der Bestandteile reagiert als die beiden Bestandteile untereinander

dadurch wird sozusagen ein Partner entzogen, der andere bleibt dann übrig

bei einigen Stoffen ist es sogar so, dass diese mit beiden Bestandteilen reagieren, dann liegen beide Bestandteile in neuen Stoffen gebunden vor

bei Eisensulfid funktioniert das z.B. mit Luft bzw. Sauerstoff

aus Eisenpyrit und Sauerstoff entsteht beim sogenannten Rösten Eisenoxid und Schwefeloxid

Hier wird schon deutlich, dass textliche Darstellungen in der Chemie irgendwie schwierig sind deshalb wurden vereinfachte Schreibungen entwickelt

in einer chemischen Gleichung wird ein chemischer Vorgang praktisch in einer einzeiligen Gleichung dargestellt

diese Gleichung entspricht und funktioniert stofflich wie eine mathematische Gleichung, nur dass das Gleichheitszeichen durch den Reaktionspfeil ersetzt wird. Dieser soll die Richtung des Vorganges anzeigen

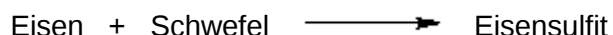
Definition(en): chemische Gleichung

Eine chemische Gleichung ist die international verbindliche Form zur Darstellung eines chemischen Vorgangs.

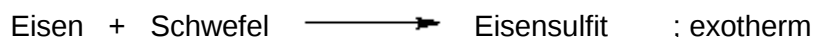
In der einfachsten Form besteht sie aus der Summe (der Formeln) der Ausgangsstoffe gefolgt von einem Reaktionspfeil ($\longrightarrow$) und der Summe (der Formeln) der Reaktionsprodukte.

Wortgleichung

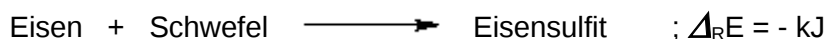
In der einfachsten Form werden die Namen der Stoffe verwendet. Auf die linke Seite kommen immer die Ausgangsstoffe. Sind es mehrere, dann werden diese mit einem Pluszeichen voneinander getrennt – also praktisch als Summe notiert. Genauso verfährt man mit den Reaktionsprodukten



Ist die Energie-Veränderung bekannt, dann wird diese – etwas abgesetzt – mit einem Semikolon hinter die Stoffgleichung geschrieben.



Gerne werden auch für die Energie-Veränderungen die physikalischen Formelzeichen und ev. sogar noch die bekannten Werte notiert. Vielfach schreibt man einfach nur – kJ für eine exotherme Reaktion und + kJ für eine Reaktion mit Energie-Aufnahme.



Definition(en): Wortgleichung

Eine Wortgleichung ist eine vereinfachte Form der chemischen Gleichung, in die Stoffe nur namentlich aufgenommen werden.

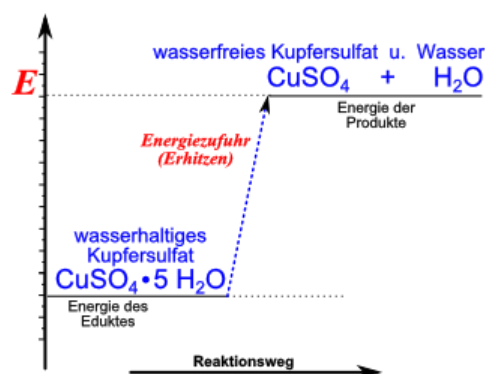
Erhitzen von (Wasser-haltigen) Cupfersulfat
 Abkühlen des (Wasser-freien) Cupfersulfat's
 Versetzen von (Wasser-freiem) Cupfersulfat mit Wasser (unter Beobachtung der Temperatur)

Lässt man Wasser-haltiges – blaues – Cupfersulfat (auch: Kupfersulfat-Hydrat genannt) an der Luft liegen gelassen passiert nichts. Erhitzt man blaues Cupfersulfat dagegen in einem Reagenzglas, dann verschwindet die blaue Farbe an der Stelle, wo erhitzt wird. Übrig bleibt ein weißes – teils kristallines – Pulver. Am oberen Teil des Reagenzglases setzt sich meist kondensiertes Wasser ab. Als Wortgleichung würden wir das so notieren:

Wasser-haltiges (blaues) Cupfersulfat wird erhitzt



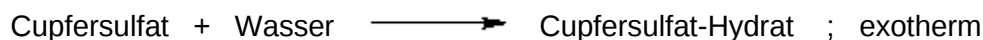
Aus der Physik kennen wir den Energieerhaltungssatz. Er besagt, dass Energie nicht verloren gehen kann. Sie nur in eine andere Form umgewandelt werden. Die Summe aller Energien ist immer konstant. Dieser Satz gilt auch für die Chemie. Wenn wir einem Stoff Energie durch Erhitzen zuführen, dann beinhaltet dieser am Schluss eben mehr Energie. In der Chemie nutzen wir sogenannte Energieniveau-Schemata zur Darstellung der energetischen Veränderungen während einer Reaktion. Das abgekühlte, weiße Cupfersulfat ist ebenfalls ein stabiler Stoff. Man kann es lange so aufbewahren. Solange keine Luftfeuchtigkeit oder Wasser an das weiße Cupfersulfat gelangt verbleibt es in diesem Zustand.



Energieniveau-Schema für das Erhitzen von blauem Cupfersulfat

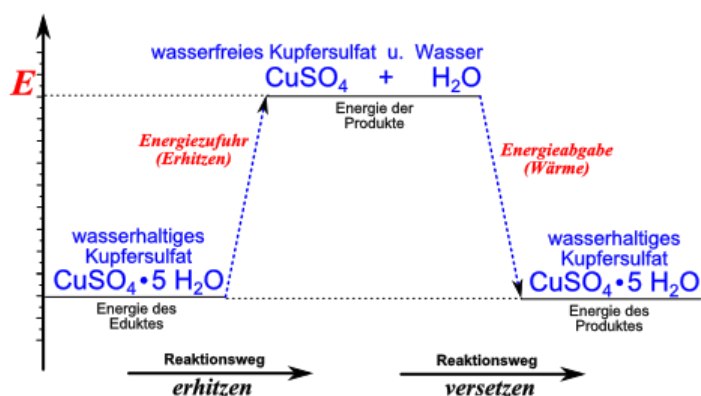
Aus diesen Bedingungen hört man schon heraus, dass das weiße – Wasser-freie – Cupfersulfat wieder mit Wasser reagieren möchte. Mischt man beide Stoffe und beobachtet dabei auch die Temperatur, dann erhält man neben dem blauen Cupfersulfat auch eine Energie-Abgabe. Diese ist gut an der Temperatur-Erhöhung zu beobachten. In einer Wortgleichung würde das so aussehen:

Wasser-freies (weißes) Cupfersulfat
wird mit Wasser versetzt



Wir erweitern das obige Energieniveau-Schema um den Vorgang des Versetzen von Cupfersulfat mit Wasser.

Die abgegebene Energie-Menge ist genauso gross, wie die Energie, die beim Vorgang des Erhitzens hinzugefügt wurde.



Auflösen einer Brause-Tablette (→ mit Gas-Bildung)

Lösung vorsichtig eindampfen / abdunsten lassen

wiederholtes Auflösen des gebildeten Feststoffes (→ keine Gas-Bildung mehr)

Kupfer (Pulver oder feine Draht-Stücke) mit Schwefel (Pulver) mischen → leicht entmischbar
Kupfer mit Schwefel erhitzen → gebildeter Stoff nicht mehr entmischbar

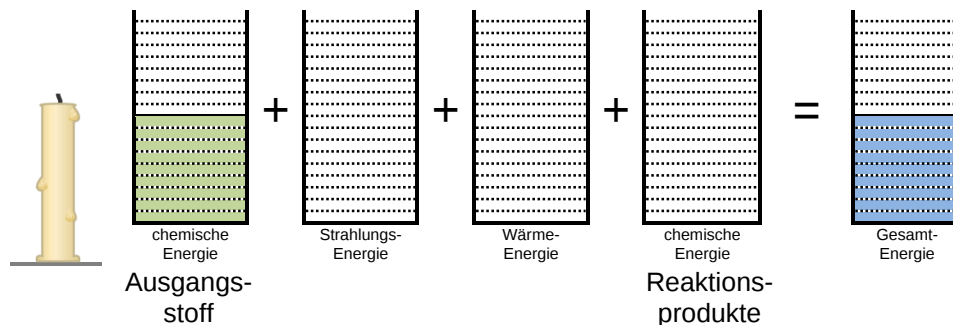
Aufgaben:

1. Welche Kriterien werden benutzt, um einen physikalischen von einem chemischen zu unterscheiden?
2. Der Chemie-Schlaumeier der Klasse stellt die folgenden Aussagen zur Diskussion. Setze Dich mit den einzelnen Aussagen auseinander!
 - a) Bei der Umsetzung von Zink mit Schwefel handelt es sich um eine chemische Reaktion.
 - b) Eis reagiert in einem endothermen Vorgang zu (flüssigem) Wasser.
 - c) In der entgegengesetzten chemischen Reaktion bildet sich aus Wasser Eis. Hierbei handelt es sich um einen exothermen Vorgang.
 - d) Das Bleigießen zu Sylvester ist ein physikalischer Vorgang.
 - e) Das Abbrennen von Feuerwerkskörpern am 31. Dezember ist immer ein chemischer Prozess.
3. Suche Dir drei weitere Vorgänge mit Veränderungen bei den Stoffen aus dem Haushalt aus und lasse diese von Deinem Nachbarn den physikalischen oder chemischen Prozessen zuordnen! Diskutiert eventuelle Meinungsunterschiede!
4. Skizziere Dir in Deinen Hefter eine brennende Kerze! Kennzeichne an der Skizze ev. vorkommende physikalische und / oder chemische Vorgänge!
5. Bei der Mischung von Stoff A (niedriges Energie-Niveau) und Stoff B (hohes Energie-Niveau) werden die Stoffe im Verhältnis 1 zu 2 eingesetzt. Wo liegt das Energie-Niveau der Mischung?
6. Nach der Erwärmung des Stoff-Gemisches (Aufg. 5) kommt es zu einer heftigen Energie-Abgabe. Skizziere ein passendes Energie-Diagramm für diesen Vorgang!

Veränderungen der Energien im Verlauf eines Kerzen-Experiment's

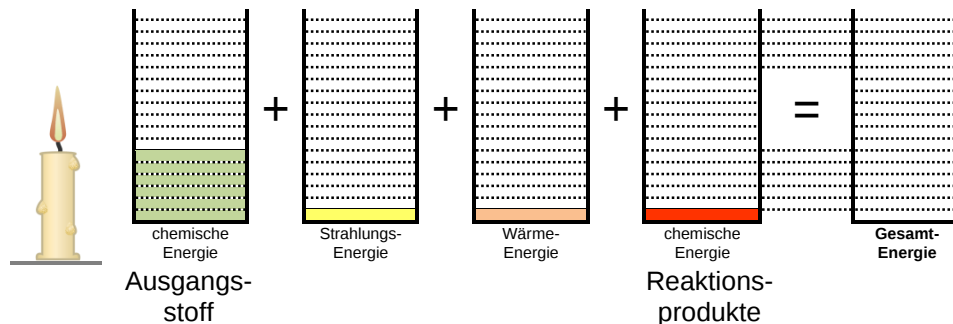
Ausgangs-Situation:

Kerze hat volle Länge und brennt noch nicht



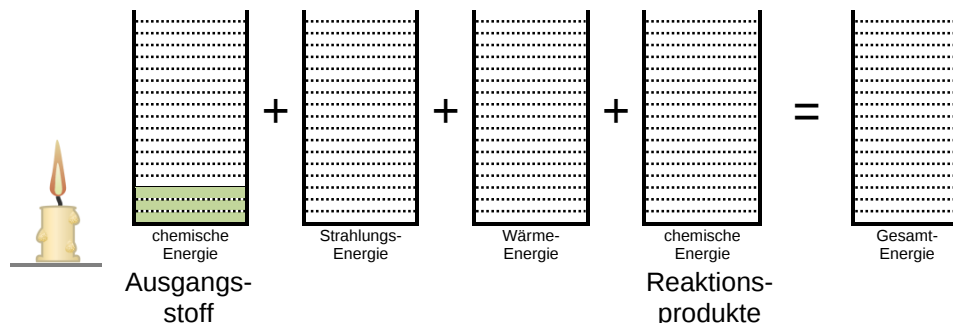
im Verlauf des Experiment's:

Kerze zu einem Drittel abgebrannt



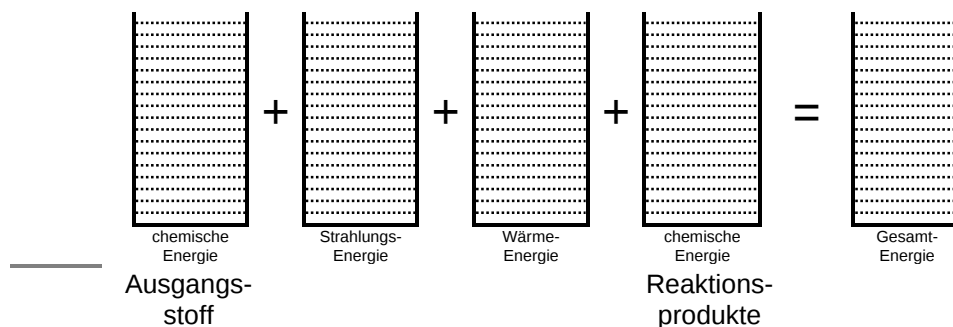
nächste Situation:

Kerze zu zwei Dritteln abgebrannt



Aufgaben:

1. Überlege Dir, welchen Wert die Gesamt-Energie in der 1. Zwischen-Situation hat! Zeichne diese unter beachtung der vorgegebenen Stufen in das mittlere Schema ein!
2. Ergänze die fehlenden Energie-Beträge in der folgenden Situation (zwei Drittel der Kerze abgebrannt)!
3. Stelle eine Hypothese darüber auf, wie sich die Energien am Ende des Experiment's verteilen! Dabei soll die Kerze vollständig abgebrannt sein.



Elemente und Verbindungen - Symbole und Formeln

Für viele Stoffe ist bekannt, dass sie chemisch nicht weiter zerlegt werden können. Diese Stoffe nennen wir chemische Elemente.

Die uns bekannten Elemente stehen im Periodensystem der Elemente in tabellarischer Form. Wie diese zustande kommt erklären wir später (→).

Definition(en): Element (vorläufige Definition)
Ein Element ist ein Reinstoff, der chemisch nicht mehr weiter zerlegt werden kann.

Jedes Element besitzt ein chemisches Symbol. Dieses Zeichen ist international vorgeschrieben und wird auch in Schriften / Sprachen mit nicht-lateinischen Buchstaben so benutzt. Chemische Formel und auch Gleichungen sehen in einem chinesischen oder arabischen Fachtext genauso aus, wie in einem deutschen.

Die chemischen Symbole der Elemente bestehen aus mindestens einem Großbuchstaben. Viele Elemente haben dann folgend noch einen – selten auch zwei – Kleinbuchstaben. Die Symbole sind ebenfalls im Periodensystem der Elemente ablesbar.

Definition(en): chemisches Symbol
Ein chemisches Symbol ist das (international verbindliche) Zeichen für ein chemisches Element.

Exkurs: extravagante Element-Symbole

Warum haben bestimmte Elemente so außergewöhnliche – auf den ersten Blick gar nicht passende – Element-Symbole?

deutscher Name	wissenschaftlicher / historischer Name	Symbol
Aluminium	Aluminium	Al
Blei	Plumbum	Pb
Eisen	Ferrum	Fe
Gold	Aurum	Au
Kohlenstoff	Carboneum	C
Kupfer	Cuprum	Cu
Magnesium	Magnesium	Mg
Platin	Platin	Pt
Quecksilber	Hydrargyrum	Hg
Sauerstoff	Oxygenium	O
Schwefel	Sulfur	S
Silber	Argentum	Ag
Stickstoff	Nitrogenium	N
Wismut	Bismut	Bi
Zink	Zincum	Zn
Zinn	Stannum	Sn

Statt dem Periodensystem der Elemente können ersatzweise auch Element-Tabellen aus Tafelwerken benutzt werden. Aber Achtung! Oft stehen Element- und Verbindungs-Tabellen dicht hintereinander und so mancher Stoff steht scheinbar in beiden Tabellen. Das ist natürlich nicht so. In der Element-Tabelle stehen nur die (ein-atomigen) Elemente. In der Verbindungs-Tabelle kommt dann der Stoff so vor, wie er in der Natur frei vorkommt. Bestimmte Werte müssen also kritisch betrachtet werden.

Aufgaben:

1. *Erkunde, wo in Deinem Tafelwerk die Element- und die Stoff-Tabellen stehen! Welche vergleichbaren Werte sind in beiden Tabellen unterschiedlich?*

2. *Welche chemischen Elemente stecken hinter den nachfolgenden Buchstaben-Kombinationen? Bei fehlerhaften Angaben kennzeichne den / die Fehler und erkläre, warum es sich um einen Fehler handelt!*

- | | | |
|-------|-------------------|--------|
| a) Fe | b) Pb | c) C |
| d) Hs | e) O ₂ | f) Uuu |
| g) Er | h) AL | i) HF |

3. *Welche chemischen Symbole gehören zu den nachfolgenden Stoff-Namen? Bei fehlerhaften Angaben kennzeichne den / die Fehler und erkläre, warum es sich um einen Fehler handelt!*

- | | | |
|-------------|----------------|---------------|
| a) Silicium | b) Wasserstoff | c) Radon |
| d) Rhodium | e) Kolophonium | f) Bor |
| g) Hassium | h) Dysprosium | i) Gandolinum |

Sind die Rein-Stoffe in mehrere Elemente zerlegbar, dann sprechen wir bei dem Rein-Stoff von einer Verbindung. Man kann das als Verbund von Elementen verstehen.

Eine Verbindung hat als chemisches Zeichen eine (chemische) Formel. In dieser sind die Elemente aufgezählt (hintereinander geschrieben (ohne Leerzeichen)). Kommen die Elemente in bestimmten Zahlenverhältnissen vor, dann werden diese als Indizes (Indices) notiert. Auf eine Eins wird verzichtet – exakterweise muss gesagt werden, sie darf nicht mitgeschrieben werden!

Die Indizes geben an, wieviele Atome des einen Elementes sich mit soundsovielen Atomen eines anderen verbunden haben.

Definition(en): Verbindung

Eine Verbindung ist ein Reinstoff, der aus mehreren Elementen besteht und in diese zerlegt werden kann.

Eine Verbindung ist ein Stoff, bei dem auf submikroskopischer Ebene mehrere Atome verschiedener Elemente) über sogenannte Bindungen eine stabile Beziehung besitzen.

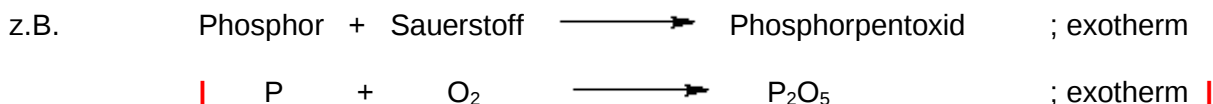
Für viele Element-Kombinationen sind mehrere Verbindungen mit jeweils einer bestimmten Formel bekannt.

Definition(en): chemische Formel

Eine chemische Formel ist die (international verbindliche) Notierung der Zusammensetzung eines reinen Stoffes aus mehreren Elementen oder mehreren Atomen eines Elementes.

Für molekulare Stoffe, die aus einem Element bestehen, sind ebenfalls Formel vorgeschrieben. In diesen Formeln wird dann die Anzahl der Atome im Molekül angezeigt.

Setzt man statt der Stoffnamen in chemischen Gleichungen Symbole und Formeln ein, da gilt unter Chemikern die Vereinbarung, dass es sich dann auch um exakte Gleichungen handeln muss. Auf beiden Seiten müssen die gleichen Elemente in der gleichen Menge vorkommen. Da wir in den meisten Fällen solche Gleichungen noch nicht oder nicht immer hin bekommen, benutzt man eine spezielle Kennzeichnung, um die "Gleichung" als noch unvollständig oder nicht wirklich ausgeglichen zu kennzeichnen. Dazu benutzt man links und rechts einfache senkrechte Striche (Absolut-Striche: **| |**).



Solche Notierungen gelten als unschön und sollten nur in Ausnahmefällen benutzt werden. Wie man exakte Gleichungen hinbekommt, zeigen wir später. Also werden wir vorerst nur Wortgleichungen benutzen. In seltenen Ausnahmefällen greifen wir auch mal auf unausgeglichene Gleichungen zurück.

Aufgaben:

1. Übernehme die nachfolgende Tabelle in Dein Heft(er) und fülle die Leerstellen aus!

Stoff-Name	Element [Ja / Nein]	enthaltene Elemente	Symbole der Elemente	Formel
Eisen(III)-oxid		Eisen, Sauerstoff	Fe, O	Fe ₂ O ₃
Magnesium				
Eisensulfid				
Sauerstoff				
	ja		Ag	
		Calcium, Kohlenstoff, Sauerstoff		
		Natrium, Chlor		
			Kr	

2. Prüfe, ob die nachfolgenden Buchstaben- und Ziffern-Kombinationen Symbole für chemische Elemente sind!

3. Achtung – Streng geheim!

Indium d Erbium letz Technetium Stickstoff Wolfram Sauerstoff Kohlenstoff Helium Wolfram Argon me Wasserstoff Rutherfordium Actinium Wasserstoff Scandium Wasserstoff le Kohlenstoff Wasserstoff t Einsteinium Wolfram ett Erbium. Americium Schwefel Sauerstoff Stickstoff Stickstoff t Silber Schwefel Sauerstoff ll Einsteinium a Beryllium r Schwefel Sauerstoff Stickstoff Nickel g Wolfram Erbium de Stickstoff.

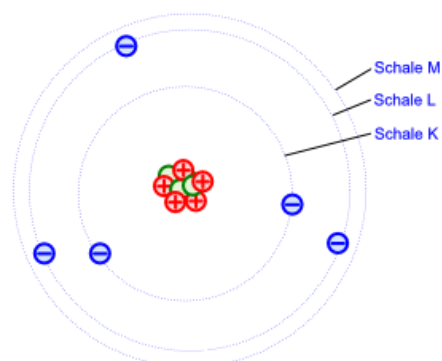
x. verfeinerte Modelle vom Atom-Bau

- *Atombau als Schalenmodell*
- *Bau der Metalle aus Atomen gleicher Art*
- *Atomverband*
- *Kugelpackungsmodell*

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Was bedeutet der Begriff Atom?
Wie sind Atome aufgebaut?
Ist der Begriff Atom heute noch exakt?
Was ist ein Modell?
Welche Atom-Modelle gibt es?
Warum gibt es mehrere Atom-Modelle? Welches ist richtig?
Foto's von Atomen – echt oder unecht?
Warum sind Protonen eigentlich positiv geladen und Elektronen negativ?
Sehen Atome wirklich so aus, wie sie immer dargestellt werden?
Mit welchem Atom-Modell arbeiten Chemiker?

BOHRsches Atom-Modell



BOHRsches Atom-Modell
für ein Bor-Atom (${}_5\text{B}$)

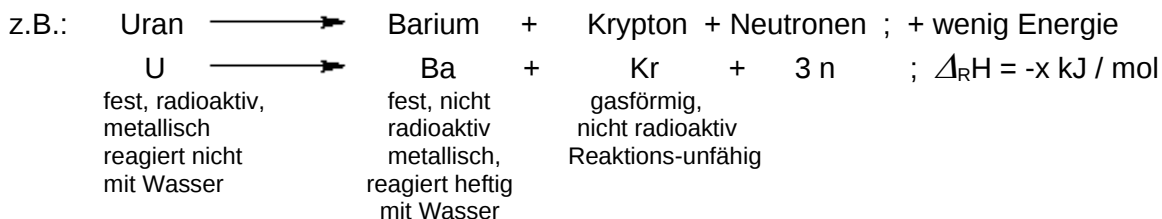
max. Elektronen-Anzahl auf den Schalen (BOHR):

n	1	2	3	4	5	6	7	n
max Ne-	2	8	18	32	50	72	98	$2n^2$

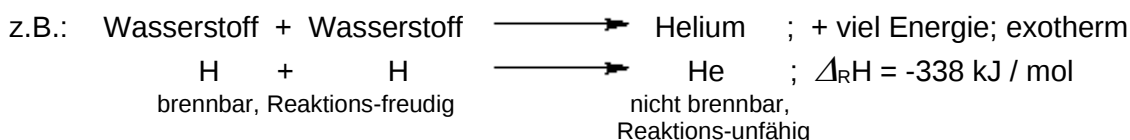


**Der Atom-Kern wird bei chemischen Vorgängen
niemals verändert!**

In manchen Betrachtungen werden auch bestimmte Kern-Veränderungen zur Chemie hinzugezählt. Das hat ohne weiteres eine Berechtigung, da sich hierbei auch Stoffe und ihre Eigenschaften verändern. Der radioaktive Zerfall:

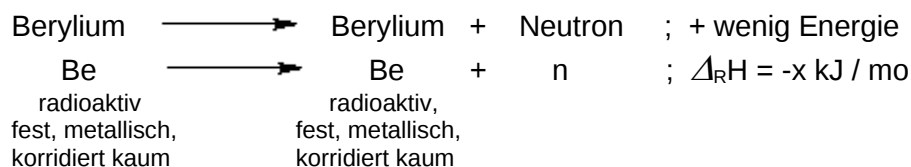


oder die Kern-Fusion:



seien hier stellvertretend genannt.

Aus einer anderen Sicht heraus, sind viele Kern-Vorgänge aber gar nicht Stoff-verändernd. Da könnte man z.B. den radioaktiven Zerfall von Beryllium anführen:



Es kommt also zu keinen Stoff-Veränderungen, deshalb werden von vielen Wissenschaftlern die Kern-Vorgänge insgesamt mehr der Physik zugeordnet. Diesen Standpunkt vertreten wir hier auch. In diesem Skript wird die Chemie als Physik der Atom-Hülle (und der Elektronen) verstanden. Die Trennung von Physik und Chemie ist aber fließend. Ab und zu werden wir aber auch Kern-Vorgänge mit in unsere Darstellungen einfließen lassen.

Exkurs: die Größe von Atomen

Atome sollen einige Nanometer (nm) groß sein. Kaum jemand kann sich darunter wirklich eine Größe vorstellen. Als Test könnte man ja mal fragen, wieviele Atome mit einem Atom-Durchmesser von 100 pm muss man denn zusammenlegen, um einen Millimeter hinzubekommen?

Zehn dieser Atome ergeben – in Reihe gelegt – eine Länge von 1 nm.

Eintausend dieser Zehner-Atom-Gruppe ergeben 1'000 nm. Das sind dann 1 μm . Für 1 μm brauchen wir also schon 10'000 Atome. Einen Millimeter besteht aber aus 1'000 μm . Somit ergibt sich eine Reihe von 10'000'000 Atome der Größe 100 pm für die Strecke von 1 mm.

Ein Atom der Größe von 100 pm ist z.B. das Eisen-Atom. Das ist schon ein recht großes Atom. In Wirklichkeit sind die meisten Atome nur zwischen 10 und 150 pm groß. Das bedeutet, dass es meist noch einmal mehr Atome braucht, um von diesen Atomen eine Reihe von 1 mm Länge hin zu bekommen.

Licht-Mikroskope (Abk.: LM), wie wir sie aus der Biologie kennen, können bestenfalls 1'000fach vergrößern. Das reicht nicht aus, um Atome auch nur zu erkennen. Selbst große Gebilde aus Tausenden von Atomen können wir mit ihnen nicht sehen.

Moderne Elektronen-Mikroskope (Abk.: EM) vergrößern ungefähr 1'000'000fach. Selbst in diesen Mikroskopen sind nur große Gebilde aus Tausenden von Atomen knapp zu erkennen. Einzelne Atome kann man damit nicht sehen.

In vielen Büchern oder auch im Internet ($\rightarrow$) sind bunte, hügelige Bilder von sogenannten Raster-Elektronen-Mikroskopen (Abk.: REM). Aber Vorsicht!, auch dies ist keine Ansicht von Atomen, sondern es sind nur die als Diagramm dargestellten "Atom-Oberflächen".

Aufgaben:

1. *Berechne, wieviele Eisen-Atome gebraucht werden, um die Dicke einer Stecknadel mit 50 μm nachzubilden!*
- 2.
- 3.

annähernde Größen-Bestimmung für Atome

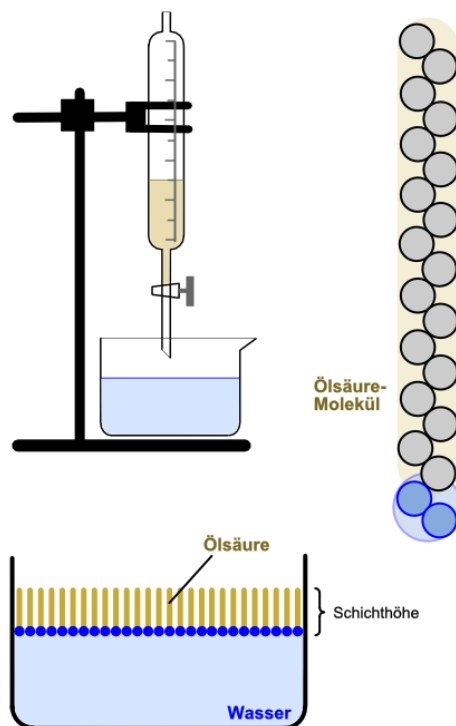
Grundlage / Idee:

Die Ölsäure besteht aus Molekülen (mehratomige Teilchen), die eine Kohlenstoff-Atom-Kette enthalten. Diese ist 18 Atome lang. Bei Kontakt mit Wasser ordnen sich die Moleküle immer gleichartig aus und bilden – wenn es nur wenige Moleküle sind – eine sehr dünne Schicht. Die Schicht besteht dann jeweils nur aus einer Molekül-Lage.

Wenn man nun so eine dünne Schicht auf einer berechenbaren Wasseroberfläche hat, dann kann man aus dem Volumen der Ölsäure, die man für diese Schicht gebraucht hat, die Höhe der Schicht berechnen.

Bei einem runden Auffang-Gefäß – wie z.B. einer PETRI-Schale stellt die Ölschicht einen sehr flachen Zylinder dar. Von diesem können wir Volumen, Grund-Fläche und Höhe berechnen. Die Höhe der Schicht entspricht dann der Länge der Kohlenstoff-Kette. Durch Aufteilen der Schichtdicke auf die Atome der Kette, kann man auf die ungefähre Atom-Größe schließen.

Achtung! Da nur ein ungefährender Wert ermittelt werden soll, beachten wir den Versatz der Kohlenstoff-Atome in der Kette und besondere Details des Molekül-Bau's nicht!



Materialien / Geräte:

Ölsäure ($C_{18}H_{33}COOH$); Heptan (C_7H_{16}); Becherglas (20 ml); Standzylinder (10 ml); Bürette mit Stativ; PETRI-Schale; Schiebe-Lehre

Durchführung / Ablauf:

- mischen von exakt 2 ml Ölsäure und 2 ml Heptan in einem Becherglas
- befüllen der geschlossenen Bürette mit dem Gemisch
- bestimmen des Innendurchmesser der PETRI-Schale mit der Schiebe-Lehre ($\rightarrow d$)
- befüllen der PETRI-Schale halbhoch mit (handwarmem) Wasser
- Volumen in der Bürette ablesen ($\rightarrow V_1$)
- zutropfen von 1 bis 2 Tropfen des Gemisches in die PETRI-Schale; abwarten, bis das Heptan verdunstet ist (5 min)
- wenn die Ölsäure noch keine durchgehende Schicht bildet, dann weiter mit einzelnen Tropfen (abdunsten nicht vergessen)
- sonst ablesen des Rest-Volumens in der Bürette ($\rightarrow V_2$)

Berechnungen:

Berechnung des verbrauchten Gemisch-Volumen: $V = V_1 - V_2$

Berechnung des Ölsäure-Anteils: $V_{OS} = V / 2$

Berechnung der Wasser-Oberfläche: $A = \pi/4 \cdot d^2$

Berechnung der Schichthöhe: $h = V_{OS} / A$

Berechnung des ungefähren Atom-Durchmessers: $d_A = h / 18$

Größen und Größen-Verhältnisse im Bereich der Chemie

Längen-Maß (üblich)	Skala	Länge (wiss.)	Objekte mit ungefähr dieser Größe	Chemie-Objekte
	[m]			
1 Mio. km	10^9  10^6 km	10^9 m (1 Gm)	≈ 3 Lichtsekunden	
1'000 km	10^6 10^3 km	10^6 m (1 Mm)		
10 km		10^4 m	Mt. Everest	
1 km	10^3 1 km	10^3 m 1'000 m	Abstand zw. drei Hochspannungs-Masten	
100 m		10^2 m 100 m	Hochhaus	
10 m		10^1 m 10 m	Neubaublock	
1 m	10^0 1 m	10^0 m	Kind Mensch (< 2 m)	
1 dm		0,1 m	Smartphone	
1 cm		0,01 m		
1 mm	10^{-3} 1 mm	10^{-3} m 0,001 m	Dicke einer CD	
			Haar (d = 50 μ m)	
1 μ m	10^{-6} 1 μ m	10^{-6} m 0,001 mm		
100 nm 1'000 Å		10^{-7} m		sehr große Makromoleküle
10 nm 100 Å		10^{-8} m		sehr große Moleküle; Makromoleküle
1 nm 10 Å	10^{-9} 1 nm	10^{-9} m		größere Moleküle
100 pm 1 Å		10^{-10} m		Durchmesser großer Atome;
10 pm 0,1 Å		10^{-11} m		Durchmesser kleiner Atome
1 pm	10^{-12} 1 pm	10^{-12} m		
100 fm		10^{-13} m		
10 fm		10^{-14} m		
1 fm	10^{-15} 1 fm	10^{-15} m	Proton und Neutron (d = 1,7 fm)	Elektron (r = 2,4 fm)

OZ	Element-Symbol	r _A [pm]	d _A [pm]	d _A [mm]	für 1 mm braucht man ... Atome	d _A [Å]	Größe in % bezügl. H
1	H	32					
2	He	28					87,5
3	Li	152					
4	Be	112				2,24	
5	B	88					
6	C	77					
7	N	70	140				
8	O	66					
9	F	64			7'812'500		
10	Ne	58					
11	Na	186					
12	Mg	160					
13	Al	143		0,000'000'286			
14	Si	117					
15	P	110					
16	S	104					
17	Cl	99					
18	Ar	106					
19	K	231					
20	Ca	197					
26	Fe	140					
29	Cu	135					
30	Zn	135					
35	Br	115					
47	Ag	160					
53	I	140					
79	Au	135					
92	U	139					

Daten-Q: de.wikipedia.org

Hinweis: 1 pm = 10⁻¹² m = 10⁻⁹ mm = 0,01 Å

Aufgaben:

1. Übernehme die obige Tabelle für 7 Elemente! Suche Dir 7 Elemente aus (maximal immer nur zwei aufeinanderfolgende!) und ermittle die fehlenden Daten!
2. Erstelle ein Säulen-Diagramm, in dem die Atom-Radien gegen die Ordnungszahl (OZ) aufgetragen werden soll! (Ev. ein Tabellenkalkulations-Programm benutzen.)
3. Beschreibe Deine Beobachten aus dem Diagramm!

chemische Elemente

Wir haben gesehen, dass man zwar viele Stoffe in andere zerlegen kann, aber irgendwann geht das nicht mehr. Diese Stoffe, die also durch chemische Vorgänge nicht mehr weiter zerlegbar sind, nennen wir chemische Elemente.

Bei geneueren Untersuchungen der Atome hat man festgestellt, dass in Elementen alle Atome die gleiche Anzahl Protonen enthalten. Dementsprechend enthalten sie auch die gleiche Anzahl von Elektronen in einem Atom.

Da die Zahl der Protonen die Ordnungs-Zahl und die Kernladungs-Zahl festlegt, kann man auch diese für die Charakterisierung eines chemischen Elementes benutzen.

Die Anzahl der Neutronen in den Atom-Kernen eines Elementes kann schwanken. Bei den meisten Elementen gibt es Atome mit unterschiedlicher Neutronen-Zahl

Aufgaben:

- 1. Entwickle aus dem obigen Text eine Definition für den Begriff "chemisches Element"!**
- 2. Biete drei weitere Definitionen für den Begriff "chemisches Element" an!**
- 3. Prüfe welche der folgenden Aussagen richtig ist, begründe Deine Entscheidung! Gebe auch eine kurze Begründung an, warum die anderen Aussagen falsch sind!**
 - a) Chemische Elemente sind Stoffe, die aus Atomen aufgebaut sind.
 - b) Chemische Elemente sind Stoffe, die nur aus einer Art von Atomen aufgebaut sind.
 - c) Sind alle Atome eines Stoffes gleich, dann handelt es sich um ein chemisches Element.
 - d) Enthalten alle Atome eines Stoffes die gleiche Kernladungs-Zahl, dann bilden sie ein chemisches Element.
 - e) Ein chemisches Element ist ein Stoff, der nur aus Atomen mit der gleichen Neutronen-Zahl besteht.
 - f) Chemische Elemente haben immer gleichviele Protonen.
 - g)
 - h)
- 4.**

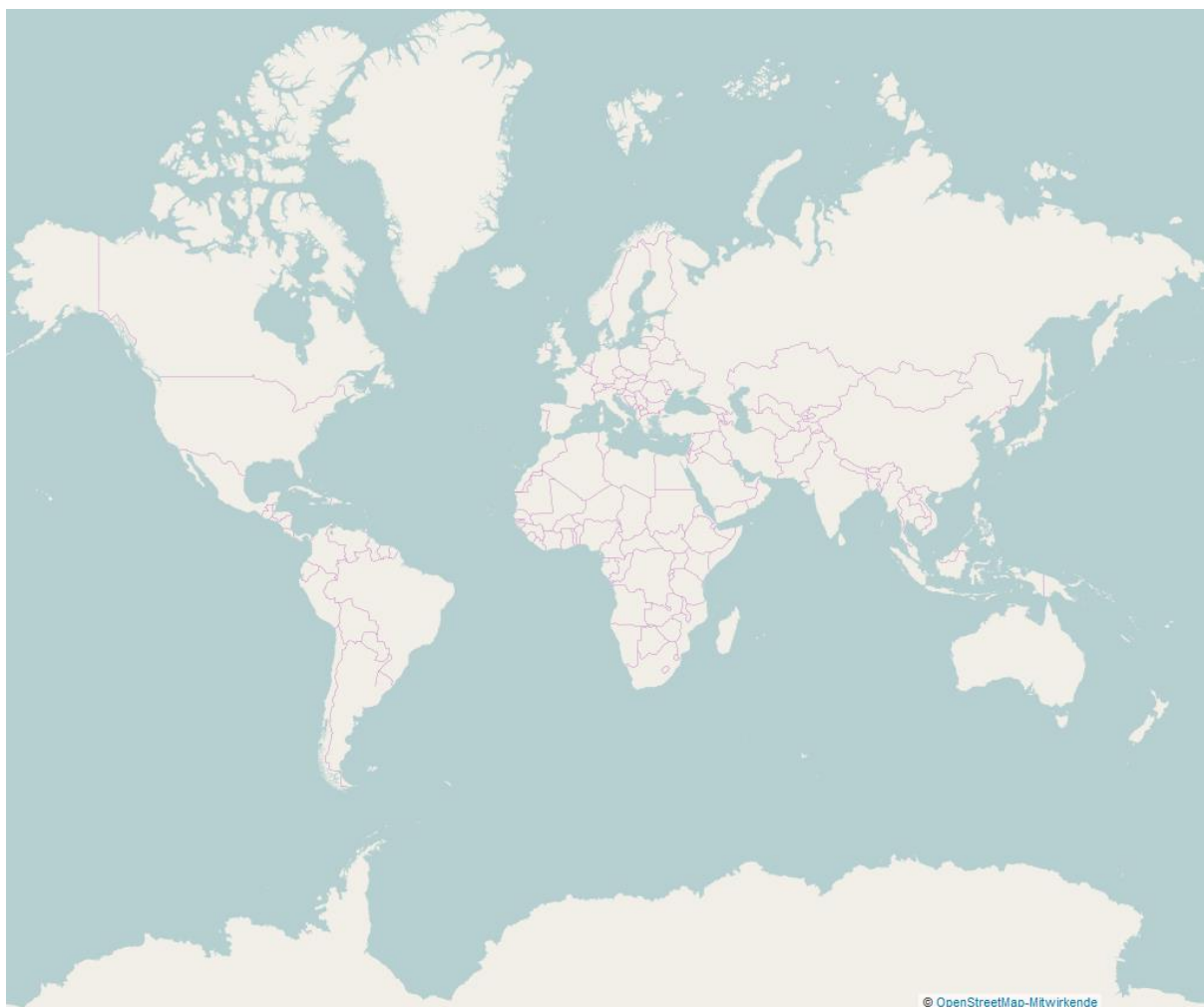
Woher haben die chemischen Elemente ihre Namen?

Benennung nach Kontinent und / oder einem Land

Americium, Europium, Francium, Gallium, Germanium, Indium, Polonium, Ruthenium, Scandium

Aufgaben:

1. *Suche die Ordnungs-Zahlen die genannten Elemente aus dem Tafelwerk heraus!*
2. *Welcher Kontinent bzw. welches Land ist der Namensgeber der Elemente? Beschrifte die Länder / Kontinente in der Karte mit den zugehörigen Elementen! Male die Länder bzw. Ländergruppen mit Farben aus!*



Q: openstreetmap.org (Mitwirkende)

3. *Gebe die Protonen- und Elektronen-Zahl der Atome der Elemente mit bei der Beschriftung an! (z.B.: $p^+ = ??$; $e^- = ??$)*

Benennung nach Orten

Berkelium, Dubnium, Erbium, Hafnium, Holmium, Luetium, Magnesium, Strontium, Terbium, Ytterbium, Yttrium, Thulium

Aufgaben:

1. **Welche Städte / Orte stecken hinter den Namen der chemischen Elemente?**
2. **Welchen Bezug zu den chemischen Elementen / der Chemie haben diese Städte / Orte?**
- 3.

Benennung nach einem anderen Element

Der Name des Elements Molybdän (Mo) ist eigentlich die griechische Bezeichnung für Blei (Pb) (griech.: *molybdos*). Früher hat man häufiger das Mineral Molybdänglanz (MoS₂) mit Bleiglanz (PbS) und Graphit verwechselt. Obwohl reines Molybdän interessante Eigenschaften hat, fand es lange Zeit keine Verwendung. Erst als Legierungs-Zusatz für Kanonen-Rohre fand Molybdän eine große Anwendung.

Bei Platin (Pt) – abgeleitet vom span.: *plata* für Silber (Ag) – handelt es sich um die mehr negativ genutzte Verkleinerungsform *platina*. Das Metall um das es ging, war sehr schwer schmelzbar und deshalb für die praktische Verwendung im Römischen Reich nicht wirklich interessant.

Protoactinium (Pa) ist eine sehr seltenes, praktisch nur künstlich hergestelltes Element. Es ist radioaktiv und steht am Anfang der Reihe der Aktinoide. Daher der Name, er leitet sich von dem griech. *protos* = das Erste / das Vorhergehende ab. Die Reihe der Aktinoiden gehört zu den sogenannten "Seltenen Erdenen". Dabei handelt es sich um relativ seltene Elemente mit vielen besonderen Eigenschaften. Besonders für die moderne Mikroelektronik sind von extrem großer Bedeutung.

Das Element Quecksilber (Hg) gehört von jeher zu den interessantesten Elementen. Es ist eines der beiden bei Zimmer-Temperatur flüssigen Elemente. Es gleicht in vielen Eigenschaften dem Silber, nur das es eben flüssig ist. Daher stammt auch der Name Hydroargen-tum. Er steht für flüssiges Silber lat.: *hydroargyrum*.

Aufgaben:

- 1.
- 2.
- 3.

Benennung nach Gottheiten, Sagen- und Helden-Gestalten

Cer, Cobalt, Neptunium, Nickel, Niob(ium), Palladium, Plutonium, Tantal, Thorium, Titan, Uran, Vanadium

Aufgaben:

- 1.
- 2.
- 3.

Benennung nach wissenschaftlichen Persönlichkeiten

Bohrium, Curium, Einsteinium, Fermium, Gadolinium, Lawrencium, Meitnerium, Mendelevium, Nobelium, Rutherfordium, Samarium, Seaborgium

Aufgaben:

- 1. Welche der geehrten Persönlichkeiten kannst Du benennen? Welche besondere Leistung / Forschung ist mit den Personen verbunden?*
- 2. Recherchiere die anderen Elemente und Persönlichkeiten nach!*

Benennung nach Gesteinen und Mineralien

Barium, Beryllium, Bismut, Cadmium, Calcium, Fluor, Lithium, Silicium, Wolfram, Zirkonium

Aufgaben:

- 1.
- 2.
- 3.

Aber auch die umgekehrte Namen-Gebung ist bekannt

Benennung eines Flusses

Rhein

Benennung eines Landes

Argentinien

absolute und relative Atom-Masse

	Proton	Neutron	Elektron
Ladungs-Richtung	positiv	neutral	negativ
Ladung	+1	0	-1
Ladung [C]			
Symbol			
Masse [u]	1,0073	1,0087	0,0005
Masse [g]			

Aufgaben:

1. Berechne, wieviele Protonen man bräuchte, um 1 g zu erhalten! Braucht man mehr oder weniger Elektronen, um 1 g zu messen?

Materialien (z.B. für flipped classroom)			
	Isotope und Atommasse		
	[Phet – Interactive Simulations] *****		
	https://phet.colorado.edu/de/simulations/isotopes-and-atomic-mass		
	Aufgaben siehe weiter unten		
	□	⌚ min	*
	□	⌚ min	*

Aufgaben:

1. Ermitteln Sie die natürliche Isotopen-Verteilung von Wasserstoff und Magnesium!
2. Erstellen Sie einen Mix (aus den Bottichen) von Chlor-Isotopen, die der natürlichen Verteilung am nächsten kommt! Notieren Sie Ihren Mix!

3. Gesucht ist das Isotopen-Gemisch für Sauerstoff, damit die Mischung eine durchschnittliche Atommasse von exakt 16,82469 u hat!

Periodensystem der Elemente

Die Geschichte und Entwicklung des PSE ist darzustellen.

- ***chemische Elemente und Symbole***
- ***Einteilung der chemischen Elemente in Metalle und Nichtmetalle***
- ***Zusammenhang Atombau und Stellung im PSE bei Hauptgruppenelementen:***
 - ***Anzahl der Protonen und Elektronen, Ordnungszahl***
 - ***Anzahl der Außenelektronen, Hauptgruppennummer, Elektronenschreibweise***
 - ***Anzahl der Elektronenschalen, Periodennummer***
- ***Bildung positiv und negativ geladener Ionen sowie ihrer Symbole***

x. das Periodensystem der Elemente

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Was ist das Periodensystem der Elemente?

Wieso heißt es **Perioden**-System?

Wie ist das Periodensystem aufgebaut? Welche Prinzipien wurden für seinen Aufbau verwendet?

Wer hat das Periodensystem der Elemente entdeckt?

Gibt es auch andere Systeme der Elemente?

Ordnung in der Welt der Elemente

einfache Liste, Ordnung nach der Atom-Masse; aufsteigend

Suche nach ähnlichen / vergleichbaren Eigenschaften in der Reihe der Elemente

Ueber die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente

von

D. Mendelejeff

Zeitschrift für Chemie 12. Jhrg. (Neue Folge, V.Bd.) (1869), S. 405 u. 406

H = 1				Cu = 63,4	Ag = 106	Hg = 200
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112		
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	As = 197?	
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 116		
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210	
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?		
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127		
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204	
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207	

Fand solche Eigenschaften (Reaktions-Verhalten, Bindigkeit) und machte aus der Liste eine mehrspaltige Liste. Innerhalb der Zeilen konnte man ähnliche Merkmale bei den Elementen beobachten.

Interessant war, dass MENDELEJEV zwei Elemente voraussagte, die der Naturwissenschaft noch gar nicht bekannt war. Das sollte Elemente mit den Atomgewichten 68 und 70 sein.

große Lücke bei den Atomgewichten zwischen 3. und 4. Spalte (also zwischen Ca und Cu)
 ähnliche große Lücken bei den folgenden Spalten-Übergängen

Periodensystem der Elemente

heute schreiben wir das Perioden-System zeilenweise
 die gedrehte MENDELEJEVSche Original-Version würde dann so aussehen

H = 1							Li = 7	=
	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	Na = 16	
	Mg = 24	Al = 27,4	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	K = 39	Ca = 40
Cu = 63,4	Zn = 65,2	? = 68	? = 70	As = 75	Se = 79,4	Br = 80	Rb = 85,4	Sr = 87,6
Ag = 108	Cd = 112	Ur = 116	Sn = 118	Sb = 122	Te = 128?	J = 127	Cs = 133	Ba = 137
Hg = 200		Au = 197?		Bi = 210			Tl = 204	Pb = 207

Mit der Weiterentwicklung der Atom-Modelle und dabei besonders mit dem BOHRschen Atom-Modell konnte man die Gruppierung der Elemente verfeinern und teilweise auch umsortieren.

Die Reihenfolge wird heute durch die Ordnungszahl (OZ) bestimmt. Diese leitet sich aus der Kernladungs-Zahl – also der Anzahl der Protonen im Atomkern – ab. Für die Gruppierung benutzte man nun die Anzahl der Außen-Elektronen. Sie machen die Spalten des modernen Periodensystems aus. Die Zeilen blieben weitgehend erhalten und konnten den Schalen im BOHRschen Atom-Modell zugeordnet werden. Deshalb stehen vor den Zeilen auch mal die Perioden-Nummern von 1 bis 7 oder das andere Mal die Schalen-Namen K bis Q.

Aufgaben:

1. Lerne die Namen und die Symbole der ersten 20 Elemente des Periodensystems der Elemente auswendig! (chemisches Grundwissen!)
2. Zeichne Dir das Periodensystem für die ersten drei Perioden auf! Trage in die Kästchen das Symbol, den Namen, die Ordnungszahl und das Atomgewicht ein!

Aggregatzustand

fest

flüssig

gasförmig

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Ia																VIIa	K
2		IIa																L
3																		M
4																		N
5																		O
6																		P
7																		Q

Zusammenfassung:

Was kann man aus dem PSE über ein Element ablesen?

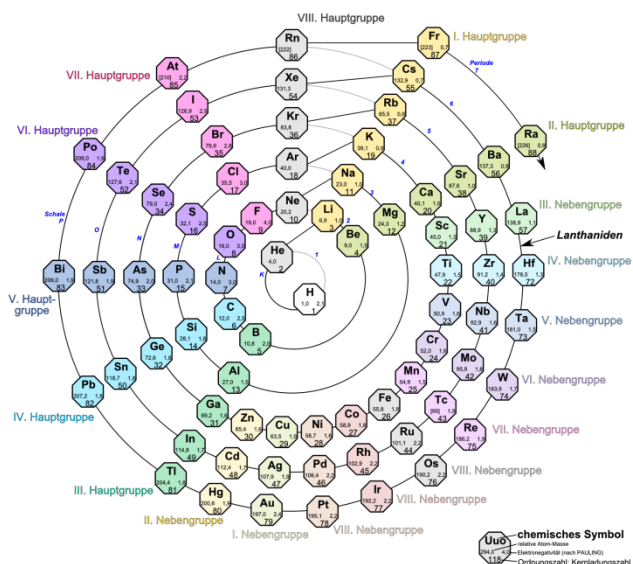
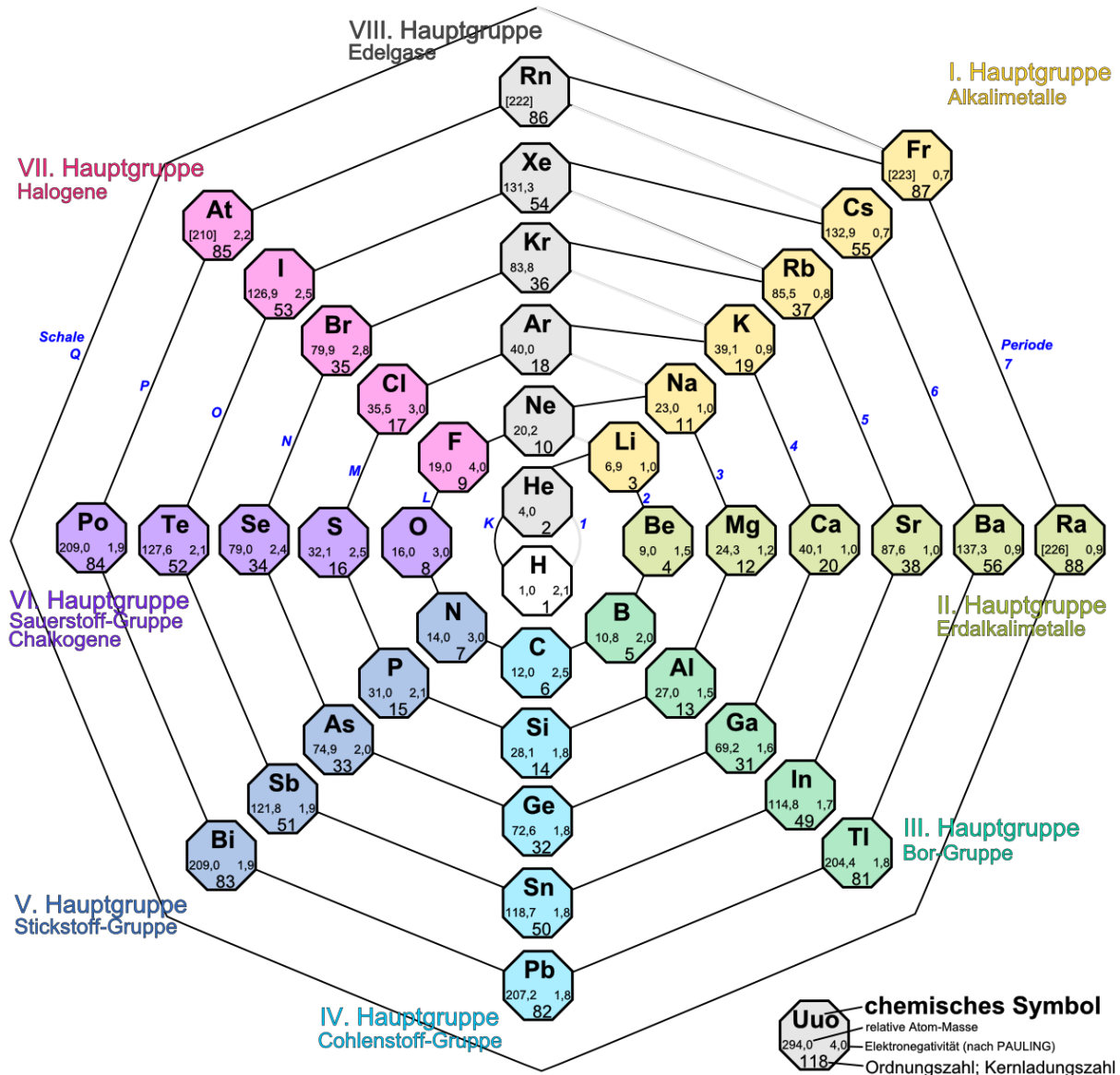
Beispiel: Natrium	Ordnungszahl →	11 22,99	← relative Atommasse
	Elektronegativität →	0,9 Na	← Symbol
	Name →	Natrium	(Farbe) → Charakter der Oxide

abgelesene Information	→	resultierende Informationen	
Symbol chemisches Zeichen	→	international vorgeschriebenes Symbol für das Element	
Bsp.: Na	→	das Element Natrium hat das chemische Symbol Na	
Ordnungszahl Kernladungszahl	→	- Anzahl der Protonen im Atomkern eines Atoms - Anzahl der Elektronen in der Atomhülle eines Atoms	
Bsp.: 11	→	- ein Natrium-Atom besteht im Kern aus 11 Protonen - ein Natrium-Atom besitzt 11 Elektronen in der Hülle	
Gruppennummer (römische Nummerierung)	→	- Anzahl der Außen-Elektronen eines Atoms - Anzahl der Elektronen auf der äußersten Schale eines Atoms	
Bsp.: I od. Ia	→	ein Natrium-Atom hat ein (1) Außen-Elektron	
	→	Größe der Ionen-Ladung - gilt für Gruppen I bis III → Elektronen werden abgegeben → Ion ist positiv geladen - für Gruppen V bis VII → 8 – Gruppennummer Elektronen werden aufgenommen → Ion ist negativ geladen - für Gruppennummer IV → Aufnahme oder Abgabe von 4 Elektronen möglich - Elemente der VIII. Hauptgruppe bilden keine Ionen	
Bsp.: I od. Ia	→	das Natrium-Atom gibt sein (1) Außen-Elektron ab und bildet ein positives Ion: $\text{Na} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{e}^-$	
weiter auf der nächsten Seite			

	→	• Wertigkeit des Elements gegenüber Wasserstoff • gilt für Gruppen I bis IV • für Gruppennummern von V bis VII muss $8 - \text{Gruppennummer}$ gerechnet werden	Wasserstoff hat selbst die Wertigkeit I
Bsp.: I od. Ia	→	• Natrium hat die Wertigkeit I gegenüber Wasserstoff	Oxidformel: Na_2O
Hinweis: arabische Nummern (1 - 18) geben nur die Spalte in der Tabelle (des PSE) an!			
Periode Zeilennummer	→	• Anzahl der Elektronen-Schalen eines Atoms • Nummer der äußersten Schale eines Atoms	
Bsp.: 1 (K)	→	• ein Natrium-Atom hat eine besetzte Elektronen-Schale (in der Atomhülle) • die Schale wird im BOHRschen Atom-Modell mit K bezeichnet	
relative Atom-Masse molare Atom-Masse	→	• durchschnittliche Masse eines Atoms in atomaren Masseneinheiten • Masse eines Mol ($6 \cdot 10^{23}$ Atome) in g	
Bsp.: 22,09	→	• ein Natrium-Atom hat eine durchschnittliche Masse von 22,09 u • ein Mol ($6 \cdot 10^{23}$ Na-Atome) haben eine Masse von 22,09 g	
Elektronegativität	→	• Fähigkeit eines Atoms die Elektronen einer Bindung zu sich ziehen	größte EN hat Fluor mit 4,0; kleinste EN hat Franzium mit 0,7
Bsp.: 0,9	→	• Natrium-Atome haben allgemein eine geringe Kraft die Elektronen aus Bindungen zu sich zu ziehen	
Hinweis: konkret muss für jede Bindung die Differenz zwischen den Elektronegativitäten der beteiligten Atome berechnet werden!			
Differenz = 0	→	kein Bindungspartner zieht die Bindung zu sich → Atom-Bindung	
Differenz $\geq 1,7$	→	der Bindungspartner mit der größeren Elektronegativität zieht die Bindung vollständig zu sich (Ionen-Bildung) → Ionen-Bindung	
Differenz $< 1,7$	→	der Bindungspartner mit der größeren Elektronegativität zieht die Bindung teilweise zu sich (Bildung von Polaritäten) → polare Atom-Bindung (Atom-Bindung mit teilweisem Ionencharakter)	

alternative Darstellungen des Periodensystems der Elemente:

sachlich orientieren sie sich immer an den Grundprinzipien des PSE von MENDELEJEV



Aufgaben:

1.
2.

3. *Finde weitere Darstellungs-Formen der chemischen Elemente! Welche Sachverhalte / Prinzipien bestimmen deren Aufbau! (Bei ev. Unverständnis Kriterien notieren und beim Kursleiter nachfragen! Einige Gruppierungen ergeben sich aus neueren Atom-Modellen!)*

für die gehobene Anspruchsebene:

x. Cosmic secret! Höchste Geheimhaltung! Wer kann den Text entschlüsseln?

D Arsen 15 Erbium Iod 8 de 7 16 Yttrium Schwefel Tellur m d 68 Eleme Stickstoff 52 23
Sauerstoff 7 Me Neodym eleje Vanadium 53 16 t e 49 e d Erbium 32 28 13 Schwefel Tellur 7
68 9 49 d Uran Stickstoff 32 7 49 Deuterium Erbium Kohlenstoff Helium m 53 e. 74 68 d 95
Iod t 92 Magnesium e 2 Stickstoff 19 a 7 Stickstoff, 23 er Schwefel te Wasserstoff t 21 1 8 7
Fluor 33 t d 53 e 1 ä 9 Tellur d 68 g 99 95 52 7 6 2 m Iod e.

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Welche Elemente gehören zu der Haupt- oder Neben-Gruppe? Wie heißt die Gruppe (Element-Familie)? Woher kommt der Name?

Welches sind die bekanntesten / bedeutendsten Elemente?

Wie sehen die Elemente aus? Gibt es Charakteristika?

Gibt es einfache Nachweise / Erkennungs-Tests usw. usf. für die Elemente?

Welche Elemente sind in der schulischen Chemikalien-Sammlung vorhanden? Warum fehlen die anderen?

Welche gemeinsame / charakteristische Merkmale hat die Gruppe?

Welche typischen Tendenzen von Strukturen, Eigenschaften usw. usf. gibt es innerhalb der Gruppe?

noch bessere Stelle finden (nach "Ionen-Bildung")!

Materialien (z.B. für flipped classroom)		
	Bau ein Atom	
	[Phet – Interactive Simulations]	*****
	https://phet.colorado.edu/de/simulations/build-an-atom	
	Aufgaben siehe weiter unten!	
	☐	⌚ min *
	☐	⌚ min *

Aufgaben zur Phet-Simulation "Bau ein Atom":

1. *Probiere die Simulation aus!*
2. *Lege Dir ein Dokument in Deiner bevorzugten Text-Verarbeitung an! Benenne die Datei "Bau ein Atom—**Dein Name**"! Dokumentiere Deine Arbeitsergebnisse immer, indem Du zuerst die Aufgabe notierst und dann dazu eine Bildschirmskopie ergänzt!*
(Eine Bildschirm-Kopie des aktuellen Fensters erhältst Du mit der Tastenkombination [Alt] + [Druck] oder des gesamten Bildschirm's mit der Taste [Druck]. Die Bildschirmskopie ist dann in der Zwischenablage abgelegt. Den Inhalt der Zwischenablage kannst Du dann in Dein Dokument "Einfügen". Eine weitere Möglichkeit zum Erhalten einer Bildschirmskopie hast Du jederzeit beim 3-Punkte-Menü neben dem PHET-Symbol.)
3. *Erfülle die folgenden Aufgaben mit dem Programmteil "Bau ein Atom"!*
 - a) *Erstelle ein Stickstoff-Atom!*
 - b) *Baue ein Beryllium-Ion zusammen! (Achte auf die exakte Ladung!)*
 - c) *Erstelle das Ion $^{14}\text{N}^{3-}$!*
4. *Erfülle die folgenden Aufgaben mit dem Programmteil "Symbol"!*
 - a) *Baue das Atom ^{11}B zusammen!*
 - b) *Bilde das Ion $^{18}\text{O}^{2-}$!*
 - c) *Baue ein stabiles Atom zusammen, dass die Massenzahl 19 hat!*
5. *Spiele 1x bei "Spiel" alle 4 Spiele durch und dokumentiere das Endergebnis (Ansicht mit den Sternen) als Bildschirmfoto!*

x. Metalle

Metalle

Einteilung, Verwendung und Bedeutung

- Leicht- und Schwermetalle
- unedle Metalle und Edelmetalle
- Legierungen

Eigenschaften

- metallischer Glanz
- elektrische Leitfähigkeit
- Wärmeleitfähigkeit
- Verformbarkeit
- Schmelz- und Siedetemperaturen
- Dichte
- Härte

SE/DE: Ermitteln einiger Eigenschaften der Metalle

Bau:

- Kern-Hülle-Modell mit Atomkern und Protonen sowie Atomhülle und Elektronen
Die räumlichen Darstellungen sind zu nutzen

Metallbindung als chemische Bindung

- Zusammenhang zwischen Metallbindung und Eigenschaften
Die elektrische Leitfähigkeit, die Verformbarkeit, die Wärmeleitfähigkeit und der metallische Glanz sind abzuleiten.

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Woran erkennt man Metalle? Haben sie alle gemeinsame Eigenschaften?

Woran unterscheidet man Metalle und Nichtmetalle?

Wie kann man Metalle einteilen?

Können Metalle überhaupt chemische Reaktionen eingehen?

Wieviel Gold befindet sich im Ozean-Wasser?

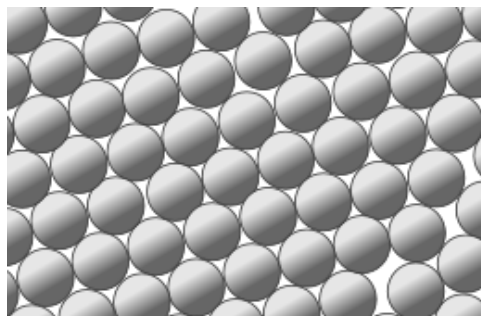
Besteht der Mensch eigentlich auch aus einem bestimmten Anteil Gold und Silber?

Aufgaben:

1. Welche Merkmale verbindet man mit Metallen? Mache einen Suggestions-Test in Deiner Familie! Notiere jeweils immer die ersten drei Sachen, die den befragten Personen als erstes einfallen!
2. Erstelle eine kleine Foto-Dokumentation zu Metallen in Haushalt, Sport, Hobby, Hof und Garten! Sammeln Sie die Foto's in einem Text-Dokument! Nummerieren Sie die Foto's durch! Schreibe zu jedem Foto, um welches Metall es sich handelt / handeln soll!
Erstelle im Dokument eine Tabelle, in der die verschiedenen Metalle und die Nummern der passenden Foto's ersichtlich sind!
Gebe die drei häufigsten Metalle in Deinem Lebens-Umfeld (lt. der Foto-Dokumentation) an!

3. Überlege Dir, woran Du die Metall-Gegenstände erkannt hast! Notiere die Erkennungs-Merkmale
4. Recherchiere, aus welchen Elementen unsere Erde besteht! Berechne den prozentualen Anteil aller Metalle zusammen sowie der einzelnen Metalle an der Masse der Erde (Es reicht die wichtigsten 7 bis 8 Elemente zu betrachten!)

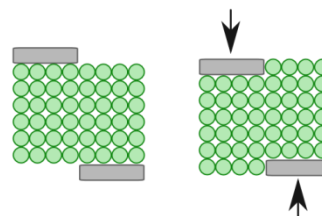
von den über 100 Elementen, die wir heute kennen, sind die überwiegende Zahl Metalle.



Teilchen-Modell eines Metall's

Sie sind sehr gut elektrisch leitfähig, sind biege-verformbar (plastisch verformbar) und zeigen (zumindestens an frischen Schnittstellen) einen metallischen Glanz. Weiterhin leiten sie auch die Wärme sehr gut und sind vorrangig hellgrau bis silber-farbend. Nur wenige Metalle sind andersfarbig (Kupfer: rötlich; Gold: gelblich).

bis auf Quecksilber alle bei Zimmer-Temperatur fest
relativ hohe Siede-Temperaturen



Scherbruch-Test bei Metallen:
Atom-Lagen verschieben sich
bei Einwirkung von Scherkräften → Metalle sind verformbar

Die Gegengruppe sind die **Nichtmetalle**. Sie leiten den Strom und die Wärme nur geringfügig. Ausnahme ist hier der Kohlenstoff, der – zumindestens in der Form Graphit – den Strom gut leitet. Ihnen fehlt es auch an metallischem Glanz, dafür sind sie aber häufig andersfarbig (Schwefel: gelb; Phosphor: schwarz, rot, weiß; Chlor: grünlich; ...)

Bei Zimmertemperatur zeigen die Nichtmetalle unterschiedliche Aggregatzustände (4x fest; 1x flüssig (Brom); 11x gasförmig).

Neben den klassischen Metallen und Nichtmetallen gibt es noch Elemente, die sowohl metallische als auch nichtmetallische Eigenschaften zeigen. Sie werden **Halbmetalle** genannt. Zu ihnen gehören z.B. Bor, Silicium, Germanium, Selen und Antimon.

Definition(en): Metall

Metalle sind Stoffe, die i.A. durch eine gute bis sehr gute elektrische Leitfähigkeit, eine hohe Wärme-Leitfähigkeit, einen metallischen Glanz und eine gute Verformbarkeit charakterisiert sind.

Metalle sind feste, nicht-durchsichtige, meist silbrig bis matt grau glänzende, Wärme und Strom gut leitenden, verformbare und schmelzbare Stoffe.

Einteilung nach der Reinheit

- **Rein-Metalle** bestehen nur aus einem Element (Metall)
Vertreter: alle klassischen metallischen Elemente
- **Legierungen** bestehen aus mindestens zwei Metallen
z.B.: Bronze, Messing, Weißgold, Lötzinn, Stahl, Amalgam

Einteilung der Metalle in Abhängigkeit von der Dichte

- **Leichtmetalle** Dichte kleiner als 5 kg/dm^3 ($= 5 \text{ g/cm}^3$) bzw. 5 kg/l
z.B.: Lithium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Titan
- **Schwermetalle** Dichte größer als 5 kg/dm^3 bzw. 5 kg/l
 - **leichte Schwermetalle** Dichte zwischen 5 und 10 kg/dm^3
z.B.: Zink, Chrom, Eisen, Kobalt, Nickel, Kupfer
 - **schwere Schwermetalle** Dichte zwischen 10 und 15 kg/dm^3
z.B.: Silber, Blei, Quecksilber
 - **sehr schwere Schwermetalle** Dichte zwischen 15 und 20 kg/dm^3
z.B.: Uran, Gold
 - **schwerste Metalle** Dichte größer als 20 kg/dm^3
z.B.: Platin, Wolfram

Einteilung nach dem "Charakter"

- **edle Metalle**
Edelmetalle sehr korrosionsbeständig; reaktionsträge
kommen in der Natur auch rein (gediegen) vor
keine Auflösung in Wasser
z.B.: Silber, Gold, Platin
auch: Kupfer, Quecksilber
- **unedle Metalle** korrodieren leicht; reaktionsfreudig
kommen in der Natur nicht als Metall vor
lösen sich in Wasser
z.B.: Lithium, Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Zink, Aluminium
auch: Nickel, Kobalt, Eisen

Einteilung nach der elektrischen Leitfähigkeit

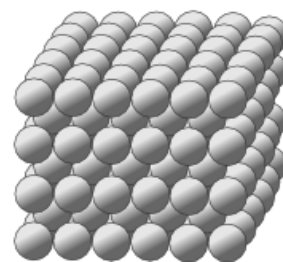
- Leiter
- Halbleiter

Aufgaben:

1. Skizziere das PSE-Raster ab und kennzeichne die unedlen Metalle durch eine blaue Schrift (für das Symbol) und eine mit Bleistift angegraute Element-Karte. Kennzeichne dann die edlen Metalle durch eine gelb hinterlegte Element-Karte und rote Schrift für das Symbol!

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I																		VIIIa
1		II											IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	
2																		
3			IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb		VIIIb		Ib	IIb						
4																		
5																		
6																		

2. Beschreibe die vorrangige Lage der unedlen und edlen Metalle im PSE!
3. Der Chemie-Schlaumeier der Klasse hat im Tafelwerk die Dichte von Blei mit $11,35 \text{ kg/dm}^3$ und für Aluminium mit $2,7 \text{ kg/dm}^3$ gefunden und möchte gerne wissen, was nun schwerer ist, 1 kg Aluminium oder 1 kg Blei? Erkläre es ihm!



reine Metalle als chemische Elemente

bestehen nur aus einer Art von Atomen

bestehen nur aus Atomen mit einer bestimmten Protonen-Zahl (Kernladungs-Zahl)

Definition(en): chemisches Element

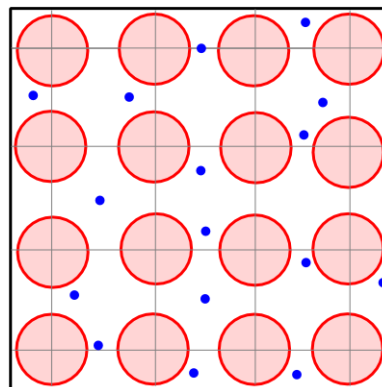
Ein chemisches Element ist ein Stoff, der nur aus einer Art Atomen (mit gleicher Kernladungszahl bzw. Protonenzahl) zusammengesetzt ist.

Aufgaben:

1. *Ermittle, wieviele Nichtmetalle bekannt sind! Erläutere, wie Du darauf gekommen bist!*
2. *Ermittle nun, wieviele Halbmetalle bekannt sind! Erläutere Dein Vorgehen!*

Definition(en): Metall-Bindung

Die Metall-Bindung ist eine chemische Bindungs-Art, bei der durch elektrostatische Kräfte Metall-Atomrümpfe (Metall-Kationen) und frei bewegliche Elektronen zusammengehalten werden.

**Definition(en): Kristall**

Ein Kristall ist eine regelmäßige Anordnung von Teilchen atomarer Größenordnung (Atomen, Moleküle, ...) als Festkörper.

Kristalle sind Festkörper, in denen sich (meist gleichartige) Teilchen in einer geordneten Struktur zusammengelagert haben.

Ein Kristall ist ein stofflich homogener Körper, bei dem die physikalischen und chemischen Eigenschaften mindestens über bestimmte Raumrichtungen einheitlich sind.

Position der (Hauptgruppen-)Metalle und Halbmatalle im Periodensystem

HGr. P	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1								
2	3 Li	4 Be	5 B					
3	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si				
4	19 K	20 Ca	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se		
5	37 Rb	38 Sr	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te		
6	55 Cs	56 Ba	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	
7	87 Fr	88 Ra						



Steinsalz-Kristalle (Halit)
Q: de.wikipedia.org (w?odi)

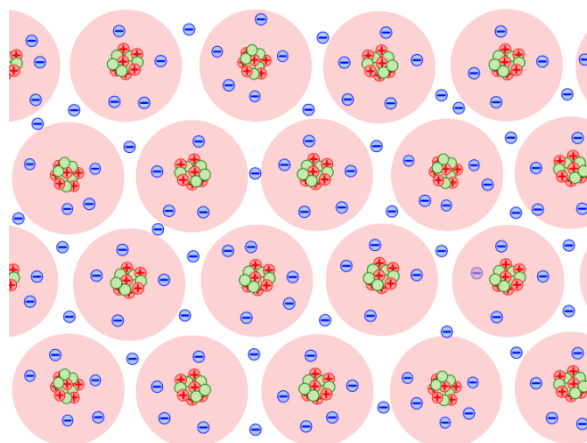
Aufgaben:

1. *Erkläre, warum z.B. Silizium als Halbmetall gilt!*

2.

für die Interessierten:

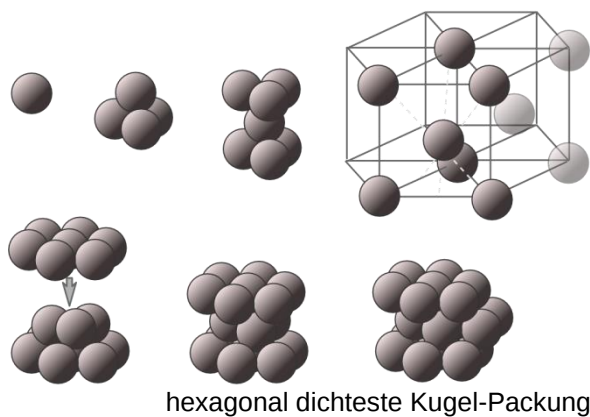
x. *Finde heraus, wie gross die größten / längsten (natürlichen) Kristalle auf der Erde sind, aus welchem Material sie sind und wo sie zu finden sind!*



Kugel-Packungs-Modell

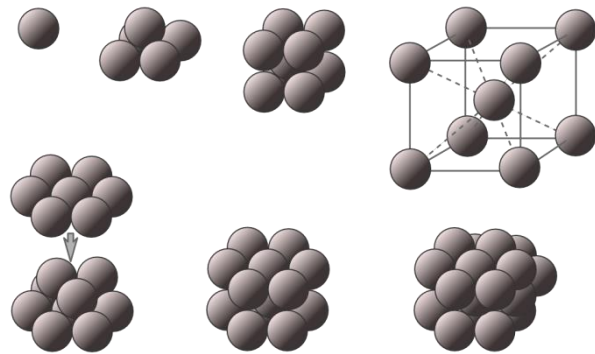
zum Erkennen der Strukturen verwenden wir immer kleinst-mögliche Gruppen von Atomen

bei der absolut dichtesten Kugel-Packung wechseln sich immer eine Schicht aus 3 in einem Dreieck angeordneten Atome (Kugeln) mit einer ab, die nur aus einem Atom (einer Kugel) besteht
eine solche Dreiecks-Pyramide (auch Tetraeder genannt) ist die kleinste Baueinheit der dichtesten Kugel-Packung



Erweitert man die unterste Schicht auf 7 Kugeln, dann passen exakt 3 Kugel die darauffliegende. Es ergibt sich eine Waben-artige Struktur aus 6 außen liegenden Kugeln. Man nennt die Struktur deshalb auch hexagonal dichteste Kugel-Packung.

Ordnet man in der untersten Schicht 4 Kugel in Rechteck-Form an, dann lässt sich in der nächsten Schicht ebenfalls 1 Kugel darauflegen. Dieses Gebilde entspricht einer üblichen (Vierecks-)Pyramide. Letztendlich enthält man mit weiteren Kugeln eine Würfel-förmige Struktur. Die so erzielte Kugel-Packung wird kubisch-raumzentriert genannt. Etwas seltener – weil es eben verwirrt – spricht man von der kubisch dichtesten Kugel-Packung



kubisch raumzentrierte Kugel-Packung

Definition(en): Bindung

Eine Bindung ist die relativ stabile und feste Verknüpfungen (Verbindung) zweier Atome.

delokalisierte Elektronen in einer Elektronen-Wolke



**Der Bau eines Stoffes
bestimmt seine Eigenschaften!**

Ursache für die elektrische Leitfähigkeit ist die Elektronen-Wolke / sind die frei beweglichen Elektronen

Bau eines Metall(-Gitters)

Definition(en): Metall-Bindung

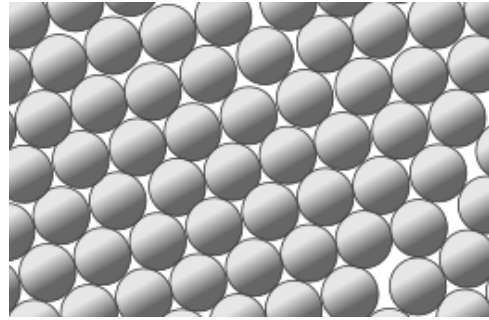
Eine Metall-Bindung ist die relativ stabile und feste Verknüpfungen (Verbindung) von positiv geladenen Metall-Atomrümpfen (Metall-Kationen, Metall-Ionen) und frei-beweglichen Elektronen (negativ geladen).

Die Metall-Bindung ist eine Bindung (/feste elektrostatische Beziehung) zwischen positiv Metall-Atomrümpfen (Metall-Kationen) und frei beweglichen Elektronen (in einer Elektronen-Wolke).

wichtige Metalle und ihre Eigenschaften

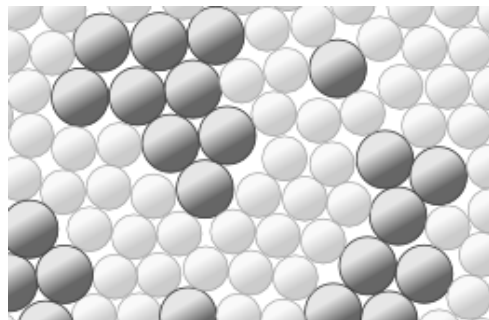
Name	Sym- bol	optische E.	Aggr.- zustand	Härte n. MOHS		T _{FP} [°C]	T _{KP} [°C]	Dichte [g /cm ³]	leitet Strom			
Aluminium	Al	hellgrau / silbrig matt glänzen	fest		++	660	2467	2,70	++			
Blei	Pb	dunkelgrau, glän- zend	fest		+	327	1751	11,34	+			
Eisen	Fe	grau, glänzend	fest		++++	1535	2750	7,87	+			
Gold	Au	gelb glänzend	fest		+++	1063	2807	19,32	+++			
Kupfer	Cu	rötlich (braun) glän- zend	fest		+++	1083	2567	8,92	+++			
Lithium	Li	silbrig glänzend	fest		++				++			
Magnesium	Mg	matt silbrig glän- zend	fest		+++	649	1107	1,74	++			
Quecksilber	Hg	silbrig glänzend	flüssig		-	-39	357	13,55	+++			
Silber	Ag	silbrig glänzend	fest		++				+++			
Silizium	Si	silbrig glänzend			+++				+			
Zink	Zn	grau glänzend	fest		+++	420	907	7,14	++			
Zinn	Sn	hellgrau glänzend	fest		++	232	2260	7,29	++			

x.y. reine Metalle und Legierungen



Teilchen-Modell eines Metall's

Definition(en): reines Metall
Reine Metalle sind Stoffe, die (im Gegensatz zu Legierungen) nur aus einem (metallischem) Element bestehen.



Teilchen-Modell einer Legierung

Definition(en): Legierung
Legierungen sind stabile Gemische aus mindestens einem (reinen) Metallen mit einem anderen Element mit gemeinsamen (Metall-)Bindungen.
Legierungen sind (normalerweise verfestigte) Lösungen / Schmelzen mindestens eines Metalls in einem anderen.
Legierungen sind feste Lösungen oder mehrphasige Feststoffe aus einem mindestens einem Legierungs-Element in einem Basis-Metall

Guss-Legierungen eignen sich vorrangig zum Gießen (und noch geringfügigen Verformungen)

z.B. Gusseisen (Grauguss); Bronze; Messing; Rotguss; Aluminium-Silicium-Legierungen

Knet-Legierungen sind besonders für Umformungen (Biegen, Schmieden, Walzen) brauchbar

z.B. Stahl; Kupfer-Knetlegierungen; Magnesium-Knetlegierungen; Aluminium-Knetlegierungen

natürliche Legierungen

Elektum (Gold-Silber-Legierung)

Stilbarsen (Antimon-Arsen-Legierung)

$\text{Cu} + \text{Sn} \rightarrow \text{Bronze (CuSn)}$

$\text{Cu} + \text{Zn} \rightarrow \text{Messing (CuZn)}$

Amalgam (Quecksilber-Legierungen)

verschiedene andere Metalle als Legierungs-Metalle (Na, Zn, Th, Al, Au, ...)

Zahn-Amalgame enthalten neben Quecksilber auch Silber, Kupfer, Indium, Zinn und / oder Zinn

Experiment zu Legierung

in erwärmte (?konzentrierte) Kalilauge wird zuerst Zinn-Pulver gegeben

dann wird ein Ende eines Cu-Blechstreifens reingehalten (→ Cu erhält Zinn-Schicht)

danach leicht abspülen und durch die Brennerflamme ziehen (→ Cu und Zinn bilden Messing-Schicht)

Name der Legierung	Zusammensetzung (Bestandteile)	besondere Eigenschaften	Verwendung	
Bronze	86 – 94 % Cu; + Sn	dunkeler, goldiger Glanz Korrosionsbeständig	Glocken; Münzen; Maschinen-Lager	
Chirurgie-Stahl	< 13 % Ni	leicht bearbeitbar, unempfindlich, gute Hautverträglichkeit	für Knochen-Verbindungen; Schrauben, ... Schmuck	
Chrom-Nickel-Stahl	55 % Fe; 25 % Cr; + 20 % Ni	hart, zäh, Hitze-, Rost- und Chemikalien-beständig	Chemie-Anlagen	
Duraluminium	max. 90 % Al + Mg, Cu		Flugzeug- und Boots-Bau; Gehäuse; Leitern; Haushaltsgegenstände	
Edelstahl	+ 20 % Cr; + Ni; ++	nicht rostend; behält Glanz	Stahlbauten ohne extra Korrosionsschutz; Großküchen-Geräte	
Hartblei	≈ 90 % Pb; + Sb	härter als Blei	Akkumulatoren-Platten; Kabel-Mäntel	
Hochleistungs-Schnellarbeits-Stahl (HSS)	+ Co, +W, +Va	sehr große Härte		
Konstantan	60 % Cu; 40 % Ni	stabiler elektrischer Widerstand	elektrische Widerstände	
Lötzinn Lot	≈ 60 % Sn; ≈ 36 % Pb; + Sb	sehr geringe Schmelz-Temp.	Löten von elektrischen Verbindungen (Leiterplatten)	
Messing	63 – 72 % Cu; + Zn	goldener Glanz	Schrauben; Beschläge; Tür-Griffe; Maschinenteile; Uhrwerke; Armaturen	
Münzmetall	≈ 55 % Cu; + Sn	stabiler Glanz; Korrosionsbeständig	Münzen	
Neusilber	73 – 80 % Cu; 15 – 20 % Ni; max. 7 % Zn	Korrosionsbeständig	Besteck; feinmechanische Geräte	
Weißgold	≈ 70 % Au; max 20 Ag; + Ni	Korrosionsbeständig	Schmuck; Münzen	



Die Eigenschaften eines Stoffes bestimmen seine Verwendung!

Metalle und ausgewählte Legierungen

						Legierungen				
Metall	Symbol	T _F [°C]	T _{KP} [°C]	ρ [g / cm ³]	Verwendung	Messing	Bronze	Weißgold	Gusseisen	Magnesium-Knetlegierung
Aluminium										
Blei										
Chrom										
Eisen										
Cobalt										
Magnesium										
Molybdän										
Nickel										
Tantal										
Titan										
Vanadium										
Wolfram										
Zink										
Zinn										
					weitere Bestandteile					
					Legierungs-Formel	z.B.: CuZn37	CuSn			
					Eigenschaften					
					Verwendung					

Silber
Calcium
Gold
Kalium
Natrium

x.y.z. Münz-Metalle

früher vorrangig Kupfer, Silber und Gold
Münze hatte somit einen echten Wert

heutige Münzen sind weitestgehend Billig-Produkte
trotzdem High-Tech-Produkte
Innen-Körper und Außen-Ring bei höherwertigen Münzen
ev. mehrschichtiger Aufbau
Verwendung von stabilen und ungiftigen Legierungen

Wert einzelner Münzen unter dem Metall-Wert (Kupfer-farbende Cent-Münzen)
deshalb z.B. auch ein großes Interesse diese Münzen aus dem Verkehr zu ziehen, wie es
schon einzelne nordeuropäische Länder vorgemacht haben

Wert	d [mm]	h [mm]	m [g]	Material (innen)	Mat. (außen)		
1 Cent	16,25	1,67	2,30	Stahl mit Cu-Auflage			
2 Cent	18,75	1,67	3,06	Stahl mit Cu-Auflage			
5 Cent	21,25	1,67	3,94	Stahl mit Cu-Auflage			
10 Cent	19,75	1,93	4,10	Nordisches Gold			
20 Cent	22,25	2,14	5,74	Nordisches Gold			
50 Cent	24,25	2,38	7,80	Nordisches Gold			
1 Euro	23,25	2,33	7,50	dreischichtig: Cu-Ni; Ni; Cu-Ni	Ni-Messing		
2 Euro	25,75	2,20	8,50	dreischichtig: Ni-Mes- sing; Ni; Ni-Messing	Cu-Ni		

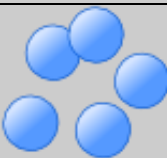
Aufgaben:

1. Recherchiere, worum es sich bei Nordischem Gold handelt!
- 2.
- 3.

Exkurs: Wiederholung Teilchen- und Atom-Modell

Das **Teilchen-Modell** nimmt für alle Stoffe kleinste – "atomare" – Bauelemente an, die im Normalfall Kugel-förmig sind. Es sind auch andere Grundformen möglich. Die alten griechischen Philosophen stellten sich auch solche Grundformen, wie Würfel, Tetraeder oder Zylinder vor. Das allgemeine Bauteil (also eine kleine Grundform) ist immer ein einzelnes Teilchen, das in der Stoff-Repräsentation (für uns sichtbare Stoff-Probe) in einer Vielzahl vorkommt. Die Stoff-Eigenschaften des gemeinten Stoff's werden z.B. durch die Größe und Gestalt, aber auch durch die Anordnung bestimmt.

Das **Atom-Modell** geht von (echten) Atomen, als kleinste Teilchen aus. Die Atome können einzeln oder in abzählbar großen Gruppen vorkommen. Dann nennen wir die Gruppen Moleküle. Stoffe können aus den gleichen Atomen bestehen. In dem Fall handelt es sich um chemische Elemente. Sind die Atome gemischt, dann sprechen wir von Verbindungen.

Stoff	Teilchen-Modell	Atom-Modell
Magnesium		
	die kleinsten Einheiten des Magnesium sind ev. Kugel-förmige Magnesium-Teilchen	Magnesium besteht aus Magnesium-Atomen als kleinste Bauelemente
Sauerstoff		
	Sauerstoff ist aus Sauerstoff-Teilchen zusammengesetzt, die wahrscheinlich Kugel-förmig sind	Sauerstoff-Atome sind die kleinsten Baugruppen des Sauerstoff, wobei immer zwei Atome zusammen als ein Molekül vorkommen
Wasser		
	im Wasser sind die kleinsten Bauelemente die Wasser-Teilchen, die Kugel-förmig aussehen	die kleinsten Einheiten des Wasser's sind Wasser-Moleküle, die aus einem Sauerstoff- und zwei Wasserstoff-Atomen bestehen
Magnesiumchlorid		
	Magnesiumchlorid ist aus ev. Kugel-förmigen Magnesiumchlorid-Teilchen aufgebaut (da Magnesiumchlorid aus würfelförmigen Kristallen besteht, ist auch ein Feinbau aus winzigen Magnesiumchlorid-Würfeln denkbar)	bei Magnesiumchlorid sind die ursprünglichen Atome von Magnesium und Chlor in einer regelmäßigen Struktur angeordnet

Beide Modelle haben ihre Berechtigung in der Wissenschaft Chemie. Manchmal reicht es, auch komplizierte Stoffe nur einfach als Teilchen zu betrachten. In den meisten Fällen nehmen wir aber das aktuellere Atommodell. Mit ihm lassen sich einfach viel mehr Sachverhalte erklären und es spiegelt auch mehr Merkmale der Stoffe wieder.

Aufgaben:

1. Erstelle in Deinem Chemie-Hefter eine (zum Exkurs) vergleichbare Gegenüberstellung der folgenden Stoffe!

Aluminiumbromid, Stickstoff, Kohlendioxid, Argon, Eisen

2. Vergleiche das Teilchen- mit dem Atom-Modell in tabellarischer Form!



Alle Stoffe sind aus Atomen aufgebaut!



Elemente bestehen aus einer (Grund-)Art von Atomen!



Verbindungen enthalten mehrere Arten von Atomen!

Aufgaben:

1. Erstelle (nach der folgenden Beschreibung sowie anhand des Beispiel's) einen Steckbrief zu einem beliebigen Metall (außer Radium!)

2. Erstelle ein max. zweiseitiges Handout zu Metallen (quasi ein Schummelzettel für die Leistungskontrolle)!

3. Stelle in einer Präsentation (z.B. PowerPoint, Impress, Prezi, Presentation, ...) zu einem Metall! Stelle das Metall in einem Kurzvortrag nur anhand der Präsentation vor!

Kontext – Warum fließt Strom durch Kabel?

fächerübergreifend mit Physik

Praktisch genutzte Stromleiter [Physik]

Es muss auch der Aspekt der Wirtschaftlichkeit und des Rohstoffverbrauchs thematisiert werden.

- **Kupferkabel**
- **Aluminiumkabel**
- **Goldflächen**

Äußere und innere Isolierung

DE: Stromfluss durch verschiedene Teile eines Kabels

Aufbau von Metallgittern [Physik]

- **Metall-Ionen**
- **frei bewegliche Elektronen**

Atombau und PSE am Beispiel von Aluminium

Räumliche Darstellungen sind zu neutzen

- **Atombau als Schalenmodell**
- **Aufbau des Periodensystems der Elemente**
Der Begriff Element wird eingeführt
- **chemisches Element und Symbol**
- **Zusammenhang Atombau und Stellung im PSE**
 - **Anzahl der Protonen und Elektronen, Ordnungszahl**
 - **Anzahl der Außenelektronen, Hauptgruppennummer, Elektronenschreibweise**
 - **Anzahl der Elektronenschalen, Periodennummer**
- **Aufbau des PSE**

Bildung des elektrisch positiv geladenen Aluminium-Ions als Metall-Ion

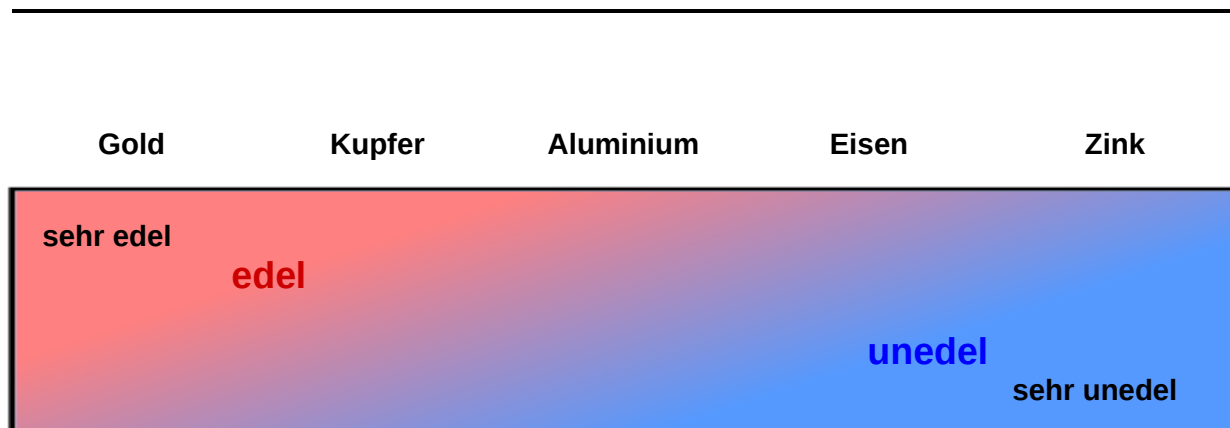
Die Ionenbildung bei Kupfer und Gold ist beschreibend zu betrachten

Modell des elektrischen Stroms in Metallen [Physik]

Der Zusammenhang zwischen Bau der Metalle und der elektrischen Leitfähigkeit muss hergestellt werden.

- **Spannungsquelle als Antrieb des Stromes**
- **Elektronen als bewegliche Ladungsträger**
- **schwingende Metall-Ionen als Hindernisse**

SE: Untersuchung der elektrischen Leitfähigkeit verschiedener Leiter und Isolatoren - qualitativ

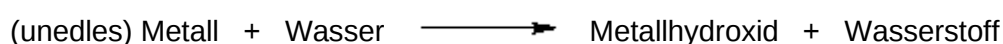


Als Beispiel bieten wir hier einen Steckbrief zum Metall Radium an. Dieser Steckbrief kann als Muster für andere Steckbriefe genutzt werden.

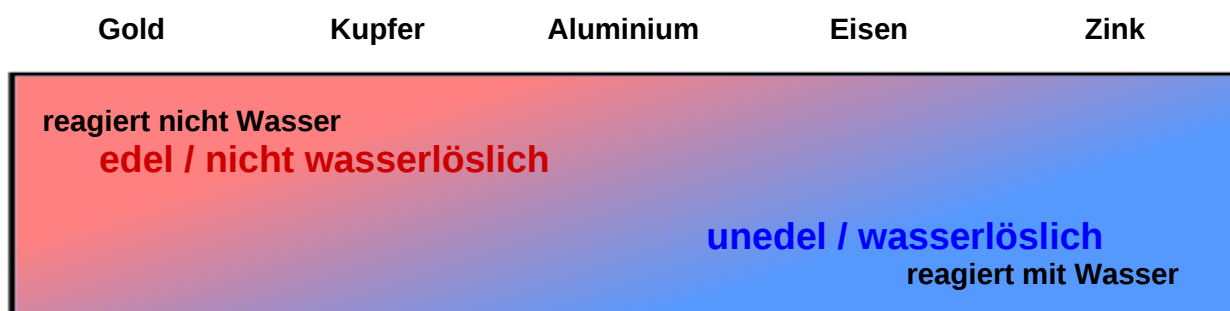
x.y. chemische Eigenschaften der Metalle

Reaktion mit Wasser

unedle Metalle lösen sich in Wasser mehr oder weniger langsam auf
 prüft man aber die Lösung später durch Verdampfen, dann findet man kein Metall mehr vor
 scheinbar ist es zu einer grundlegenden Veränderung gekommen
 der Rückstand beim Verdampfen ist neuer Stoff mit anderen Eigenschaften
 hier liegt also kein physikalischer Vorgang mehr vor, sondern eine chemische Reaktion
 beobachtet man das Auflösen genau, dann kann man auch eine Gas-Bildung feststellen
 das gebildete Gas ist Wasserstoff



Was genau ein Metallhydroxid ist, lernen wir später kennen (→ [📖 Chemie Kl. 9](#)).



Reaktion mit Luft und Sauerstoff

viele Metalle verändern ihr Aussehen an der Luft
meist läuft dieser Vorgang recht langsam ab

einige Metalle – wie z.B. Magnesium – reagiert nach dem Erhitzen deutlich heftiger
sie verbrennen
praktisch wird nur der Sauerstoff aus der Luft gebraucht

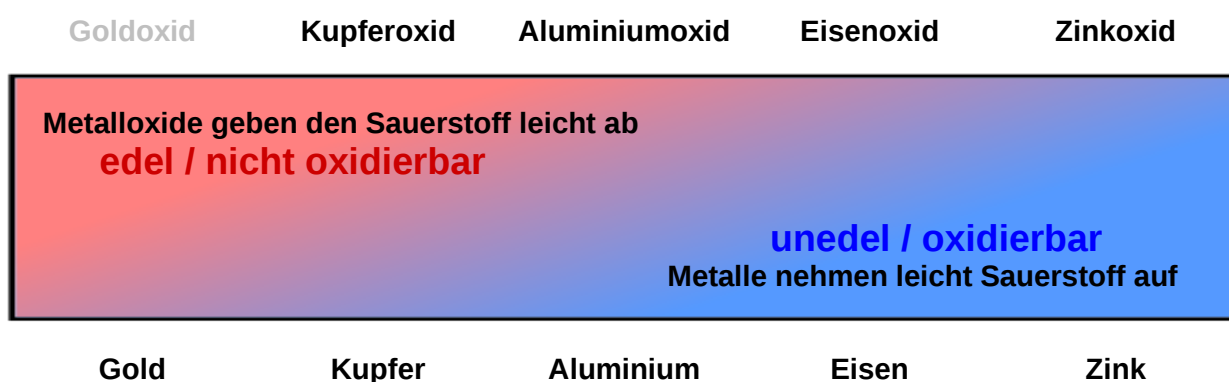
(unedles) Metall + Sauerstoff $\longrightarrow$ Metalloxid ; exotherm

Immer wenn ein Stoff mit Sauerstoff reagiert, dann sprechen die Chemiker von einer Oxidation. Oxidationen sind immer exotherm.

besonders heftige Reaktionen gibt es, wenn man Metalle in reinem Sauerstoff verbrennt
egal ob der Vorgang langsam oder schnell / heftig abläuft, die gebildeten Stoffe sind Metalloxide

das sind Verbindungen aus dem Metall und Sauerstoff.

Dazu später mehr ($\rightarrow$ [x.y. Metalloxide](#))



Oft verlaufen Oxidationen ganz langsam und auch schon bei Zimmer-Temperatur. Das Rosten von Eisen ist so ein Beispiel. Eine praktische Anwendung dafür ist die Nutzung von reinem Eisen in bestimmten Wärme-Pflastern. Sobald sie ausgepackt werden und mit Luft in Berührung kommen, bilden sie eine heilsame Wärme. Da irgendwann das gesamte Eisen aus dem Pflaster oxidiert ist, hört dann auch die Wärme-Bildung auf.

Zuhause-Versuch: Wärme-Entwicklung eines Wärme-Pflaster's

Durchführung:

- Wärme-Pflaster auspacken und um ein Marmeladen-Glas od.ä. wickeln (ev. mit Klebestreifen fixieren)
- Marmeladen-Glas mit Wasser füllen
- Thermometer in das Wasser stellen
- $\rightarrow$ **Beobachtung / Messung in Abständen von 15 bis 30 min**
- Auswertung anhand eines Diagramm's aus den Beobachtungs-Daten

Lehrer-Versuch: Wärme-Pflaster in Sauerstoff-Umgebung

Durchführung:

-
- Wärme-Pflaster auspacken
 - Marmeladen-Glas / Becherglas od.ä. mit Wärme-Pflaster umwickeln (ev. mit Klebestreifen fixieren)
 - vorbereitetes Glas mit Pflaster in eine pneumatische Wanne od. großes Becherglas mit Glasplatte als Deckel oder einem Exzikator stellen (notfalls geht auch eine entsprechend große Pappe)
 - Thermometer ins Wasser stellen
 - **Beobachtung / Messung**
 - Wanne mit Sauerstoff füllen und abdecken
 - **Beobachtung / Messung in Abständen von 5 min**
 - Auswertung anhand eines Diagramm's aus den Beobachtungs-Daten

Radium

Allgemeines:

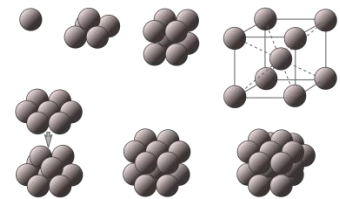
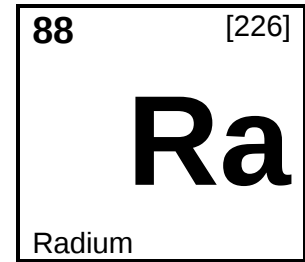
- Name von "radioaktiv" abgeleitet → "das Strahlende"
- radioaktiv strahlendes Element
- 1898 von Marie Curie und Pierre CURIE entdeckt
- es gibt verschiedene Isotope mit unterschiedlichem radioaktivem Zerfall
- Paranüsse enthalten erhöhte Radium-Menge

Vorkommen / Darstellung / Herstellung:

- wird aus dem Mineral Pechblende gewonnen
- eines der seltensten (natürlichen) Elemente auf der Erde

Bau / Zusammensetzung:

- Feststoff
- kubisch, raumzentrierte Anordnung der Radium-Atome → Metall-Kristall
- Atom besteht im Kern aus 88 Protonen und 125 bis 142 Neutronen → verschiedene Isotope
- Atomhülle aus 7 Schalen zusammengesetzt auf denen sich 2, 8, 18, 32, 18, 8 und 2 Elektronen befinden
- 2 Außen-Elektronen → zweiwertig



Eigenschaften:

- silbrig-weißes, metallisches Aussehen
- Dichte: 5,5 g/cm³ (vergleichbar mit: Iod, Selen, Titan)
- Atommasse: 226 u; molare Masse: 226 g/mol
- leitet den elektrischen Strom und die Wärme gut
- weich, sehr unedel
- Flammenfärbung: karminrot
- Schmelztemperatur: 700 °C
- Siedetemperatur: 1737 °C
- bei Kontakt mit Sauerstoff / Luft oxidiert es sofort

$$\text{Radium} + \text{Sauerstoff} \longrightarrow \text{Radiumoxid} \quad ; \text{Energie-Abgabe}$$
- reagiert heftig mit Wasser

$$\text{Radium} + \text{Wasser} \longrightarrow \text{Radiumhydroxid} \quad ; \text{Energie-Abgabe}$$
- Salze farblos
- bildet schwerlösliche Salze (Radiumcarbonat, Radiumsulfat, Radiumchromat)
- bildet auch lösliche Salze (Radiumchlorid, Radiumnitrat, Radiumacetat)

Nachweis:

Radium / Radium-Ionen ergeben mit Schwefelsäure od. einem löslichen Sulfat-Salz einen weißen Niederschlag (Radiumsulfat), dieser Niederschlag ist radioaktiv (GEIGER-Zählerrohr)

Verwendung / Bedeutung:

- für selbst-leuchtende Symbole usw. (z.B. Zeiger von Uhren)
- als α-Strahler im Physik-Unterricht und Labor (→ Nebenkammer)
- gesundheitsgefährlich (radioaktiv; aber nicht giftig)
- in Kapseln zur Implantation zur Krebs-Bestrahlung
- hat kein GHS-Symbol!



Q: de.wikipedia.org (Maxxl2, IRTC1015, historicair, ...)

x. Nichtmetalle

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Welche charakteristischen Eigenschaften haben Nichtmetalle?
 Welche Nichtmetalle gibt es?
 Diamant und Graphit soll aus den gleichen Atomen aufgebaut sein. Kann das sein? Wie geht das?
 Was sind Modifikationen??
 Welche Modifikationen sind von Kohlenstoff bekannt?
 Was ist schwerer 1 mol Diamant oder 1 mol Graphit?
 Wie sind die verschiedenen Modifikationen des Kohlenstoffs aufgebaut, welche Eigenschaften lassen sich aus den Eigenschaften und welche Verwendungen aus eben diesen Eigenschaften ableiten?
 Gibt es auch bei Schwefel und Phosphor Modifikationen? Wenn ja, welche? Wenn nein, warum nicht?
 Wie unterscheiden sich die chemischen Reaktionen und deren Produkte der Modifikationen? (Beispiel: Oxidation)

Sie gehörten neben den Metallen zu den wichtigsten Forschungs-Objekten der Alchemisten im Mittelalter: (Kohlenstoff), Sulfur (Schwefel) und Phosphorus (Phosphor). Gemeinsam werden sie als Nichtmetalle bezeichnet. Weiterhin gehören noch Fluor, Chlor, Brom, Iod, Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff dazu.

Allen Nichtmetall gemeinsam ist das fehlende metallische Erscheinungsbild. Sie sind weder metallisch glänzend noch . Viele Nichtmetalle haben charakteristische – oft auch mehrere – Färbungen. Nichtmetalle können bei Zimmer-Temperatur fest (Schwefel, Phosphor, Iod), flüssig (Brom) oder gasförmig (Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff) sein.

Position der Nichtmetalle, Halbmetalle und Edelgase im Periodensystem

HGr. P	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	1 H							2 He
2			5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3				14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4				32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5					51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6							85 At	86 Rn
7								

x.y.z. Kohlenstoff

Kohlenstoff

- **Modifikation**
Modelle sind einzusetzen
- **Graphit und Diamant**
- **Auf Fullerene und Graphen sind hinzuweisen.**
 - **Bau**
Der Zusammenhang zwischen PSE und Atomaufbau ist zu erarbeiten.
 - **Eigenschaften**
Der Zusammenhang von Bau, Eigenschaften und Verwendung ist zu erläutern.
 - **Verwendung**

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Ist Kohlenstoff immer schwarz – schwarz, wie Kohle?

Was sind Modifikationen?

Welche Modifikationen gibt es beim Kohlenstoff?

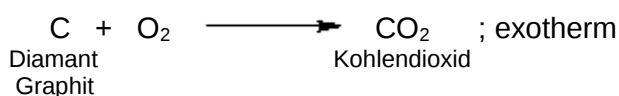
Welche besonderen Merkmale haben sie?

Haben alle Modifikationen auch gleiche Merkmale / Eigenschaften?

Brennen auch Diamanten? Zu was verbrennen sie dann?

Kann man sich Diamanten aus einfachem Kohlenstoff (z.B. Graphit) herstellen?

Betrachtet man Kohlenstoff in Form einer Graphit-Bleistiftmine oder einen Diamanten, dann wird niemand auf die Idee, beide Stoffe sind das gleiche Element. Diamant und Graphit sind Formen des Elementes Kohlenstoff. Das wird deutlich, wenn man beide verbrennt. In beiden Fällen entsteht Kohlendioxid.



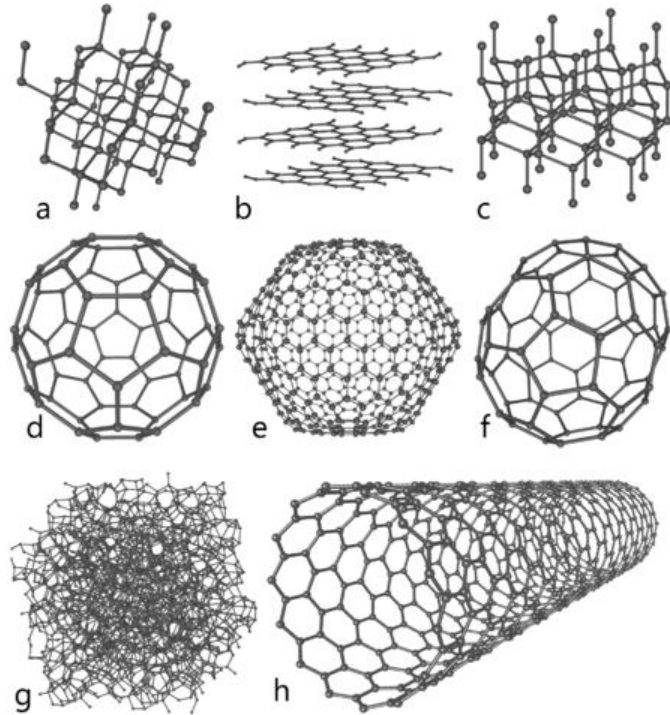
Das Phänomen, dass ein Element in verschiedenen Stoff-Formen vorkommt, ist gar nicht so selten und heißt Polymorphie (dt.: Vielgestaltigkeit). Auch z.B. Schwefel und Phosphor zeigen ein solches Verhalten. Selbst Metalle können in unterschiedlichen Formen vorkommen (z.B. Zinn und Selen). Die unterschiedlichen Erscheinungsformen eines Elementes nennt man Modifikationen.

Von Kohlenstoff sind derzeit vier Modifikationen besonders bekannt.

Modifikationen des Kohlenstoffs

- **Graphit**
- **Diamant**
- **Fulleren**
- **Graphen**

Aus früheren Kapitel wissen wir, dass unterschiedliche Eigenschaften von unterschiedlichen Stoffen herkommen. Da es sich aber hierbei immer um reinen Kohlenstoff handelt, kommt dieses nicht in Frage. Bleibt nur, die abweichenden Eigenschaften mit dem unterschiedlichen Bau der Stoff zu erklären. In der nebenstehenden Abbildung sind verschiedene Zusammenstellungen von Kohlenstoff-Strukturen dargestellt. Die einzelnen Modifikationen werden gleich noch kurz vorgestellt. Offensichtlich wird sofort, dass die Gebilde z.T. sehr unterschiedlich gebaut sind.



Erscheinungsformen von Kohlenstoff

Q: de.wikipedia.org (Michael Ströck)

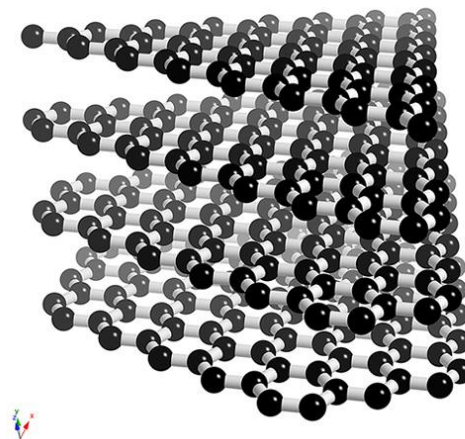
(a) Diamant; (b) Graphit; (c) Lonsdaleit;
(d) Buckminster-Fulleren C60; (e) C540; (f) C70;
(g) amorpher Kohlenstoff; (h) Nanoröhre)

Graphit

Schmelzpunkt 3800 °C

Siedepunkt 4200 °C

leitet den elektrischen Strom



Q: www.3dchem.com

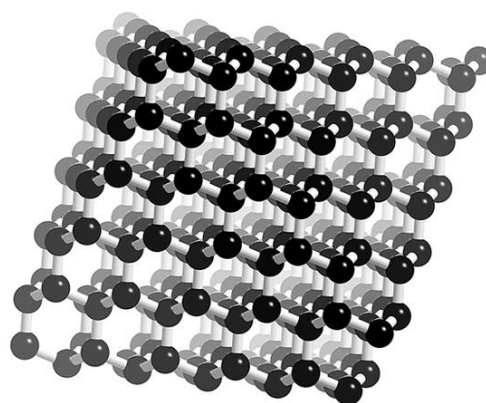
Diamant

größte Härte Härtestufe 10 nach MOHS

Handelsmaß ist Karat (= 1/5 g = 200 mg)

nur 5 % der Weltproduktion wird in der Schmuckindustrie umgesetzt
Hauptnutzung in der Schleif- und Bohr-Industrie

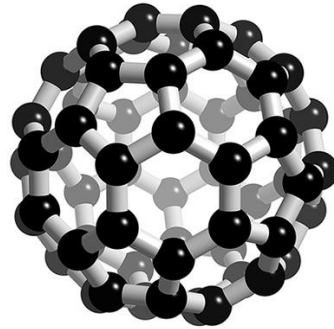
leitet den elektrischen Strom nicht



Q: www.3dchem.com

Fullerene

leiten den elektrischen Strom praktisch nicht, da die einzelnen Partikel / Körnchen nicht genug Kontakte haben



Q: www.3dchem.com

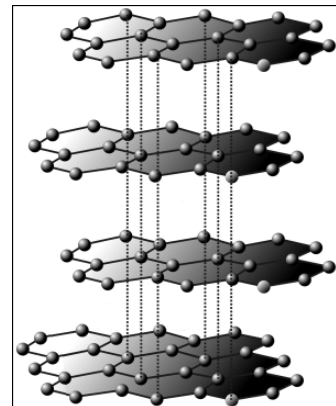
Graphen

Graphen

3 Bindungen zu direkten Nachbarn, 4. Bindung als delokalisierte Doppel-Bindung

am Rand ev. andere Atome od. Strukturen, die aber in der Gesamtheit untergehen

leitet den elektrischen Strom



Q: de.wikipedia.org (Antom, Mattman723)

Ob andere Formen den Status einer Modifikation zugeprochen werden kann, wird vielfach diskutiert. Als solche Formen werden in der Literatur besprochen:

weitere Formen (? Modifikatione) von Kohlenstoff

- amorpher Kohlenstoff
- Aktivkohle
- Ruß
- Kohlenstoff-Nanoschaum
- Glaskohlenstoff
- Aerographit
- Carbin (Perlenketten)
- nicht-graphitischer Kohlenstoff

Definition(en): Modifikationen

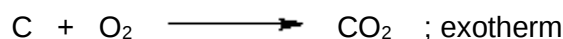
Modifikationen sind unterschiedliche Stoff-Varianten eines Elementes.

Modifikationen sind verschiedene Erscheinungsformen eines Elementes / Stoffes.

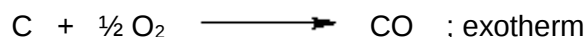
Aufgaben:

1. Ermittle, welche Metalle unterschiedliche Modifikationen haben!

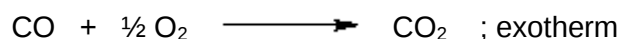
Interessanterweise verhalten sich die verschiedenen Modifikationen chemisch nur wenig anders. Prinzipiell sind die gleichen chemischen Reaktionen möglich. So lässt sowohl das Graphit, als auch die Fullerenen als auch der Diamant verbrennen. Auch wenn das Verbrennen von Diamanten nicht jedermanns Sache ist, so ist es doch möglich. Zum Zünden sind etwas höhere Temperaturen als bei Graphit und Fullerenen notwendig, aber brennen tun die Diamanten.



Ein Diamant ist scheinbar doch nicht so unvergänglich, wie es ihnen nachgesagt wird. Welches Oxid bei der Verbrennung von Kohlenstoff gebildet wird, hängt vorrangig vom Sauerstoff-Angebot ab. Wird Kohlenstoff unter Sauerstoff-Mangel verbrannt, dann entsteht hauptsächlich Kohlenstoffmonoxid.



Steht reichlich Sauerstoff zur Verfügung, dann entsteht Kohlenstoffdioxid als Produkt (siehe Gleichung oben). Da das Kohlenstoffmonoxid noch weiter oxidiert werden kann:



sprechen wir bei dessen Bildung von einer unvollständigen Oxidation oder Verbrennung. Mit der Bildung von Kohlenstoffdioxid ist die Oxidation vervollständigt. Chemiker nennen diese Reaktion dann auch vollständige Verbrennung bzw. Oxidation.

Lehrer-Versuch: Verkohlung von Zucker durch konzentrierte Schwefelsäure

Durchführung:

- in ein großes Reagenzglas wird 1 cm hoch Saccharose (Haushaltszucker) gefüllt
- im Abzug 2 – 3 ml konzentrierte Schwefelsäure in das Reagenzglas gießen

→ Beobachtung

Hinweise / Entsorgung:

- Zucker-Kohle kann für Adsorptions-Versuche aufgehoben werden, dazu gründlich mit Wasser waschen (und ev. noch Trocknen lassen)
- sonst in den Restmüll



Lehrer-Versuch: Adsorption an Aktivkohle

Durchführung:

- (gewaschene) Zucker-Kohle in eine Lösung aus Methylenblau oder Unitest (Universal-Indikator) (alternativ: Aktivkohle oder Holzkohle-Reste verwendbar)
- Suspension mehrfach schütteln

→ Beobachtung

- Suspension filtrieren

→ Beobachtung

Entsorgung:

- Filtrat in den Ausguss
- Aktivkohle-Reste in den Restmüll

x.y.z. Sauerstoff

Sauerstoff gehört neben Kohlenstoff wohl zu den chemisch und biologisch interessantesten Elementen. Luft ist der wichtigste Quell für Sauerstoff, sowohl für uns Menschen, als auch für chemische Vorganäge.

Eine ausführliche Besprechung (→ [x.y. Sauerstoff](#)) erfolgt deshalb weiter hinten beim Thema [x. Luft](#).

x.y.z. Schwefel

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
Gehört Schwefel zu den gefährlichen Elementen?
Gibt es beim Schwefel Modifikationen?

lat. sulphur und im neugriech. sulphur

daraus entstand die häufig verwendete – aber falsche Bezeichnung als: sulfur.

aus dem gotischen kommt das im späteren germanischen verwendete swefis. Hier stammt es wohl vom "schwelen" ab.

das altgriechische ist die sprachliche Quelle für die im chemischen und pharmazeutischen häufig verwendete Vorsilbe Thio- für Schwefel-Verbindungen.

Da Schwefel auch in reiner, elementarer (gediegener) Form in der Natur vorkommt, gehörte es zu den schon frühzeitig in China und Griechenland genutzten Nichtmetallen. Die Chinesen und Griechen verwendeten Schwefel für die Herstellung von pyrotechnischen Produkten und als Medikament.

Schwefel ist in der Mythologie auch das Element des Teufels. Die bläuliche Flamme beim Verbrennen und der stechende Geruch der Oxide hat sicher vieles dazu beigetragen.

α -Schwefel

Q: de.wikipedia.org ()

β -Schwefel

Q: de.wikipedia.org ()

γ -Schwefel

Q: de.wikipedia.org ()

Eine goldfarbende Verbindung des Schwefels – das Pyrit (FeS , Eisensulfid) – hat schon so manchen Gold-Sucher getäuscht. Es ähnelt sehr stark dem echten Gold – ist aber nur geringwertig. Es wird deshalb auch Katzensgold genannt.

Q: de.wikipedia.org ()

x.y.z. Stickstoff

Von Stickstoff sind keine Modifikationen bekannt. Das liegt vorrangig daran, dass Stickstoff bei Zimmer-Temperatur ein Gas ist und immer nur zwei Atome ein Molekül bilden. Damit ergeben sich keine unterschiedlichen Atom-Anordnungen und Bindungs-Möglichkeiten.

ausführliche Besprechung → [x.y. Stickstoff](#) beim Thema [x. Luft](#).

x.y.z.

x.y.z. Phosphor

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Gibt es auch beim Phosphor Modifikationen?

Ist Phosphor giftig?

Was hat Phosphor mit dem Begriff Fluoreszenz zu tun?

In welcher Form kommt Phosphor vorrangig in unserem Körper vor?

Ist Phosphor unendlich verfügbar? Was bedeutet das für unseren Umgang mit diesem Element?

Was ist so gefährlich an Phosphor-Bomben?

Aufgaben für Selbst-organisiertes Lernen (SOL):

- 1.
- 2.
- 3.

x. Edelgase – ganz unchemische Elemente?

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen
Woher kommt der Name Edelgas? Welche Besonderheiten weisen die Edelgase auf? Bilden Edelase gar keine Verbindungen? Was ist die Edelgas-Konfiguration? Was besagt die Edelgas-Regel?

x.y. Überblick

Alle Edelgase sind einatomige, farblose und geruchslose Gase.

Sprichwörtlich sind sie edel, was hier meint, dass sie mit praktisch kaum einem anderen Element reagieren. Es gibt von einigen Edelgasen Verbindungen, die spielen in der klassischen Schul-Chemie aber gar keine Rolle.

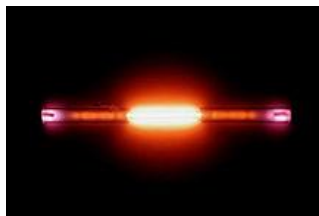
Die Gewinnung erfolgt über die Luft-Verflüssigung und eine nachfolgende fraktionierte Destillation bei extrem niedrigen Temperaturen.

Die Schmelz- und Siedepunkte der Edelgase liegen immer ungewöhnlich dicht beieinander. Der Unterschied ist immer nur wenige KELVIN groß.

Helium wird auch aus Erdgas gewonnen. Hier kommt es als Neben-Bestandteil vor.

Füllt man ein reines Edelgas in eine Entladungs-Röhre, dann kann man nach dem Anlegen einer Hochspannung ein charakteristisches farbiges Leuchten beobachten.

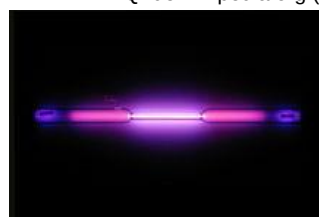
Helium zeigt bei rund 3 K (-270 °C) einen ganz speziellen Effekt, den nach seinem Entdecker ONNES-Effekt genannt wird. Bei dieser Temperatur wird Helium zum Superfluid. Die inneren Reibungswiderstände zwischen den Atomen sind praktisch Null. Dadurch kann superflüssiges Helium auch Gefäßwände hochkriechen.



in der Gasentladungs-Röhre
Q: de.wikipedia.org (Alchemist-hp)



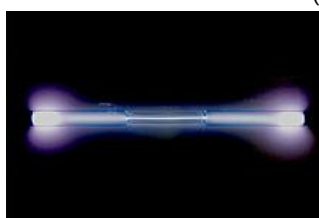
in der Gasentladungs-Röhre
Q: de.wikipedia.org ()



in der Gasentladungs-Röhre
Q: de.wikipedia.org ()



in der Gasentladungs-Röhre
Q: de.wikipedia.org ()



in der Gasentladungs-Röhre
im Vakuum
Q: de.wikipedia.org ()

18, VIIIA

2
L

2 6,94

He

Helium

2

g

Nm

3
M

10 22,99

Ne

Neon

2, 8

g

Nm

4
N

18 39,10

Ar

Argon

2, 8, 8

g

Nm

5
O

36 85,47

Kr

Krypton

2, 8, 18, 8

g

Nm

6
P

54 132,91

Xe

Xenon

2, 8, 18, 18, 8

g

Nm

7
Q

86 [223]

Rn

Radon

2, 8, 18, 32, 18, 8

g

Nm

x.y. Vorkommen und Entdeckung

x.y. Atombau

x.y. Eigenschaften

x.y.z. chemische Eigenschaften

Eigentlich könnten wir sagen, die reagieren per Definition nicht, also gibt es auch keine chemischen Eigenschaften. Aber, ...

Tatsächlich gibt es Verbindungen von Edelgasen. Im Jahre 1962 gelang es BARTLETT mit dem Xenonhexafluor (XeF_6) zu ersten Mal eine solche zu erzeugen. Heute kennen wir insgesamt 32 Edelgas-Verbindungen, die aber gar keine Bedeutung in der Schulchemie haben. Dazu gehören z.B.:

XeF_2 , XeF_4 , XeO_3 , XeO_4 , XeOF_4 , KrF_2

Aufgaben für FREAKS:

1. Stelle die LEWIS-Formel von zwei selbstgewählten Edelgas-Verbindungen auf! Was stellst Du fest?
2. Versuche Eigenschaften von Edelgas-Verbindungen zu recherchieren!

x.y. Edelgas-Konfiguration

klassischerweise ist die Konstellation von acht Außen-Elektronen gemeint – also einer voll besetzten äußeren Schale
häufig auch als Achter-Konfiguration bezeichnet
insgesamt wird ab eine voll besetzte äußere Schale gemeint, das kann z.B. auch eine voll besetzte Zweier-Schale bei den Elementen der K- und L-Periode des PSE sein

Definition(en): Edelgas-Konfiguration
Die Edelgas-Konfiguration ist eine Elektronen-Anordnung in einem Element, die durch Elektronen-Aufnahme oder –Abgabe der eines Edelgases entspricht.



Atome streben solche Elektronen-Konfigurationen an, wie sie Edelgase besitzen!

x.y. Verwendung

Aufgaben zur Systematisierung, zum Üben und zur Wiederholung

1. Gebe eine Definitions-ähnliche Beschreibung für die Chemie an!

2. Wodurch sind die folgenden Sachverhalte gekennzeichnet? Erläutere!

a) Vorgänge (allgemein)

b) physikalische Vorgänge

c) chemische Vorgänge

zusätzlich für das gehobene Anspruchsniveau:

d) Gibt es auch biologische Vorgänge? Wenn JA, dann erläutere diese genauer, wenn NEIN, dann erkläre, warum es diese nicht geben kann!

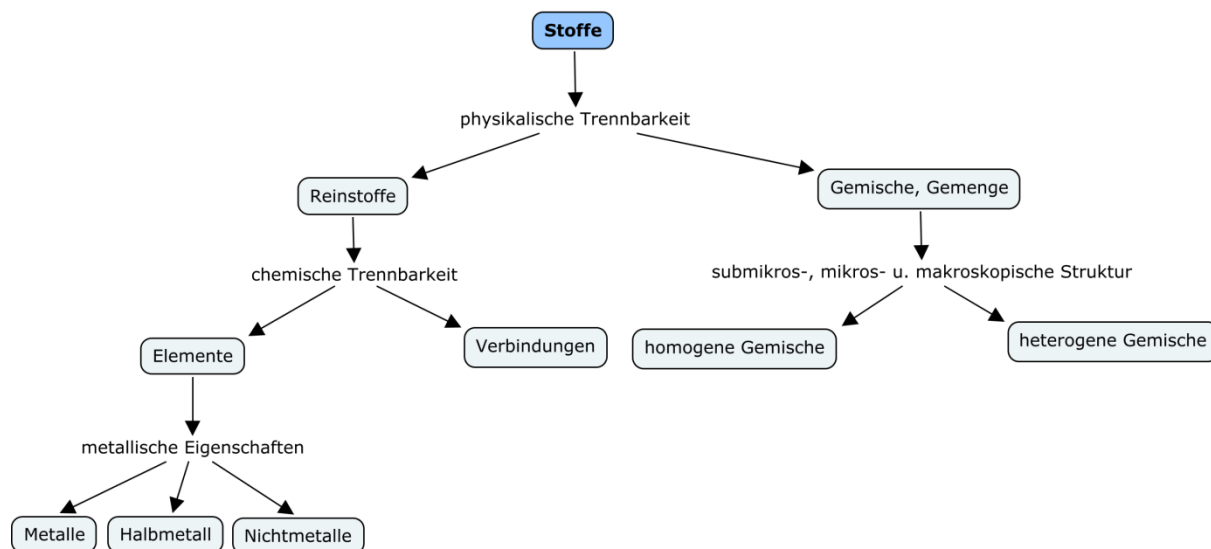
3. Definiere den Begriff chemische Reaktion!

4. Übernehme die folgende Tabelle! Neben den angegebenen Vorgängen, sollen noch 10 weitere von Mitschülern genannt und eingetragen werden! Fülle dann die anderen Spalten aus! (++ ... sehr deutlich; + ... deutlich; ? ... fraglich, unbekannt; - .. nicht vorhanden)

Sachverhalt / ...	Veränderung in der Zeit	Stoff-Veränderung	Energie-Veränderung	Veränderung von Bindungen	Veränderung von Teilchen	Vorgang (allgemein)	physikalischer Vorgang	chemischer Vorgang
Verbrennen von Holzkohle (z.B. beim Grillen)								
Brause-Tablette wird in ein Glas Wasser gegeben								
Aufheben eines Stück Papiers								
Verdampfen von Wasser								
Anzeige der Betriebs-Spannung bei einem Ladegerät								
Kochen von Kartoffeln								
Erhitzen von Öl in der Pfanne								
Herstellen von Eis-Würfeln im Gefrierschrank								
Aufladen eines Akkumulators im Smartfon								
...								

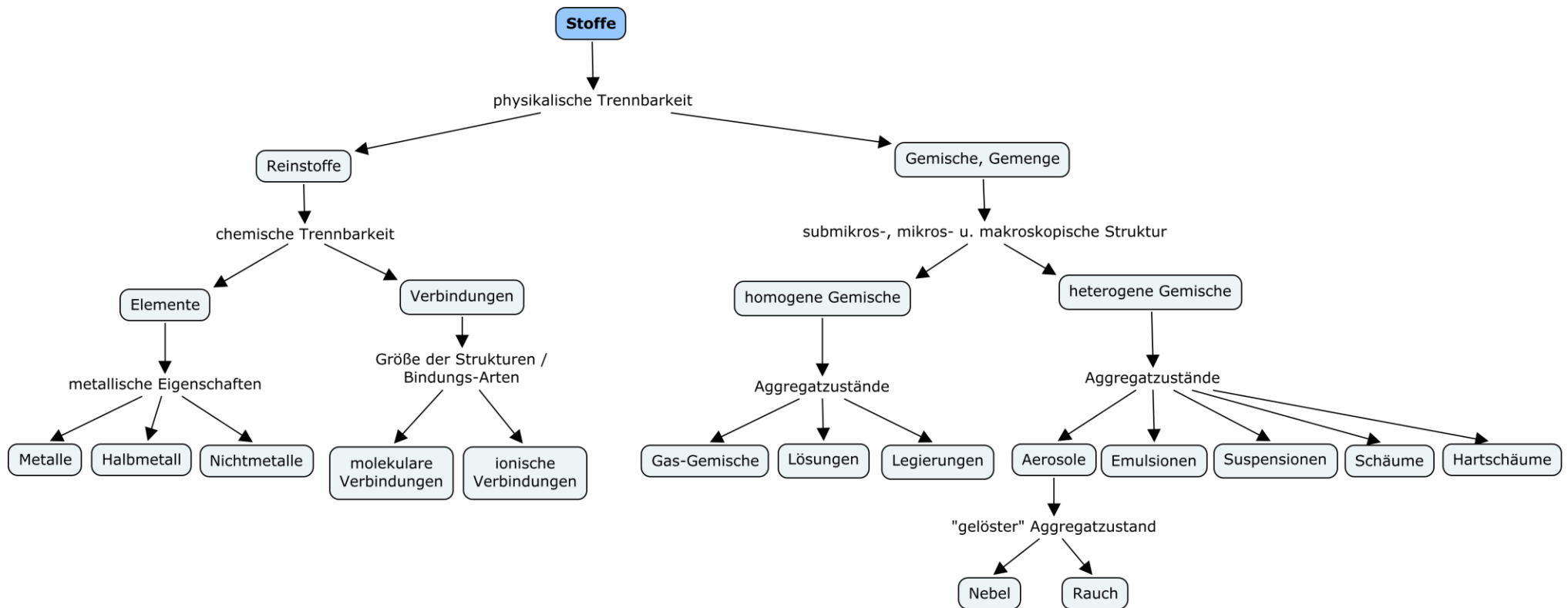
interessante Links:

<http://www.alteso.de/bindungen/uebersicht> (Video-Tutorials zu Bindungen)



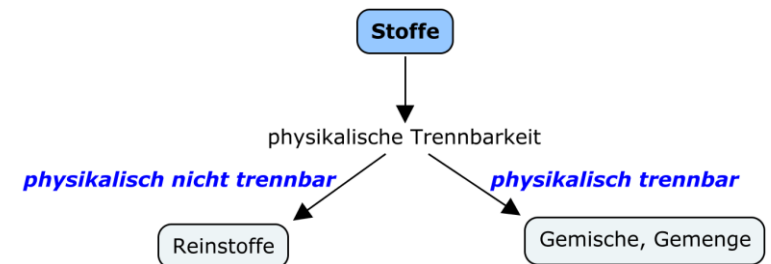
Aufgaben:

- 1. Bilde mit 2 bis drei anderen Schülern ein Team! Gebt für jede oben gezeigte Stoff-Gruppe eine Definition (behelfsmäßig eine kurze Umschreibung) aus dem Gedächtnis an!***



Aufgabe für das gehobene Anspruchsniveau:

1. Die Abbildung oben zeigt eine erweiterte Einteilung der Stoffe. Informiere Dich über die unbekannten Begriffe / Stoff-Gruppen! Gebe an den unteren (verzweigenden) Pfeilen immer an, welche konkreten Merkmale / Eigenschaften zur Unterscheidung genutzt werden! (Beispiel siehe rechts)



	Helium	Neon	Argon	Krypton	Xenon
Symbol	He	Ne	Ar	Kr	Xe
Kernladungszahl	2	10	18	36	54
Atommasse [u]	4,0	20,18	39,95	83,80	131,30
Dichte [g/l, bei 15 °C, 1013 hPa]*	0,167	0,842	1,67	3,51	5,51
Schmelzpunkt [°C]	-277	-249	-189	-157	-112
Siedepunkt [°C]	-269	-246	-186	-153	-108
Farbe der Leucht-röhre*	gelb	scharlach-rot	blau	gelbgrün	violett
100 m ³ Luft enthalten [ml]*	460	1800	930.000	110	8
einige bekannte Ver-bindungen	Existieren nicht!			KrF ₂ nur "stabil" bei hohem Druck und tiefen Temperaturen	XeF ₂ , XeF ₄ , XeF ₆ , XeO ₃ , XeO ₄ , XeOF ₄ wie bei Krypton
Verwendungs-zweck	Helium: zur Füllung von Luftschiffen und Wetterballons, von Leuchtstoffröhren; für Tiefseetaucher als Gemisch von 21% O₂ und 79% He, Schutzgas beim Schweißen, Trägergas beim Dotieren; Neon: Zur Füllung von Glühlampen (scharlachrot), in Gasentladungsröhren, bei Hg-Anteil blaues Licht; im Gemisch mit He für Laser und Blasenkammern Argon: Füllgas in Glühlampen, in Gasentladungsröhren (blaues Licht), Argon-Laser, Schutzgas beim Lichtbogen-Schweißen von Al und Mg; Krypton: Füllgas für Glühlampen und Gasentladungsröhren, Füllgas für Geiger-Müller-Zähler, Iodlampen Xenon: Xenon-Blitzröhren, Radaranlagen, Xenon-Hochdrucklampen, Spezialzwecke;				

Q: <http://www.hamm-chemie.de/k9/k9ab/edelgase.htm>

x. chemische Reaktionen

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Woran erkennt man eine chemische Reaktion?
Was ist eine chemische Reaktion?
Wie unterscheidet sie sich von anderen (physikalischen bzw. biologischen) Vorgängen?
Wie verläuft eine chemische Reaktion?
Kann man eine chemische Reaktion auch wieder stoppen?

Erhitzen von Wasser, Zucker und Kochsalz

Aufgabe:

Erhitze einzeln Wasser, Zucker und Kochsalz!

Materialien / Geräte:

3 Reagenzgläser (RG); Reagenzglas-Ständer; Brenner; Wasser, Zucker, Kochsalz

Hinweise:

!!!unter einem Abzug arbeiten oder / und eine Brandmelder-Anlage kurzfristig deaktivieren!!!

Schutzbrille und Kittel empfohlen!

Durchführung / Ablauf:

- in jeweils einem RG wird eine Stoffprobe Wasser, Zucker bzw. Kochsalz gegeben (ungefähr 5 mm hoch)
- die RG's einzeln zuerst langsam erwärmen, später (bei ausbleibenden Veränderungen) kann auch stärker erwärmt werden

Aufgaben:

1. Erstelle ein vereinfachtes Protokoll (Aufgabenstellung, Vorbetrachtung), bevor Du mit dem obigen Versuchen beginnst! Formuliere in den Vorbetrachtungen für jeden Stoff eine experimentelle These, wie z.B.:

Wenn man Wasser erhitzt, dann wird man wahrscheinlich ... beobachten.

Aufgaben werden fortgesetzt!

In der Chemie notieren wir Vorgänge in chemischen Gleichungen. Dabei stehen auf der linken Seite die Ausgangsstoffe – also die Stoffe, die vor dem Vorgang vorlagen. Mehrere Stoffe werden mit Plus-Zeichen zusammengefasst.

Ausgangsstoff

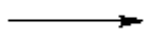
Die rechte Seite enthält die Reaktionsprodukte. Das sind die Stoffe, die am Ende des Vorgangs vorliegen.

Ausgangsstoff

Reaktionsprodukt

Zur Kennzeichnung der Veränderung wird ein Pfeil – quasi als Ersatz für das Gleichheitszeichen benutzt. Der Pfeil soll den Verlauf des Vorgangs darstellen.

Ausgangsstoff

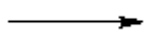


Reaktionsprodukt

Hinter diese Beschreibung der Stoffe notieren wir noch die energetischen Beobachtungen. Dabei beschränken wir uns zuerst einmal auf die grobe Charakterisierung. Ein Vorgang mit Energie-Abgabe – also z.B. Wärme-Abgabe oder Licht-Erscheinungen – nennen wir exotherm. Dabei steht das **ex** für **aus** oder **ab**, die Silbe **therm** für **Wärme**. Ein exothermer Vorgang ist also durch eine Energie-Abgabe (z.B. Wärme, Licht, elektrischer Strom, ...) gekennzeichnet. Da jede Energie-Form in Wärme gewandelt werden kann, benutzt man unabhängig von der konkreten Energie-Erscheinung immer Wärme-Energie zur Charakterisierung.

Eine Reaktion, die ständig Energie benötigt, wird endotherm genannt. Die Silbe **endo** steht dabei für **innen** oder **hinein**.

Ausgangsstoff



Reaktionsprodukt ; Energie-Aufnahme/-Abgabe

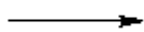
$$\Delta E = + / -$$

Die energetischen Veränderungen werden entweder direkt dahinter notiert, oder weil auch Chemiker nicht gerne viel schreiben, die Energie-Veränderung ($\Delta E \rightarrow$ sprich: delta e) mit Angabe von Energie-Werten (z.B. in kJ) oder nur mit den Vorzeichen. Das Plus (+) bedeutet dabei, dass Energie hinzugeführt werden muss, der Vorgang also endotherm ist. Mit dem Minus (–) werden die exothermen Reaktionen gekennzeichnet, also solche, bei denen Energie frei wird.

Für unsere Versuche (Erhitzen von Wasser, Zucker und Salz) können wir schon einzelne Informationen in die chemische Schreibung einbauen:

Erhitzen von Wasser:

Wasser

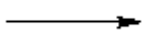


???

; $\Delta E = ?$

Erhitzen von Zucker:

Zucker



???

; $\Delta E = ?$

Erhitzen von Salz:

Salz



???

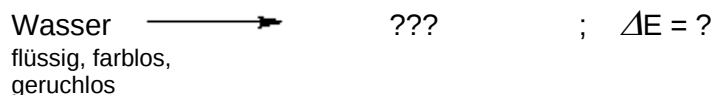
; $\Delta E = ?$

Wir können nun Vermutungen anstellen, was an Reaktionsprodukten in Frage kommt und wie die energetischen Veränderungen aussehen werden. Jeder wird da vielleicht sehr unterschiedliche Vorstellungen haben.

Für uns Chemiker sind nur solche Vorgänge interessant, die mit Stoff-Veränderungen verbunden sind. Im Verlauf des Vorgangs müssen sich also die Eigenschaften der beteiligten Stoffe verändern. Die einfache Veränderung eines Aggregatzustandes reicht dabei nicht aus. Es müssen – auch nach dem Abkühlen – dauerhaft neue Eigenschaften auftreten.

Charakteristische Eigenschaften kann man unter die Vorgangs-Gleichungen in Klammern oder verkleinert schreiben. Dadurch werden eventuelle Veränderungen oder eben Nicht-Veränderungen schneller deutlich. Für die erste Gleichung könnte das so aussehen:

Erhitzen von Wasser:



Für die anderen Ausgangsstoffe findet jeder bestimmt selbst die typischen Eigenschaften. Nun können wir uns dem Experimentieren widmen. Eigentlich müssen wir jetzt noch eine Gefahren-Abschätzung mit in die Vorbetrachtungen aufnehmen. Da unsere chemischen Kenntnisse über mögliche Gefahren derzeit noch sehr klein sind, verlassen wir uns an dieser Stelle auf die Erfahrungen der Kursleiter und des Autors, die besagen, dass hier keine wirklichen Gefahren bestehen. Die Labor- und Arbeits-Regeln müssen natürlich eingehalten werden!

Aufgaben (Fortsetzung):

2. Wiederhole in Deiner Arbeitsgruppe noch mal die Labor- und Arbeits-Regeln!
3. Notiere die Beobachtungen vor, während und nach dem Erhitzen!
4. Entscheide, ob es sich jeweils um eine chemische Reaktion oder einen physikalischen Vorgang handelt (Ergebnis-Teil des Protokolls)! Begründe Deine Entscheidung! Prüfe auch, ob Deine experimentelle These bestätigt wurde!

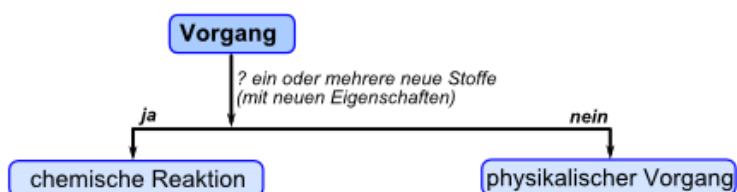
Vielfach müssen Vorgänge der Chemie oder Physik zugeordnet werden. Die Veränderung von Stoff-Eigenschaften, die über Aggregatzustands-Änderungen hinausgehen, haben wir schon als wichtiges Kriterium festgestellt.

Somit können wir das angegebene Hilfsschema als Entscheidungshilfe nutzen.

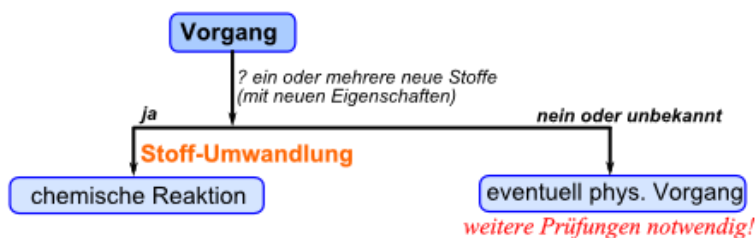
Leider sind die Veränderungen der Stoff-Eigenschaften nicht immer so offensichtlich oder man hat nicht die richtigen beobachtet. Deshalb öffnen wir die physikalische Seite und testen noch weiter.

Stoff-Umwandlungen gelten aber als charakteristisches Merkmal für eine chemische Reaktion.

Weitere Charakteristika für chemische Vorgänge werden wir noch kennen lernen.



Hilfsschema zur Einteilung von Vorgängen



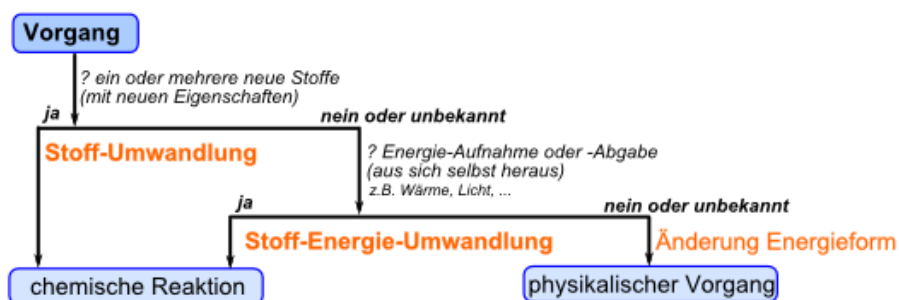
erweitertes Hilfsschema zur Einteilung von Vorgängen

Definition(en): chemische Reaktion

Eine chemische Reaktion ist ein Vorgang, der durch (über Veränderungen von Aggregatzuständen hinausgehende) Stoff-Umwandlungen und auffälligen energetischen Erscheinungen (aus sich selbst heraus) charakterisiert ist.

Chemische Reaktionen sind Vorgänge, die durch Stoff- und Energie-Umwandlungen gekennzeichnet sind.

Eine chemische Reaktion ist ein Vorgang, bei dem ein oder mehrere neue Stoffe mit veränderten Eigenschaften entstehen und dabei eine Energie-Aufnahme oder –Abgabe erfolgt.



vorläufiges Entscheidungs-Schema für chemische Reaktionen

x. Luft

Luft

- **Stoffgemisch**
- **Zusammensetzung**
- **Bedeutung der Bestandteile**

DE: Ermittlung des Sauerstoffanteils in der Luft in der Gasmessglocke

Auf die Verunreinigung und Reinhaltung der Luft, Fotosynthese, Atmung, Verwendung der Edelgase, Stickstoff als Kühlmittel und Schutzgas in der Medizin und Industrie, Korrosion, Raketentreibstoff, Bedingungen für die Entstehung eines Feuers, Verhütung und Bekämpfung von Bränden sind einzugehen.

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Braucht man Luft für alle chemischen Reaktionen?

Was ist drin in der Luft?

Wie kann man die Bestandteile feststellen?

Gibt es Nachweise für bestimmte Bestandteile?

Kann man die Bestandteile voneinander trennen? Lässt sich Luft zerlegen?

Hat Luft ein Gewicht / eine Masse?

Kann man das Gewicht / die Masse der Luft messen? Wie?

Welche Eigenschaften hat Luft?

Was ist dicke Luft?

Warum verrostet Eisen an der Luft? Warum rostet Gold nicht?

x.y. Luft – ein Stoffgemisch

x.y.z. Allgemeines / Historisches

Auch wenn uns heute vieles wie selbstverständlich vorkommt und wir schon Kindergarten-Kinder über Sauerstoff und Kohlendioxid wie Fachleute reden hören, der Weg zum heutigen Wissensstand war sehr lang und steinig.

Das ist oft auch bei anderen Fakten und Theorien so. Hier haben wir mal die Gelegenheit den Weg der Erkenntnis zu einem Fakt nachzuvollziehen.

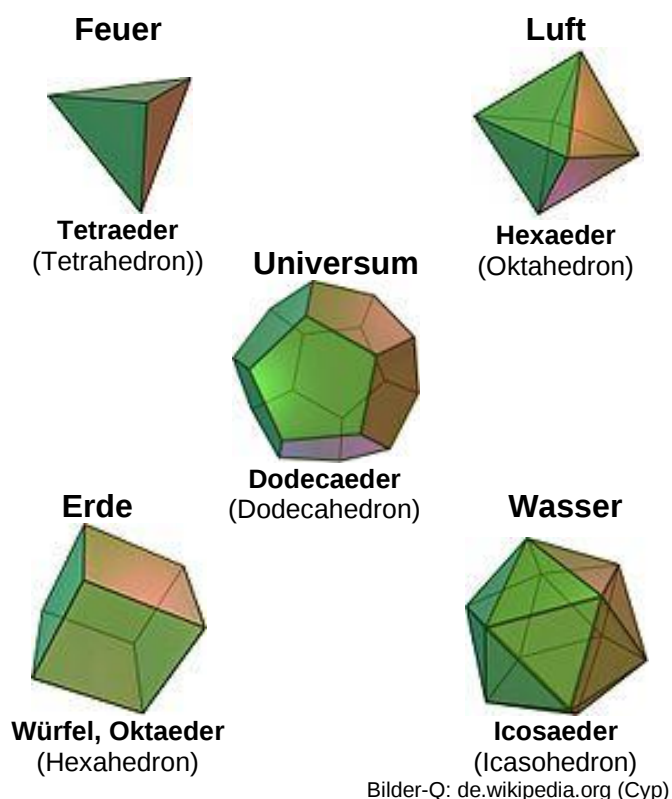
Für die frühen Forscher waren die Probleme genauso groß, wie die Probleme, die heutige Forscher bearbeiten. Natürlich reden wir über unterschiedliche Niveau's. Man muss sich immer die jeweils vorhandenen Ausgangs-Kenntnisse vergegenwärtigen, um den wirklichen Wert der Erkenntnisse zu jeweiligen historischen Zeitpunkt richtig zu bewerten.

Neues herauszubekommen ist deutlich schwieriger, als Wissen aus Büchern herauszuarbeiten oder mal ganz schnell aus wikipedia zu kopieren. Was nicht erforscht ist und was noch keiner geschrieben hat, dass kann in Büchern oder dem Internet nicht drin stehen.

In der Antike sprach man bei Luft von einem Ur-Element. Es war etwas gleichartiges. PLATON hat ihr von seinen Grundkörpern den Hexaeder (doppelte Vierecks-Pyramide) zugeordnet.

Aber wie ist man dann später darauf gekommen, dass Luft aus irgendwelchen Gasen besteht.

Lassen wir uns nun in eine kleine historische Reise durch die Wissenschafts-Geschichte ein.



Infotext: Die Zusammensetzung der Luft I



Q: <http://webfis.df.ibilce.unesp.br/~tunel/2page/galeria.html>



Q: http://www.scs.uiuc.edu/~mainzv/exhibit/large/01_19.gif



Q: de.wikipedia.org



Q: de.wikipedia.org

Neben Feuer, Wasser und Erde galt die Luft in der Antike als eines der vier Urelemente. Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts betrachtete man Luft als einheitlich. Auch war nicht klar, welche Rolle die Luft bei der Verbrennung von Stoffen spielte.

Der Engländer Robert BOYLE (1627 – 1691; Bild links) tat den ersten Schritt, diese Frage zu klären. Im Jahre 1673 erhitzte er Blei in einem geschlossenem Gefäß, nachdem vorher alles genauestens gewogen worden war. Nach dem Experiment vernahm er beim Öffnen des Gefäßes ein zischendes Geräusch. Er nahm erneut eine Wägung vor und stellte fest, dass durch die nachströmende Luft die Gesamtmasse nun größer war, als vor dem Experiment. Die Massenzunahme erklärte er mit der Aufnahme von Feuerstoff durch die Gefäßwand.

Georg Ernst STAHL (1659 – 1734; Bild links) glaubte auch an einen Feuerstoff – das Phlogiston. Er formulierte, dass beim Verbrennen eines Metalls ein Metallkalk (nennen wir heute Metalloxyd) zurückbleibe und das Phlogiston entweiche.

Verbrennung

Metall = Metallkalk + Phlogiston

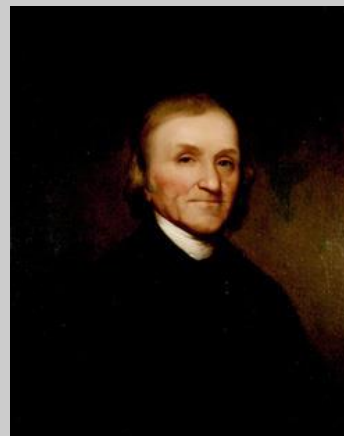
Erhitzen

Metallkalk + Phlogiston = Metall

(Bis ins 20. Jahrhundert schrieb man chemische Gleichungen noch mit einem Gleichheitszeichen. Erst später setzte sich die Schreibung mit einem Reaktionspfeil durch und ist heute vorgeschrieben. Der Reaktionspfeil soll die Richtung einer Reaktion betonen.)

83 Jahre nach dem Experiment von BOYLE kommt Michail Wasiljewitsch LOMONOSSOW (1711 – 1765; Bild links) in St. Petersburg der Wahrheit ein ganzes Stück näher. Zuerst klärte er die Ursache für das von BOYLE beschriebene zischende Geräusch. Bevor LOMONOSSOW das zugeschmolzene Glasgefäß öffnete, stellte er eine brennende Kerze auf. Die Kerzenflamme wurde im Augenblick des Öffnens in das Gefäß hineingezogen. Beim Erhitzen von Blei im abgeschlossenen Gefäß war also ein Teil der Luft "verschwunden"; das Reaktionsprodukt des Bleis war jetzt schwerer als das Blei vor dem Experiment. LOMONOSSOW formulierte: "Es sind die Luftpartikelchen, die sich mit den Metallen beim Erhitzen verbinden und diese in Kalke verwandeln".

SCHEELE, LAVOISIER, PRIESTLEY und CAVENDISH untersuchten ebenfalls die Zusammensetzung der Luft und zeigten, dass sie mindestens zwei Bestandteile enthält. Zwischen 1770 und 1772 hatten der Schwede Carl Wilhelm SCHEELE (1742 – 1786; Bild links) und der Engländer Joseph PRIESTLEY (1733 – 1804; Bild rechts) durch Experimente mit Tieren ermittelt, dass nur ein Fünftel der Luft zur Verbrennung und Atmung tauglich sind.



Q: de.wikipedia.org (Rembrandt PEALE)

Den Teil der Luft, der bei der Verbrennung und bei der Atmung übrig blieb, nannte SCHEELE "verdorbene Luft", weil eine brennende Kerze sofort erlosch und Bienen in dieser "Luft" nicht leben konnten. Dem anderen Teil der Luft kam SCHEELE auf die Spur, als er seine "Feuerluft" bzw. "Vitriolluft" entdeckte (heute als Sauerstoff bezeichnet). Er stellte Vitriolluft durch Erhitzen von Braunstein oder Kaliumpermanganat mit konzentrierter Schwefelsäure her. Aus einem Fünftel der "Feuerluft" und vier Fünftel "verdorbener Luft" konnte SCHEELE "gewöhnliche Luft" zusammensetzen. Luft war also kein Element, sondern ein Stoffgemisch. Es bestand aus mindestens zwei unterschiedlichen Bestandteilen.

PRIESTLEY entdeckte – unabhängig von SCHEELE - im Jahre 1774 ebenfalls "Feuerluft" (Sauerstoff). Er stellte seine "Feuerluft" durch Erhitzen von Quecksilberoxid her.

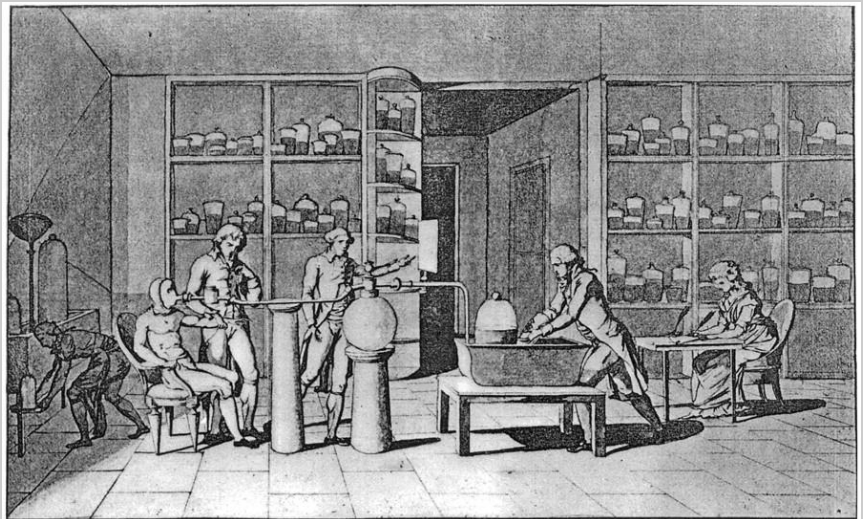


Q: de.wikipedia.org /
<http://www.schuster-ingolstadt.de/Chemie.htm>

Der Franzose Antoine Laurent LAVOISIER (1743 – 1794; Bild links) fand schließlich die Lösung. Er bezeichnete die von SCHEELE und PRIESTLEY entdeckten Bestandteile als "Lebensluft" und "Stickluft". U.a. führte er folgendes Experiment aus:

Gelber Phosphor wurde unter einer mit Luft gefüllten Glasglocke, die gegen die Außenluft durch Wasser abgetrennt war, verbrannt. Die Entzündung des Phosphor erfolgte mittels Brennglas durch die Glaswandung hindurch. LAVOISIER beobachtete dabei, dass der Wasserspiegel in die Glasglocke hineingezogen wurde, und zwar so, dass ungefähr 4/5 des ursprünglichen Luftvolumens übrigblieben. Er schloss daraus, dass sich nur ein Teil der Luft mit dem Phosphor verbunden haben konnte. Welcher Teil das war, wusste er zunächst noch nicht.

Nach weiteren Experimenten fand LAVOISIER schließlich heraus, dass sich nur der Sauerstoff mit dem Phosphor verbindet, während die "Stickluft" (Stickstoff) zurückbleibt. 1777 formulierte er: "Bei der Verbrennung der Metalle kommt es zur Vereinigung der Metalle mit der Lebensluft". Damit widerlegte er die Phlogiston-Theorie, denn nach dieser Theorien hätten die "verbrannten Metalle" durch entweichendes Phlogiston leichter und das Volumen der umgewandelten Luft größer werden müssen.



LAVOISIER bei Experimenten über die Rolle der Luft bei der Verbrennung
 Q: de.wikipedia.org

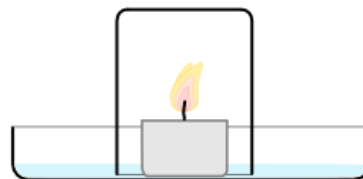
Q: <http://www.uni-giessen.de/~ge1016/publikation/geuther/luft/luft1.html> (2005)
 (2015 nicht mehr erreichbar!; Layout und Bilder geändert!; Text geändert und erweitert)

Aufgabe:

1. Lies den Infotext und notiere Dir Stichpunkte zu den Erkenntnisständen!
2. Formuliere die Erkenntnisse zum Ende des 18. Jahrhunderts!
3. Informiere Dich – z.B. im Lehrbuch – über die heute bekannte Zusammensetzung der Luft! Mache Dir Notizen!
4. Erstelle manuell auf einem A4-Blatt ein Kreisdiagramm über die Zusammensetzung der Luft!

x.y.z. Zusammensetzung der Luft (aktueller Wissensstand)

Kerzen-Versuch



Bestandteil	Massen-Anteil	Volumen-Anteil	
Haupt-Bestandteile			
Stickstoff	75,52 %	78,08 %	
Sauerstoff	23,13 %	20,94 %	
Argon	1,29 %	0,93 %	
Spurengase			
Kohlendioxid	0,06 %	0,04 % (380 ppm)	
Neon	12,67 ppm	18,18 ppm	
Helium	0,72 ppm	5,24 ppm	
Methan	0,97 ppm	1,76 ppm	
Krypton	3,3 ppm	1,14 ppm	
Wasserstoff	36 ppb	500 ppb	
Distickstoffoxid	480 ppb	317 ppb	
Kohlenstoffmonoxid	100 ppb	100 ppb	
Xenon	400 ppb	87 ppb	

Sonst enthält Luft noch in Spuren einige Edelgase (ebenfalls Elemente). Dazu gehören Helium, Neon, Argon und Krypton. Die Edelgase sind für die Schulchemie von sehr geringer Bedeutung.

We

In den oberen Luft-Schichten verändert sich die Zusammensetzung der Luft. Der Ozon-, Wasserstoff- und Edelgas-Gehalt nimmt z.B. zu.

Im unteren Bereich sammelt sich vor allem Sauerstoff und Cohlendioxiid. Diese Luft (Boden-Luft) ist aber die, welche wir als typisch betrachten.

Aufgaben:

1. *Max hat gehört, dass eigentlich viel mehr Helium und Neon in der Luft (Boden-Luft) vorkommen müsste. Ähnlich ist es bei Wasserstoff. Kannst Du ihm eine Erklärung für die kleinen Anteile der genannten Gase und den relativ hohen Argon-Anteil geben?*
2. *Zeichne Dir auf einem Blatt (kleinkariert) eine Säule (Rechteck 10 cm x 1 cm)! Erstelle darin ein gestapeltes Säulen-Diagramm zur Zusammensetzung der Luft! (Überlege Dir vorher, wieviel mm einem Prozent entsprechen! Bis zu welchem Gas kannst Du den Anteil sinnvoll einzeichnen?)*
- 3.

x.y.z. Eigenschaften

Wie schwer ist Luft? Hat es überhaupt ein Gewicht?

Planung eines Experimentes zur Prüfung einer eigenen Hypothese

In der Luft beträgt die Schall-Leitgeschwindigkeit rund 340 m/s. Das entspricht ungefähr einem Kilometer in drei Sekunden.

Luft ist farblos, geschmacklos, geruchlos und von deutlich geringer Dichte als Wasser. Um die gleiche Masse wie ein Liter Wasser zu erhalten, braucht man 773 Liter Luft.

auf einem Quadratmeter lastet 10'000 kg (= 10 t) Luft

Geruch- und Geschmack-los

Luft ist Isolator, leitet also den Strom nicht

wichtig bei Überland-Stromleitungen und einfachen Platten-Kondensatoren

Luft-Dichte

1,293 kg / m³ (Norm-Bedingung (0 °C))

1,203 kg / m³ (20 °C)

Mit steigender Temperatur nimmt die Dichte ab. Die Teilchen bewegen sich schneller, treffen sich häufiger und beanspruchen ein größeres Volumen.

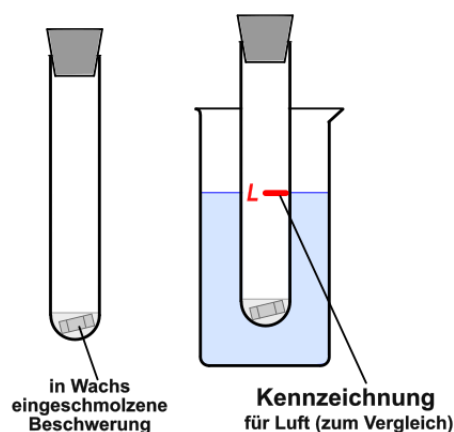
mittlere Mol-Masse der Luft
28,95 g / mol

1 mol Luft – also insgesamt $6,022 \cdot 10^{23}$ Teilchen nehmen ein Volumen von 22,4 Litern ein. Das ist typisch für Gase. Da unterscheidet sich das Gas-Gemische Luft nicht von den reinen Gasen.

Chemiker sprechen auch vom molaren Volumen (also dem Volumen, welches von 1 mol beansprucht wird). Das molare Volumen V_M der meisten Gase kann mit 22,4 l/mol angenommen werden.

Aufgaben:

1. Warum kommt der Donner zu einem Blitz immer deutlich später bei einem Beobachter an, als die Lichterscheinung?
2. Max hat ein Gewitter am Horizont beobachtet. Wenn es geblitzt hat, dann hat er bis zum Hören des Donners rund 10 Sekunden gezählt (langsam von 21 an). Die Wolkenhöhe beträgt laut Wetterbericht 700 m. Max möchte nun wissen, wie weit die Gewitter-Wolken von ihm entfernt ist. Kannst Du ihm helfen und eine genaue Entfernung angeben?
3. Welche Faust-Formel kann man sich zum Ermitteln des Abstandes einprägen?



Hinweis:

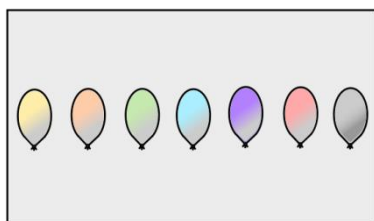
Apperatur mit der Kennzeichnung für spätere Versuche (→ z.B. Dichte von Sauerstoff) wegstellen.

Aufgaben:

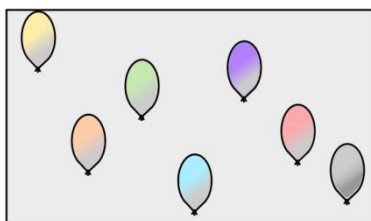
1.
2.

3. In einer Luftkammer befinden sich verschiedenfarbige Ballon's, die mit unterschiedlichen Gasen gefüllt sind. Alle Ballon's wurden auf die gleich Größe gefüllt. Genutzt wurden Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Argon, Helium, Kohlenstoffdioxid und Luft.

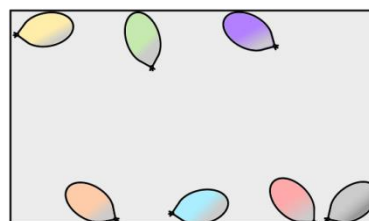
Zu Anfang befinden sich alle Ballon's auf halber Kammer-Höhe und werden dann gleichzeitig freigelassen. Die Beobachtungen sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Welches Gas befindet sich in welchem Ballon? Begründe deine Wahl!



Start



nach der Freilassung



End-Situation

4. Berechne die Masse jedes einzelnen Ballon's, wenn die Ballon's jeweils aus ein Volumen von 4 Litern gefüllt wurden!

Gas							
Eigenschaft	Stickstoff	Sauerstoff	Wasserstoff	Argon	Helium	Kohlenstoffdioxid	Luft
Geschmack	geruchlos						
Geruch	geschmacklos						
Farbe	farblos						
Dichte [g/m ³]	1250	1430	90	1780	180	1980	1290
Schmelz-Temperatur [°C]	-210	-218	-259	-189	-272	-57	- -
Siede-Temperatur [°C]	-196	-183	-252	-186	-269	sublimiert bei -78	- -

x.y.z. Verflüssigung und Zerlegung der Luft nach dem LINDE-Verfahren

Im Jahr 1895 entwickelte Carl VON LINDE die erste Maschine zur Verflüssigung und Auftrennung der Luft in seine Bestandteile. Dabei nutzte er seine vorher entwickelte Kälte-Kraft-Maschinen zur Abkühlung der Luft unter $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$.

In einem Kreislauf-Verfahren, dass u.a. noch nicht verflüssigte Restluft aus der Verflüssigungs-Maschine nutzt, wird Umgebungsluft als Ausgangsstoff genutzt. Die Luft wird vor dem Einbringen in die Verflüssigungs-Anlage noch gefiltert.

In einem Kompressor wird die Luft zuerst angesaugt. Dazu wird der Kolben von den Ventilen weg bewegt. Das innere Zylinder-Volumen steigt – es entsteht ein Unterdruck und das Einlass-Ventil öffnet sich. Umgebungsluft strömt ein. Wenn der Kolben sich dann wieder zu den Ventilen hin bewegt, wird die Luft im Zylinder komprimiert. Dabei entsteht ein Druck von 200 bar (entspricht rund 200 at).

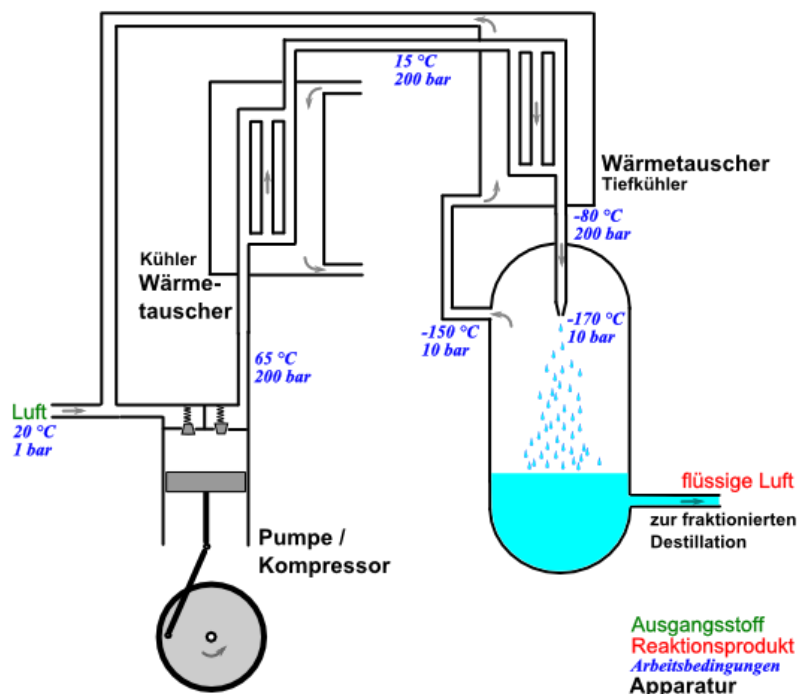
Wie beim Aufpumpen eines Fahrrad-Schlauches entsteht beim Komprimieren Wärme. Die komprimierte Luft hat nun eine Temperatur von $65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Über große Wärme-Tauscher (Luft-Kühler) wird die komprimierte Luft mit Umgebungsluft wieder auf unter $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ runtergekühlt. Die Wärmetauschen arbeiten nach dem Gegenstrom-Prinzip.

In einem weiteren Kühler wird die vorgekühlte – und immer noch komprimierte – Luft weiter abgekühlt. Dazu nutzt man verdampfende flüssige Luft, die ungefähr ein Temperatur von $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ hat. Im Wärmetauscher (Tiefkühler) wird die komprimierte Luft so bis auf $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ runtergekühlt.

In einem sehr großen Druck-Gefäß kann die tief-gekühlt Luft über eine Düse entspannen. Dabei entzieht sie der unmittelbaren Umgebung – also der Luft in dem Druck-Gefäß – sehr viel Energie. Einen vergleichbaren Effekt kennen wir, wenn wir aus einem Luftreifen Luft ablassen oder eine Druck-Gasflasche öffnen.

Im Druck-Gefäß entsteht so eine Temperatur von unter $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ und die Luft verflüssigt sich. Noch nicht verflüssigte Luft wird zuerst zur Tief-Kühlung der komprimierten Luft genutzt und dann wieder in den Kompressor zurückgeleitet. So wird letztendlich ein kontinuierlicher Anlagen-Betrieb realisiert.

Luft-Verflüssigung (LINDE-Verfahren)



Aufgaben:

1. Beurteile, ob es sich beim LINDE-Verfahren um ein typisches chemisches Verfahren handelt! Begründe Deine Meinung!
2. Beschreibe anhand der Verfahrensskizze den Ablauf der Luftverflüssigung nach LINDE!
3. Welche Verfahrens-technischen Prinzipien werden bei der Luftverflüssigung nach dem LINDE-Verfahren eingesetzt.

Flüssige Luft ist immer noch ein Stoffgemisch. Um es in seine Bestandteile zu trennen, setzt man die sogenannte Fraktionierte Destillation ein.

Dabei nutzt man aus, dass die einzelnen verflüssigten Luft-Bestandteile bei unterschiedlichen Temperaturen siedend.

Stickstoff siedet z.B. bei $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ und Sauerstoff bei $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$.

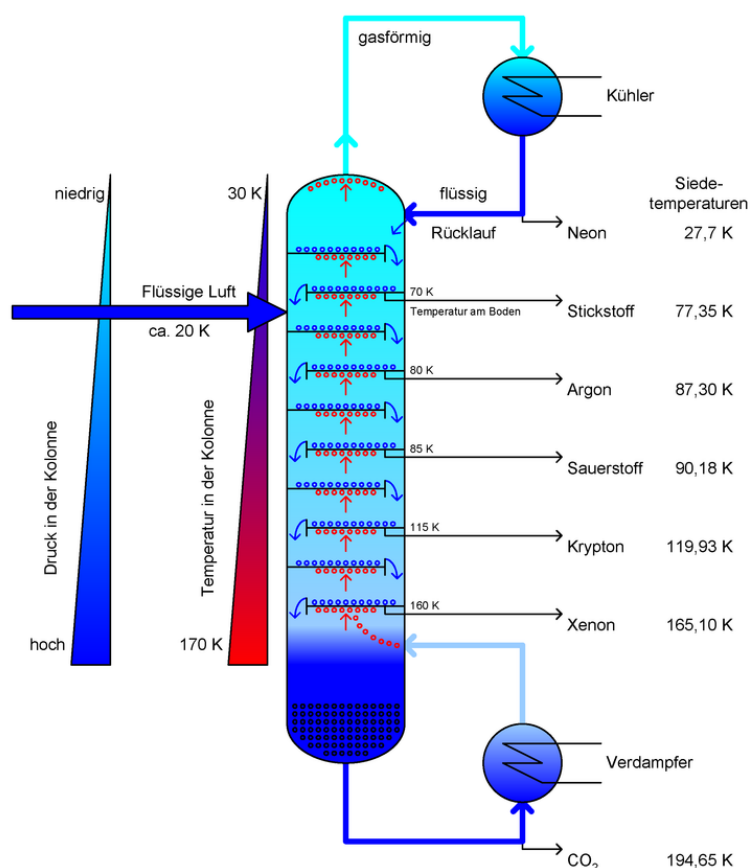
In der Fraktionier-Kolonne (Rektifikations-Kolonne) erzeugt man ein Temperatur-Gefälle.

Nach oben hin nimmt die Temperatur immer mehr ab.

Gibt man nun die verflüssigte Luft in der Mitte der Fraktionier-Kolonne ein, dann können die Bestandteile die bei "geringeren" Temperaturen – also z.B. über $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ (83 K) – siedend. Dazu gehört z.B. der Stickstoff.

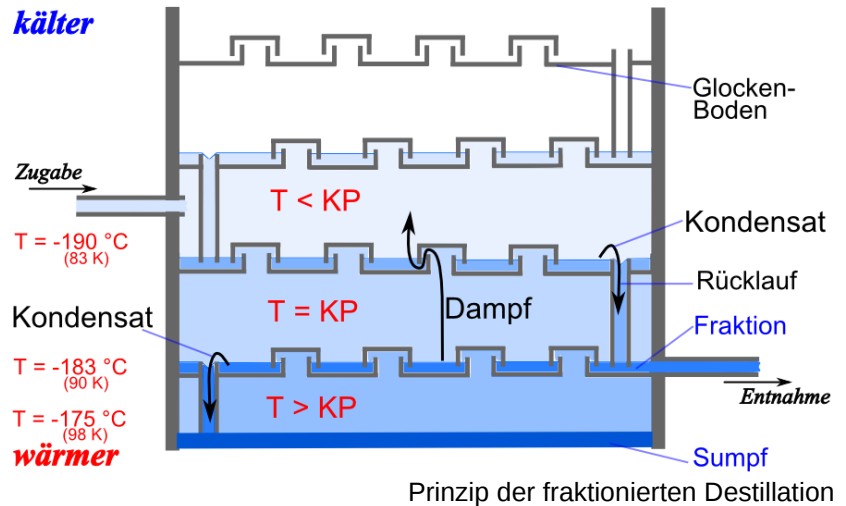
Im unteren Teil der Kolonne ist es wärmer, da hier weniger gekühlt wird. Hier werden die Gase abgetrennt, die bei höheren Temperaturen siedend. Dazu gehören z.B. die Edelgase Argon, Krypton und Xenon. Gas besonders wichtig ist hier die Sauerstoff-Abtrennung.

Da immer wieder neue flüssige Luft zugeführt wird, füllt sich jeder Boden immer mehr. Über Löcher im Boden, die mit Glocken abgedeckt sind, kann nicht verdampfte Luft nach unten auf die darunterliegenden Böden fließen.



Prinzip der fraktionierten Destillation
am Beispiel der Sauerstoff-Abtrennung
Q: de.wikipedia.org (Mordechai1)

Da auf den unteren Böden eine leicht höhere Temperatur (T) vorherrscht, siedet wieder die Bestandteile, deren Siedepunkt (KP ... Kochpunkt) über der Boden-Temperatur liegt. Bestandteile, die also leichter siedet (bei kleinere Temperaturen) sammeln sich nach und nach oben an. Bestandteile mit höheren Siedetemperaturen entsprechend unten. Nach und nach sammeln sich die reinen – gerade noch verflüssigten – Bestandteile auf den Glocken-Böden an und können dann abgezogen werden.



Aufgaben:

1. *Erkläre, wo sich der Stickstoff ansammeln wird!*
2. *Wo sammeln sich die anderen bedeutenden Bestandteile der Luft in der Fraktionier-Kolonne? Erstelle eine Schichtfolge!*

interessante Links:

<https://www.youtube.com/watch?v=-mUKww4iPgw> (Video der Linde AG)
<https://www.youtube.com/watch?v=Lm3AqXmIXVY> (Video, Prinzip-Darstellung)
https://www.youtube.com/watch?v=8PHlyK_G0z8 (SWR – Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik)

x.y.z. Verunreinigung der Luft

Luft-Verunreinigungen:

- Rauch
- Ruß
- Dämpfe
- Geruchsstoffe
- Aerosole
- Staub
- FCKW (Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe)
- saurer Regen
- Ozon
- Giftgase
-

Feinstaub

saurer Regen

Ozon

Verunreinigungs-Gruppen

- Rauch
- Ruß
- Staub
- Aerosole
- Dämpfe
- Geruchsstoffe

Treibhausgase

Ozon-Killer FCKW

Kohlendioxid

Methan

x.y.z. Bedeutung der Luft

Für uns Menschen sind schon mehr als drei Minuten fehlende Luft – und dabei ist natürlich vorrangig der Sauerstoff-Anteil gemeint – lebensbedrohlich. Wir brauchen den Sauerstoff für unsere Energie-Erzeugung. Bei der sogenannten Zell-Atmung wird dabei Glucose (Traubenzucker) mittels Sauerstoff in Kohlendioxid und Wasser umgesetzt. Bei dieser Oxidation wird stufenweise viel Energie frei, welche die Zellen für ihre Lebensvorgänge benötigen.

Fehlt im Gehirn der Sauerstoff, dann kann es schon nach wenigen Minuten zu dauerhaften Schädigungen kommen. Die ersten Nervenzellen sterben ab und wichtige Hirn-Funktionen fallen weg. Nervenzellen sind besonders empfindlich gegenüber Sauerstoff-Mangel.

Der Stickstoff-Anteil ist in der Luft aber nicht ohne Bedeutung. Zum Einen verhindert er die schnelle Oxidation vieler Stoffe (Verdünnungs-Effekt).

Zum Anderen sorgt der gleiche Effekt dafür, dass wir uns nicht am Sauerstoff vergiften (Sauerstoff-Toxikose). Eine reine Sauerstoff-Atmosphäre wäre ebenfalls schädlich für uns, wie ein Sauerstoff-Mangel.

Ursache der Schädigungen in unserem Körper sind zerfallende Sauerstoff-Moleküle. Es bilden sich einzelne Sauerstoff-Atome, die über ungepaarte Elektronen verfügen. Solche Atome nennen wir Radikale. Sie sind extrem reaktionsfreudig und zerstören verschiedene Moleküle in den Zellen.

Ausgangsstoff für die chemische Industrie

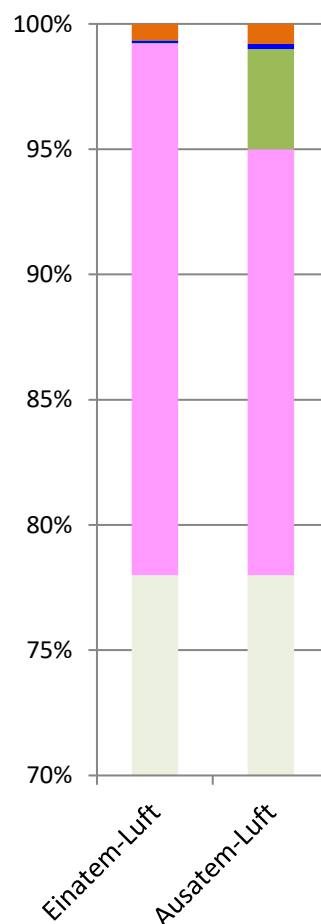
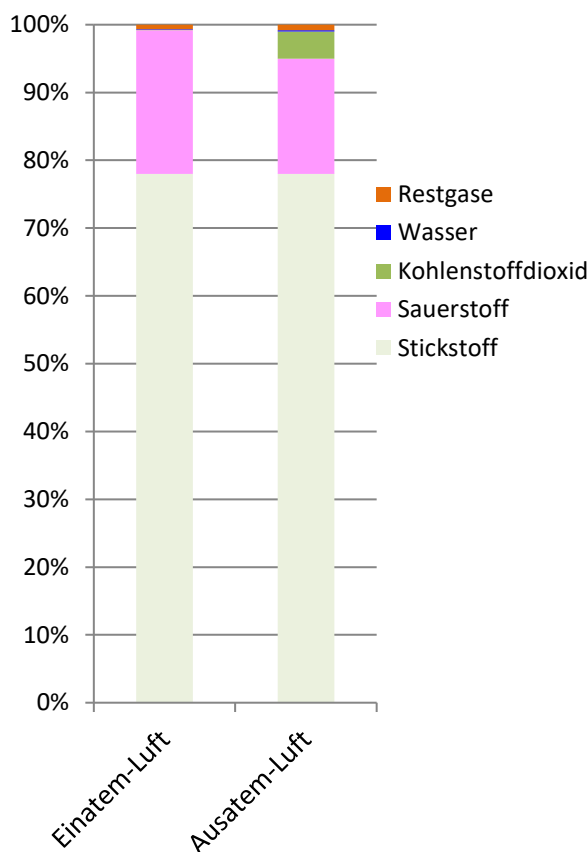
Ausgangsstoff für die Erzeugung der Einzelgase durch Luft-Verflüssigung und nachträgliche fraktionierte Destillation

Aufgaben:

1. *Vergleiche die Verteilung der Gase in der Ein- und Ausatem-Luft von uns Menschen!*

2.

3.



x.y.z. Reinhaltung der Luft

Bundesimmissionsschutzgesetz

In ihm sind bestimmte Grenzwerte verzeichnet, die beschreiben, wieviel eines Stoffes in der Luft – meist die von Arbeitstätten gemeint – enthalten sein darf.

Ein solcher Wert ist der MAK-Wert. MAK steht dabei für **M**aximale **A**rbeitsplatz-**K**onzentration. Der Wert sagt aus, wieviel eines Stoffes in der Luft enthalten sein darf, ohne dass Gesundheitsschäden zu erwarten sind. Dabei ist ein Belastungs-Zeitraum von einer Woche (5 Arbeitstage mit 8 Stunden = 40 Stunden) gemeint.

Der MAK-Wert für Nikotin liegt bei 0,5 mg / m³.

Rauchen von Zigaretten etc. nur außerhalb von Gebäuden erlaubt. Rauch-Verbot in öffentlichen Gebäuden und auf öffentlichen Flächen. Besonderer Schutz von Kindern, Jugendlichen und Schwangeren.

Aufgaben:

- 1.
2. *Warum ist ein striktes Rauch-Verbot auf dem Gelände der Schule notwendig und sinnvoll?*
- 3.

Bestimmung der Masse von Luft

Materialien / Geräte:

Fein-Waage (Auflösung 1 mg); Plastik-Spritze mit Verschluß (mind. 50 ml); Nagel

Hinweise:

- ersatzweise kann auch ein Luftballon ohne und mit Luft gewogen werden (die Berechnungen sind dann nicht so einfach möglich!)

Vorbereitung:

- Plastik-Spritze muss am beweglichen Teil () mit ein Loch versehen werden, damit sie mittels Nagel im ausgezogenen Zustand fixiert werden kann

Durchführung / Ablauf:

- Masse der Spritze mit Verschluß und Nagel bestimmen (3 Messungen mitteln)
- Spritze aufziehen
- Spritze leeren, verschließen und ausziehen (Vakuumieren) und mit Nagel fixieren
- erneut Masse bestimmen (3 Messungen mitteln)

Berechnungen:

- Berechne die Masse des Luft-Volumen's aus der Spritze!
- Berechne die Masse von 1 ml Luft!
- Berechne die Masse von 1 l Luft!
- Berechne Deinen experimentellen Fehler, wenn die exakte Masse $1,293 \text{ g/dm}^3$ beträgt!

Sauerstoff

- **Darstellung**

SE: Darstellen mit pneumatischem Auffangen

- **Eigenschaften**
- **Nachweis**

SE: Spanprobe

- **Bau**
 - **Molekül**
 - **Atombindung als chemische Bindung**
 - **Formel**
 - **Formel in Elektronenschreibweise**

Reaktion von Metallen und Sauerstoff

SE: Reaktion von Metallen mit Sauerstoff

Die Stoff- und Energieumwandlung als Merkmale chemischer Reaktionen sind zu wiederholen.

Der Begriff Korrosion ist miteinzubringen.

Auf wirtschaftliche Schäden durch Korrosion von Metallen soll eingegangen werden.

- **Wortgleichung**

Die Begriffe Ausgangsstoffe, Reaktionsprodukte und die Bedeutung des Reaktionspfeils sind zu erarbeiten.

Das Aufstellen der Formeln der Metalloxide erfolgt mithilfe der Ionen oder Wertigkeiten.

Name und Formeln der Metalloxide

- **Begriff chemische Verbindung**

Die Einteilung der Reinstoffe ist mit den Begriffen chemisches Element und chemische Verbindung zu erweitern.

Gesetz von der Erhaltung der Masse

DE: Massenvergleich vor und nach einer chemischen Reaktion

Aufstellen der Reaktionsgleichungen

- **Das Aufstellen der Reaktionsgleichungen erfolgt für die Bildung der Metalloxide.**
- **Oxidation**
Die Reaktion mit Sauerstoff gehört zu den Oxidationsreaktionen.
- **Reduktion**
Der Entzug von Sauerstoff gehört zu den Reduktionsreaktionen.

SE: Zerlegen von Silber(I)-oxid und Nachweis von Sauerstoff

- **Redoxreaktionen**

Redoxreaktion ist im engeren Sinne als Reaktion mit Sauerstoffübertragung zu betrachten.

- **Redoxreaktion mit Teilreaktionen**
- **Bedeutung**

Auf die Bedeutung der Redoxreaktionen bei der Metallgewinnung besonders von Eisen ist hinzuweisen.

Der Hochofenprozess ist zu veranschaulichen.

SE: Reaktion von Kupfer(II)-oxid mit Eisen oder Zink

SE: Kupfer(II)-oxid mit Kohlenstoff

x. Stickstoff und Sauerstoff – Hauptbestandteile der Luft

von uns Menschen wird Luft als ein Stoff wahrgenommen. In der wissenschaftlichen Untersuchung stellte es sich aber als Stoff-Gemisch heraus.

Die Elemente Stickstoff und Sauerstoff machen zusammen 99% der Luft aus. Sie sind die Hauptbestandteile der Luft. Die anderen Gase sind sogenannte Spuren-Gase.

Hier sind die zwei Verbindungen Kohlenstoffdioxid (Cohlen(stoff)dioxid) und Wasser (Hydrogenoxid) zu nennen.

Für chemische Versuch können wir Luft recht einfach aufbereiten. Wenn man Sauerstoff braucht, dann hat man die rund 20 % in der Luft. Durch den Stickstoff ist der Sauerstoff so verdünnt, dass heftige Reaktionen meist ausbleiben. Reichert man die Luft mit Sauerstoff an, dann laufen viele chemische Vorgänge deutlich heftiger ab.

Zur einfachen Herstellung von Stickstoff, kann man in einem abgeschlossenen Luft-Volumen eine Verbrennung (z.B. von Magnesium ablaufen lassen. Dann wird der Sauerstoff verbraucht und übrig bleibt fast reiner Stickstoff.

Die anderen Gase können vernachlässigt werden. Die meisten sind sehr reaktionsträge und beteiligen sich nur selten an chemischen Reaktionen.

x.y. Sauerstoff

O von Oxygenium

Entdeckung durch SCHEELE, nannte es "Feuerluft"

durch LAVOISIER (1774) als Element erkannt

Name wurde so bestimmt, weil man lange annahm, dass der Sauerstoff für die Säuren und ihre Eigenschaften charakteristisch sei

16, VIa	
8	15,99
2 L	3,5
O	
Sauerstoff	
2, 6	
g	NMe

Sauerstoff-Transporte oder Gas-Flaschen, die mit Sauerstoff gefüllt sind, müssen mit den nebenstehenden Gefahren-Symbolen gekennzeichnet sein.

Das orange Pictogramm ist veraltet und muss durch die beiden! obigen – rot umrandeten – ersetzt werden. Solche Symbole sind nach dem neuen **g**lobal **h**armonisierten **S**ystem zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS) international verbindlich.

Das gelbe "Oxidizer"-Symbol (dt. für: Oxidator) ist bei Gefahrgut-Transporten vorgeschrieben.



Aufgaben:

1. Informiere Dich, was die Pictogramme (Gefahrensymbole) genau bedeuten!

x.y.z. Vorkommen

Vorkommen in der Erdrinde

hauptsächlich im Wasser und in Metalloxiden

im Stoffgemisch Luft mit rund 21% enthalten

Masse-Anteil des reinen Sauerstoff (in der Luft) nur 23,135 % bezogen auf die gesamte Erdrinde

Element	Anteil [%]	
Sauerstoff	50	
Silicium	25	
Aluminium	7,5	
Eisen	4,7	
Calcium	3,4	
Natrium	2,6	
Kalium	2,4	
Magnesium	1,9	
restl. Elemente		

mit 30 % das zweithäufigstes Element der gesamten Erde, häufiger ist das Eisen (→ Erdkern)

wichtige oxidische Erze:

Magneteisenstein (Fe_3O_4), Roteisenstein (Fe_2O_3), Braunstein (MnO_2), Zinnstein (SnO_2), Titanoxid (TiO_2)

x.y.z. submikroskopischer Bau

Aus verschiedenen physikalischen und chemischen Untersuchungen weiss man, dass Sauerstoff in der Luft vorrangig als zweiatomiges Gebilde vorkommt. Nur durch hohe Temperaturen oder anderweitige Energiezufuhr lassen sich die beiden Atome wieder voneinander trennen.

Es handelt sich also – wie auch beim Stickstoff – um ein Molekül.

Aber warum kommt der Sauerstoff in Form von zweiatomigen Molekülen vor.

Betrachten wir die einzelnen Sauerstoff-Atome. Die sechs Außen-Elektronen werden laut LEWIS-Schreibweise zuerst einzeln und dann gepaart oben, unten, links und rechts an das Atom-Symbol notiert. Dabei zeigen sich zwei freie – ungepaarte – Elektronen, wie sie auch in der Praxis nachweisbar sind. Diese Situation ist energetisch ungünstig. Die Atome streben die Paarung der Elektronen und die Bildung einer voll besetzten Schale an. Durch die gemeinsame Nutzung aller ungepaarten Elektronen durch beide Atome entsteht – zu mindestens zeitweilig – genau so eine Situation. Diese ist energetisch deutlich stabiler. Diese gemeinsame Nutzung von Elektronen-Paaren nennen die Chemiker eine Atom-Bindung. Der energetische Vorteil hält die beiden Atome zusammen. Nur durch einen großen Energie-Aufwand lassen sich die Atome nun wieder voneinander trennen. Solche Energiemengen können z.B. in chemischen Reaktionen entstehen.

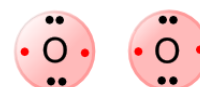
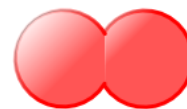
So ein stabiles zweiatomige Gebilde nennen wir Molekül. In Molekülen können auch mehr als zwei Atome – auch unterschiedlicher Elemente – miteinander verbunden sein.

Wir unterscheiden zwischen Bindungs-Elektronen-Paaren, die in den Bindungen "fest" stecken, und den freien Elektronen-Paaren. Die freien Elektronen-Paare sind die Kontakt-Aufnehmer zu anderen Atomen, Molekülen usw.

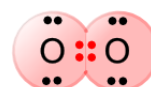
Die Elektronenpaare stoßen sich trotz des energetischen Vorteils ab. Sie sind ja alle gleichartig geladen. Vielfach werden die Elektronen-Paare dann auch um 120° versetzt gezeichnet.

In vielen vereinfachten Darstellungen werden die freien Elektronen-Paare gar nicht mitangezeigt, da sie für das Verständnis des Moleküls eine untergeordnete (aber nicht unwesentliche) Rolle spielen.

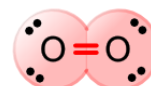
Bindungen werden also als verbindende Striche zwischen Atom-Symbolen dargestellt. Für eine doppelte Bindung werden zwei Stiche verwendet (entspricht einem Gleichheitszeichen).



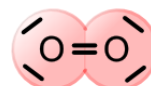
zwei einzelne Sauerstoff-Atome
in LEWIS-Schreibweise



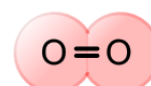
gemeinsame Nutzung
der freien Elektronen



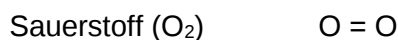
Vorstellung gemeinsam genutzter
Elektronen als Bindungen und
Elektronen-Paar-Abstoßung



übliche Anordnung
der Elektronen-Paare



vereinfachte Darstellung



Es gibt Moleküle, die besitzen nur eine Atom-Bindung. Beispiele hierfür sind Fluor, Chlor, Brom und Iod. Wieder andere Moleküle besitzen Dreifach-Bindungen. Ein solches Molekül ist beim Stickstoff zu beobachten.

Aufgaben:

1. *Wie könnte man erklären, dass sich ein Stickstoff-Molekül nur extrem schwer zerteilen lässt und deshalb Stickstoff auch so reaktions-träge ist?*
2. *Notiere die Atome von Chlor, Brom und Iod in LEWIS-Schreibweise! Kombiniere die Atome mit gleichartigen Atomen, so dass stabile Moleküle entstehen!*
3. *Warum bestehen zwischen den Atomen in den Fluor-, Chlor-, Brom- und Iod-Molekülen nur Einfach-Bindungen (einfache Atom-Bindungen)? Erkläre!*

Definition(en): Molekül
Ein Molekül ist ein Teilchen atomarer Größe, das eine abzählbare Menge von mehr als einem Atom enthält.
Moleküle sind Teilchen aus mindestens zwei Atomen, bei denen die Atome vorrangig über Atom-Bindungen zusammenhalten werden.
Moleküle sind zwei- oder mehratomige Teilchen, die durch chemische Bindungen zusammengehalten werden.
Ein Molekül ist die kleinste, aus mehreren Atomen bestehende Einheit einer chemischen Verbindung / eines chemischen Stoffes, die noch die Eigenschaften der Verbindung zeigt.
Ein Molekül ist ein – für sich abgegrenzter – Verband von Atomen.
Ein Molekül ist eine Gruppe von Atomen, die durch chemische Bindung zusammengehalten wird und als Einheit auftritt.
Ein Molekül ist ein aus Atomen zusammengesetztes und durch chemische Kräfte zusammengehaltenes Objekt.

Definition(en): Molekül-Substanz
Eine Molekül-Substanz ist ein Reinstoff, der aus Molekülen aufgebaut ist.
Ist ein reiner Stoff aus Molekülen zusammengesetzt nennen wir ihn Molekülsubstanz.

Formel einer Molekül-Substanz

Bei Molekül-Substanzen wird die kleinste praktisch vorkommende Einheit als Bezug für die Aufstellung einer Formel genutzt. Die Symbole der enthaltenen Elemente werden hintereinander aufgeschrieben. Die Anzahl, der von jeder Art enthaltenen Atome, wird als Index hinter das Element-Symbol notiert. Deshalb hat Sauerstoff die Formel O_2 . Es besteht aus Sauerstoff-Atomen – und zwar aus genau zwei. Diese beiden Atome bilden ein Molekül.

Im Fall von Wasser ist die Formel H_2O . Es besteht also aus den Elementen Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O). In einem Molekül sind genau zwei Atome Wasserstoff und ein Atom Sauerstoff enthalten. Eine Eins an das Symbol zu schreiben, ist ein großer Schreibaufwand ohne neue Information. Deshalb wurde international vereinbart, dass eine Eins nicht mitgeschrieben wird bzw. mitgeschrieben werden darf!

Die Formeln von Molekül-Substanzen sind feststehende Einheiten. Sie können nicht geteilt werden. Braucht man für eine chemische Gleichung mehr, dann muss das durch einen Faktor vor der Formel gekennzeichnet werden.

(Eine seltene Ausnahme ist die Verwendung von atomiger Teilungen bei Molekülen, die nur aus einem Element bestehen. Bei Sauerstoff mit der Formel O_2 wäre also auch $\frac{1}{2}$ als Stoffmenge möglich. Beim Ozon mit der Formel O_3 darf eben nur die Stoffmenge $\frac{1}{3}$ verwendet werden. Solche Angaben sollen nur dann verwendet werden, wenn die restliche Gleichung sonst unnötig kompliziert wird oder unnötig große Zahlen enthält.)

Aufgaben:

1. Überprüfe, ob die folgenden "Formeln" Moleküle darstellen und ob sie richtig notiert sind! Korrigiere eventuelle Fehler!

a) H_2S

b) NH_3

c) Cl_3

d) H_1Cl_1

e) C_2H_2

f) 2 HBR

g) CF^2Cl_2

h) O

i) H_2O_2

Definition(en): Atom-Bindung

Eine Atom-Bindung ist eine relativ stabile und feste Verknüpfungen (Verbindung) von zwei Atomen unter gemeinsamer Nutzung von Elektronen.

Eine Atom-Bindung ist eine relativ stabile und feste Verknüpfungen (Verbindung) von zwei Atomen unter gemeinsamer Nutzung von Elektronen(-Paaren) zur (/zum scheinbaren) Erreichung einer vollen Außenschale.

x.y.z. Darstellung

Herstellung und pneumatisches Auffangen

Gase, die sich nicht oder kaum in Wasser lösen werden am Einfachsten pneumatisch aufgefangen, besonders reines Füllen von Gefäßen mit den gebildeten Stoffen (Gasen) möglich Mischung mit Luft ausgeschlossen, wenn die ersten produzierten Gase aus dem Gas-Entwickler verworfen werden

pneumatisch bedeutet hier durch Wasser-Verdrängung

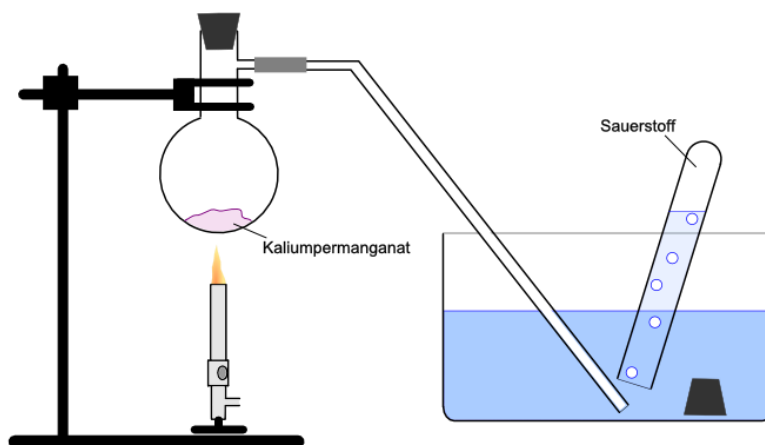
bei abweichender Dichte zu Luft kann ein Gas auch durch Luft-Verdrängung aufgefangen werden, meist entstehen aber Gas-Luft-Gemische!
außerdem geht relativ viel Gas verloren (z.B. bei giftigen Gasen problematisch)

Thermische Zersetzung von Kaliumpermanganat

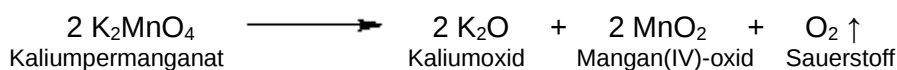
Kaliumpermanganat ist ein sehr Sauerstoff-reiches Salz. Die Endung **-at** deutet das auch an.

Beim Erhitzen zerfällt es in Sauerstoff, Kaliumoxid und Mangan(IV)-oxid (Braunstein). Das gebildete Gas wird pneumatisch – also über eine Wasser-Wanne (pneumatische Wanne) aufgefangen. Das geht aber nur bei Gasen, die sich nur wenig oder garnicht in Wasser lösen.

Die Auffang-Gefäße – hier z.B. ein Reagenzglas – werden vorher mit Wasser gefüllt, um andere Gas ganz auszuschließen.

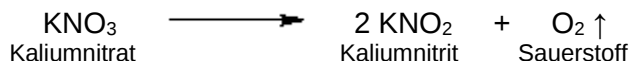


Herstellung von Sauerstoff aus Kaliumpermanganat



Thermische Zersetzung von Nitraten

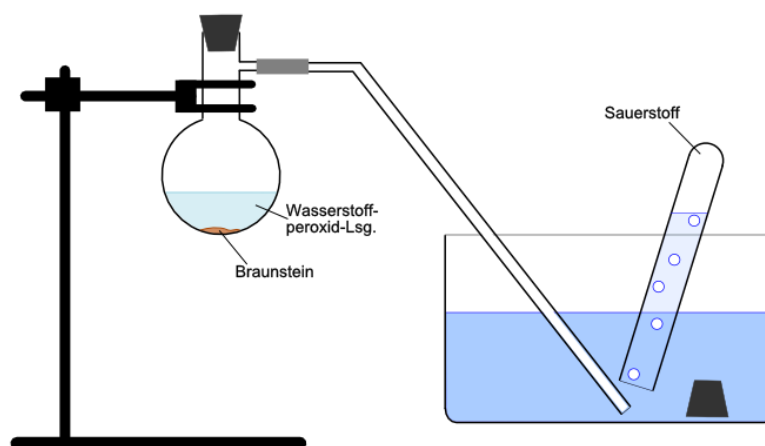
Auch Nitrate enthalten viel Sauerstoff. Viele lassen sich ebenfalls thermisch zersetzen:



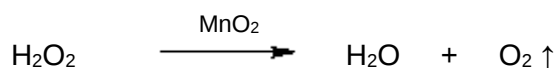
Zerfall von Wasserstoffperoxid in Anwesenheit von Braunstein

Eine weitere Möglichkeit der Sauerstoff-Darstellung ist die Zersetzung von Wasserstoffperoxid (Wasserstoffsuperoxid). Normalerweise zerfällt Wasserstoffperoxid sehr langsam. Setzt man aber Braunstein (Mangan(IV)-oxid) dazu, dann läuft die Reaktion sehr stark ab.

Interessanterweise bleibt Braunstein nach der Reaktion übrig – es wird also nicht verbraucht. Solche Stoffe – die Reaktionen beschleunigen und nach der Reaktion unverbraucht vorliegen – nennen wir Katalysatoren. Katalysatoren werden auf dem Reaktionspfeil notiert:



Herstellung von Sauerstoff aus Wasserstoffperoxid

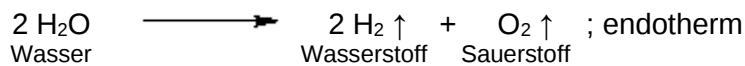


Das Braunstein ist nach der chemischen Reaktion immer noch vorhanden. Auch die Menge hat sich nicht geändert. Scheinbar hat es gar nicht an der Reaktion teilgenommen. Ganz offensichtlich hat die Zersetzung des Wasserstoffperoxides (Blasenbildung) aber erst begonnen, als das Braunstein dazugegeben wurde. Braunstein fungiert in dieser Reaktion als sogenannter Katalysator. Es ist für die Reaktion notwendig, liegt aber nach der Reaktion unverbraucht vor.

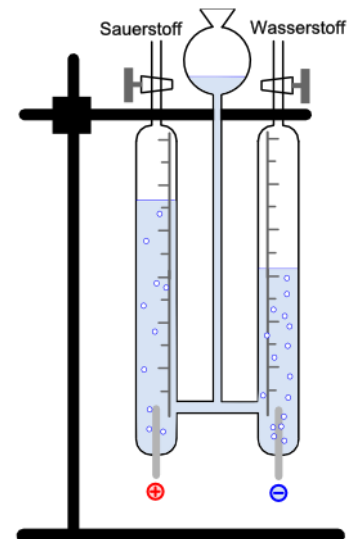
Elektrochemische Zersetzung von Wasser im HOFFMANN-schen Wasser-Zersetzer

Wasser lässt sich mittels elektrischen Strom in seine Elemente zerlegen. Somit bilden sich im HOFFMANNschen Wasserzersetzer Wasserstoff und Sauerstoff. Als Elektroden wird Platin verwendet.

Im Labor ist diese Methode gut geeignet, bestimmte Mengen von Wasserstoff oder Sauerstoff zu produzieren.



An der Kathode (negative Elektrode) setzt sich der Wasserstoff ab. Sauerstoff wird an der Anode (positive Elektrode) produziert.



x.y.z. Eigenschaften

Siedetemperatur TKP = $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$

Schmelztemperatur TF = $-218\text{ }^{\circ}\text{C}$

Löslichkeit in Wasser 49 ml / l [Wasser] → wenig Wasser-löslich

größere Dichte (1,43 g/l) als Luft (1,29 g/l) → sammelt sich also unten (stehende Luft)

in höherer Konzentration Gesundheitsgefährdend → zerstört biologisches Gewebe und viele Bio-Moleküle

gilt nicht als Gift / ab 1,4 – 1,6 bar reinem Sauerstoff giftig; entspricht rund 6 bar der normalen Luft
ab 50 m Tauchtiefe kann Taucher-Krankheit auftreten

kurzzeitige hohe Sauerstoff-Gaben kein Problem
medizinische Sauerstoff-Gabe (Beatmung) sorgt nur für Ausgleich der Krankheits- oder Unfall-bedingten Mangel-Versorgung des Körper mit Sauerstoff; natürliche Atmung bei Erkrankungen meist unzureichend

Im Allgemeinen gilt Sauerstoff als ungiftig. Bei sehr hohen Mengen Sauerstoff in einem Gasgemisch oder gar reinem Sauerstoff kann es aber zu einer Vergiftung kommen. Ozon als eine besondere Form von Sauerstoff ist aber sehr giftig. Schon geringe Mengen werden von uns gerochen. Ozon riecht stechend-scharf und Chlor-ähnlich.

Sauerstoff ist sehr leicht magnetisch (durch Bewegung der Teilchen Gas od. in der flüssigen Form aber kaum von Bedeutung). Die Moleküle lassen sich durch starke Magnetfelder aber ausrichten.

Sauerstoff selbst brennt nicht, es fördert aber die Verbrennung. Mit dem besonderen Gefahren-Symbol der brennenden Tonne soll auf diesen Umstand besonders hingewiesen werden. Die Gefährlichkeit ergibt erst, wenn neben dem Sauerstoff (oder eben einer anderen Brand-fördernden Substanz) ein brennbarer Stoff vorhanden ist. Für sich ist Sauerstoff nicht gefährlich.

ist dieser vorhanden und mehr Sauerstoff – als gewöhnlich vorhanden, dann besteht Entzündungs- und Brandgefahr
einige Stoffe entzünden sich in reinem Sauerstoff spontan
solche dürfen niemals in der Nähe von Sauerstoff gelagert oder mit ihnen hantiert werden



flüssiger Sauerstoff

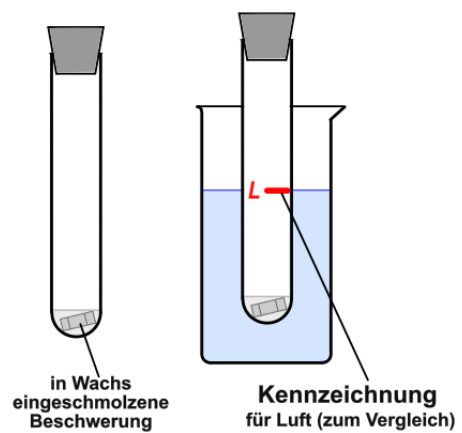
Q: de.wikipedia.org (Dr. Warwick Hillier)



brand-fördernd



komprimierte oder verflüssigte Gase



Hinweis:

Apperatur mit der Kennzeichnungen für spätere Versuche (→ z.B. Dichte von Wassererstoff) wegstellen.

Reaktion mit Sauerstoff - Oxidation

Viele Stoffe sind in der Luft brennbar. In Öfen oder auf dem Grill nutzen wir diese chemische Reaktion:

Holz + Luft $\longrightarrow$ Kohlenstoffdioxid + Wasser + Asche ; Wärmeabgabe

Bei der Verwendung von Kohle (z.B. Holzkohle) können wir die Gleichung noch genauer formulieren:

Kohlenstoff + Sauerstoff $\longrightarrow$ Kohlenstoffdioxid ; exotherm

bzw.:

C + O₂ $\longrightarrow$ CO₂ ; exotherm

Ein solcher Vorgang wird auch Verbrennung genannt und meint eine chemische Reaktion, bei der ein Stoff mit Sauerstoff unter Energiefreisetzung (Wärme und Licht) umgesetzt wird. Besonders die Licht-Erscheinungen (Feuer) charakterisieren die Verbrennungen.

Manche Stoffe, wie z.B. das Natrium reagieren schon beim offenen Liegen an der Luft mit dem Sauerstoff. Die begleitende – beobachtbare – Energiefreisetzung kann dabei recht schwach ausfallen.

4 Na + O₂ $\longrightarrow$ 2 Na₂O ; exotherm
Natrium Sauerstoff Natriumoxid

Ähnlich ist es beim Rosten von Eisen. In jedem Fall entstehen bei den Reaktionen Oxide.

4 Fe + 3 O₂ $\longrightarrow$ 2 Fe₂O₃ ; exotherm
Eisen Sauerstoff Eisen(III)-oxid

Wir sprechen allgemein bei Reaktionen von Stoffen mit Sauerstoff von Oxidationen.

Stoff + Sauerstoff $\longrightarrow$ Oxid ; exotherm *Oxidation*

Passiert die Reaktion ohne große Energie-Freisetzung oder zieht sie sich über einen sehr langen Zeitraum hinweg, dann spricht man von einer langsamen oder stillen Oxidation.

Andere Oxidationen laufen deutlich heftiger ab. Hier spricht man dann eben von Verbrennungen oder schnellen Oxidationen.

Betrachten wir nun einige der Oxidationen etwas genauer:

Reaktion von Magnesium mit Sauerstoff – Bildung von Magnesiumoxid

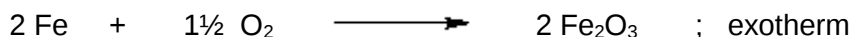
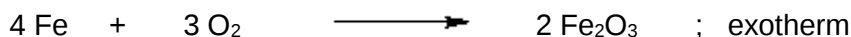
Magnesium + Sauerstoff $\longrightarrow$ Magnesiumoxid ; Wärme + Licht
fest, silber gasförmig, fest, weiß
glänzend farblos

Mg + O₂ $\longrightarrow$ MgO ; exotherm

Reaktion von Eisen mit Sauerstoff – Bildung von Eisenoxid

Eisen + Sauerstoff $\longrightarrow$ Eisen(III)-oxid ; Wärme + Licht
fest, grau gasförmig, fest, schwarz

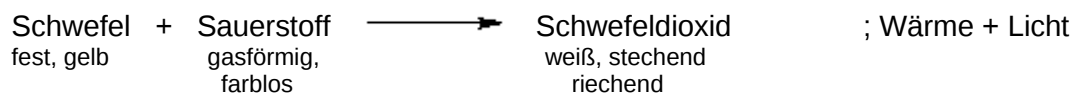
dunkelgrau farblos



Im Prinzip reagieren alle Metalle mit Sauerstoff. Die Reaktionprodukte heißen Metalloxide. Wie sieht das nun mit anderen Stoffen / Elementen aus? Reagieren Sie auch mit Sauerstoff in Form einer Verbrennung?

Das können wir gut mit Schwefel oder Phosphor probieren. Beide Elemente sind gut handhabbar.

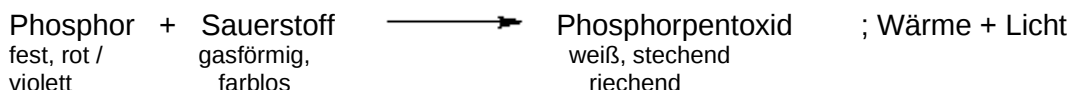
Reaktion von Schwefel mit Sauerstoff – Bildung von Schwefeldioxid



Beim Schwefel ist auch noch die Bildung eines zweiten Oxides möglich. Bei der normalen Verbrennung an der Luft kommt dieses Oxid aber nur in geringen Mengen vor:



Reaktion von Phosphor mit Sauerstoff – Bildung von Phosphorpentoxid



Bei den Nichtmetallen ist die Reaktions-Freudigkeit bezüglich Sauerstoff nicht so ausgeprägt, wie bei den Metallen. Die Reaktionsprodukte heißen Nichtmetalloxid.

Stoffe die neben einem Element noch Sauerstoff enthalten, nennen wir allgemein Oxide.

Alle Reaktionen sind durch die Bildung eines Oxides unter Wärme und / oder Licht-Freisetzung gekennzeichnet. Da immer Sauerstoff (früher: Oxygenium genannt) beteiligt ist, heißen solche Reaktionen **Oxidation**. In Anlehnung an die frühere Benennung findet man in älteren Büchern auch die Schreibung **Oxydation**.

Aufgaben

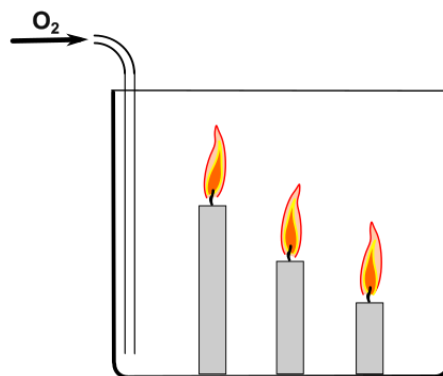
1. *Leite aus dem Text Definitionen für die Begriffe Verbrennung, Oxidation und Oxid ab!*
2. *Stelle die Wortgleichungen für die Verbrennung von Kalium, Barium, Kohlenstoff und Aluminium auf! Informiere Dich im Tafelwerk, wie die Oxide exakt heißen und welche Formel sie haben?*

2. Notiere die Symbole bzw. Formeln in einer unvollständigen Reaktions-Gleichung! (Dazu werden vor und hinter die Gleichung senkrechte Striche – wie beim Absolut-Zeichen – genutzt!)

für das gehobene Anspruchsniveau:

x. Stelle exakte (ausgeglichene) chemische Gleichungen für die bei 1. aufgestellten Wortgleichungen auf!

Später werden wir den Begriff Oxidation erweitern und dann auch Reaktionen einbeziehen, die keinen Sauerstoff beinhalten.



x.y.z.2. energetischer Verlauf einer Oxidation

Bei jeder Reaktion müssen die Teilchen der Ausgangsstoffe aus ihren normalen Zusammenlagerungen entfernt werden. Dazu ist Energie notwendig. Unter den normalen Bedingungen (Zimmer-Temperatur, normaler Luftdruck) haben die meisten Stoffe bzw. deren Reaktions-Partner nicht die notwendige Energie. Sie muss den Reaktions-Partner in den meisten Fällen hinzugefügt werden. Dadurch gelangen die Teilchen in einen angeregten Zustand. Die Teilchen der Ausgangsstoffe lösen sich aus ihrem Verband und ev. werden auch die einzelnen Atome frei. Diesen speziellen Zustand nennt man den Übergangszustand oder aktivierten Zustand. Er ist typisch für jede Reaktion. Die Theorie, die den Verlauf einer chemischen Reaktion über einen solchen Übergangszustand beschreibt heißt Theorie des Übergangszustandes.

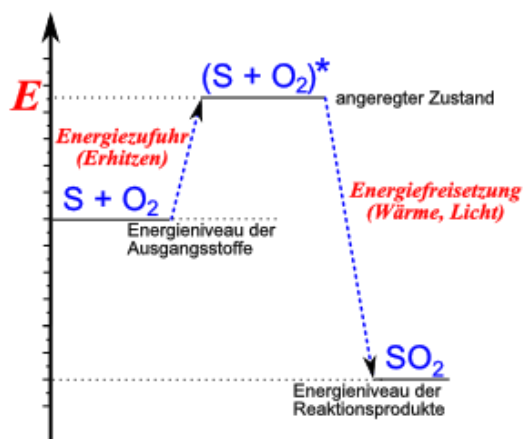
Der Reaktions-Verlauf aus energetischer Sicht, wird in sogenannten Energieniveau-Schemata dargestellt. Auf der Ordinate (y-Achse, Hoch-Achse) wird die Energie abgetragen. Wichtig ist hierbei die Erkenntnis, dass wir den genauen Wert der Energie eines Stoffes nicht kennen. Deshalb wird an der Ordinate auch kein 0-Wert verzeichnet. Betrachtet werden nur Veränderungen der Energie. Wird die Energie des Stoffs / der Stoffe kleiner wird das Niveau unterhalb des alten eingetragen. Hat der Stoff / haben die Stoffe höhere Energie-Werte, dann wird das neue Niveau oberhalb gezeichnet. Prinzipiell sind die Graphen von links nach rechts zu lesen, das heißt die Ausgangsstoffe stehen links und die Reaktions-Produkte rechts. Ein echter zeitlicher Verlauf ist nur indirekt dargestellt. Deshalb gibt es auch keine Abzisse (x-Achse, Rechts-Achse). Um die gültigen Übergänge zwischen den Niveau's zu kennzeichnen, werden Verbindungslinien (ev. auch Pfeile) zwischen den Niveau-Linien eingezeichnet.

Für die Reaktion von Schwefel mit Sauerstoff lässt sich nebenstehendes Energieniveau-Schemata erstellen. Dieses wird folgendermaßen interpretiert:

Die Ausgangsstoffe (Schwefel und Sauerstoff) haben als Ausgangsstoffe ein bestimmtes – Zahlen-mäßig bar unbekanntes - Energieniveau. Dieses Niveau gilt, wenn nicht anders vermerkt für Standard-Bedingungen (20 °C; 1013,25 hPa). Durch Energie-Zufuhr gelangen die Teilchen in einen reaktionsfähigen Zustand, der angeregter oder Übergangszustand genannt wird. In diesem Energieniveau können sich die Atome umgruppieren. Auf der rechten Seite ist dann das Niveau des / der Reaktions-Produkte eingezeichnet.

Die gestrichelten Linien (Pfeile) zeigen die gültigen Niveau-Übergänge.

Ein direkter Übergang von den Ausgangsstoffen zu den Reaktionsprodukten ist also nicht möglich.



energetischer Verlauf
der Verbrennung von Schwefel

Zwei Energie-Werte können mit Hilfe von Wärme- oder anderen Energie-Messungen exakt bestimmt werden. Für die Bestimmung der Wärme-Menge benutzt man üblicherweise Kalorimeter.

Der erste erfassbare Wert ist die Aktivierungs-Energie. Die Aktivierungs-Energie ist die Differenz zwischen dem Energieniveau des Übergangszustandes und dem Energieniveau der Ausgangsstoffe. Die Aktivierungs-Energie muss den reagierenden Stoffen zugeführt werden.

Beim Übergang zwischen dem aktivierten Zustand und dem Endniveau wird Energie in irgendeiner Form abgegeben. Zieht man die vorher zugeführte Aktivierungs-Energie davon ab, dann bleibt die eigentliche Reaktions-Energie übrig.

Sie wird bei der Reaktion freigesetzt (z.B. exotherme Reaktion) oder muss zugeführt werden (z.B. endotherme Reaktion).

Die Differenz zwischen Endzustand und Ausgangszustand ist ein negativer Wert, da der Endzustand einem kleineren Wert der Energie entspricht. Die Reaktions-Energie einer exothermen Reaktion ist immer ein negativer Wert.

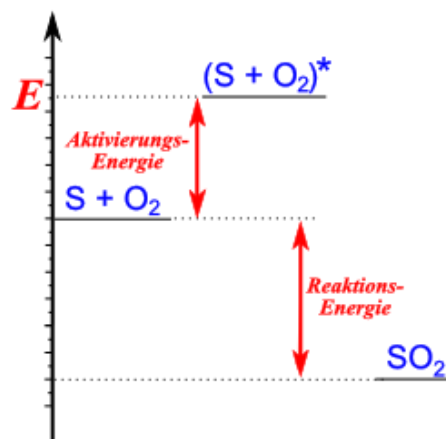
Eine Reaktion, die endotherm abläuft, ist die Bildung von Kohlenstoffdisulfid (CS_2) aus Kohlenstoff und Schwefel (unter Luftabschluß).

Jetzt sieht das Schema etwas anders aus. Der wichtigste Unterschied ist, dass das Energieniveau der Reaktions-Produkte über dem Niveau der Ausgangs-Stoffe liegt. Die Produkte beinhalten also mehr Energie, als die Edukte.

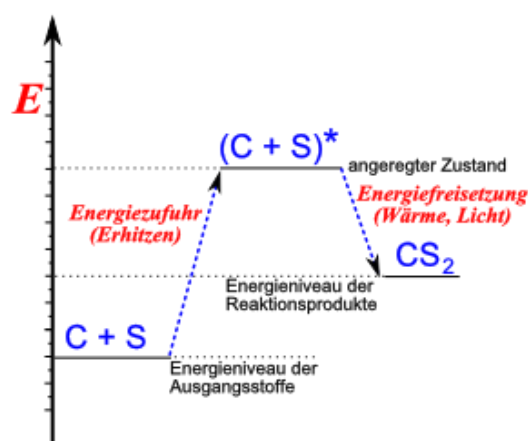
Trotzdem ist genauso, wie bei unserer ersten besprochenen Reaktion, ein erhöhtes Niveau des Übergangszustandes zu erkennen. Auch bei einer endothermen Reaktion wird Energie für die Aktivierung der Reaktion gebraucht.

Insgesamt wird aber mehr Energie für die Aktivierung gebraucht, als durch die Reaktion abgegeben wird. Es handelt sich also wirklich um eine endotherme Reaktion.

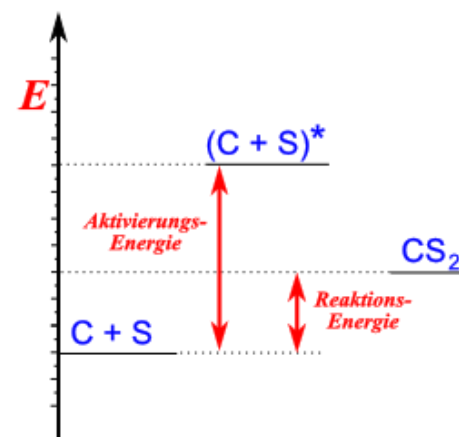
Im unteren Schema ist gut zu erkennen, dass die Reaktions-Energie wieder die Differenz zwischen Endzustand und Ausgangszustand ist. Da der Endzustand größer als der Ausgangszustand ist, erhalten wir eine positive Differenz. Diese ist das Zeichen für eine endotherme Reaktion.



Festlegung von Aktivierungs- und Reaktions-Energie



energetischer Verlauf der Reaktion von Kohlenstoff mit Schwefel



Festlegung von Aktivierungs- und Reaktions-Energie

Satz von der Erhaltung der Energie (VON MAYER, 1842) (Energieerhaltungssatz)

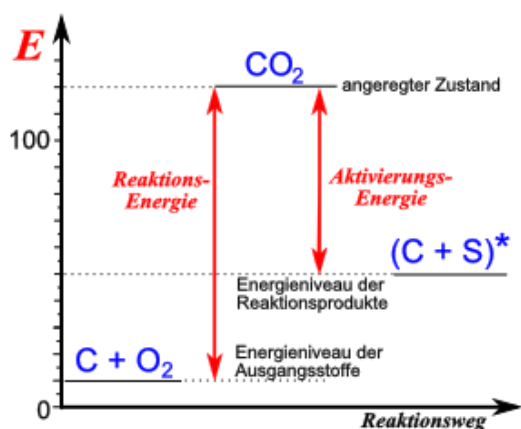
Bei allen bekannten Vorgängen wird weder Energie erzeugt, noch geht sie verloren. Energie wird immer nur von einer Form in eine oder mehrere andere Formen umgewandelt.

Die Summe aller Energie ist konstant. Energie kann nur in andere Formen umgewandelt werden.

Der Energieerhaltungssatz ist ein grundlegendes Prinzip der Naturwissenschaften, das besagt, dass Energie nur umgewandelt und transportiert werden kann.

Aufgaben:

1. Die Zersetzung von Quecksilber(II)-oxid (HgO) in Quecksilber und Sauerstoff erfolgt oberhalb von 500°C . Es handelt sich um eine schwach exotherme Reaktion. Stelle das passende Energieniveau-Schema zusammen!
2. Überlege Dir, wie ein Energie-Schema für eine Reaktion aussehen müsste, die schon bei Zimmer-Temperatur abläuft! Erläutere das Schema!
3. Ein Mitschüler schlägt für die Oxidation von Kohlenstoff das nebenstehende Energieniveau-Schema vor. Zeichne es ab! Beurteile, ob das Schema exakt ist! Wenn JA, dann erläutere es kurz! Wenn NEIN, dann streiche die fehlerhaften Elemente durch und skizziere ein neues exaktes Schema!
4. Überlege Dir, wie ein Energie-Schema für eine Reaktion aussehen müsste, die schon bei Zimmer-Temperatur abläuft! Erläutere das Schema!



für die gehobene Anspruchsebene:

5. Skizzieren Sie ein Energieniveau-Schema für die thermische Zerlegung von Kohlenstoffsulfid in die Elemente! Handelt es sich um eine endo- oder exotherme Reaktion? Begründe Deine Meinung!



**Energie geht niemals verloren!
Sie kann nur ihre Form ändern!**

x.y.z.3. Verlauf einer Oxidation auf Teilchen-Ebene

Für den erfolgreichen Ablauf einer Reaktion ist es notwendig, dass sich die Teilchen der Reaktions-Partner überhaupt erst einmal treffen. Das ist die elementare Aussage der Stoß-Theorie.

Reagiert z.B. ein fester Stoff (in der Abbildung Kohlenstoff) mit einem Gas (in der Abbildung Sauerstoff), dann müssen beide Teilchen miteinander einen Kontakt haben. Wie wir gerade gelernt haben ($\rightarrow$) müssen die Teilchen zusammen eine gewisse Energie besitzen (Aktivierungs-Energie) damit die Reaktion einsetzt. Die Energie kann sowohl aus der Bewegung des Sauerstoff-Molekül stammen, wie auch aus der Eigen-Energie des Kohlenstoffs. Die notwendige Energie könnte z.B. durch Erhitzen des Kohlenstoffs hinzugefügt worden sein. Natürlich kann die Aktivierungs-Energie auch aus der Kombination von Eigenenergie und Bewegungs-Energie kommen.

Haben die Teilchen mindestens die notwendige Energie, dann können sie intern umordnen und einen neuen Stoff – das Reaktions-Produkt – bilden.

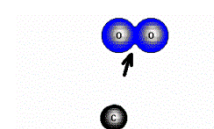
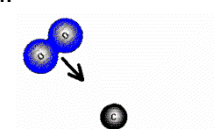
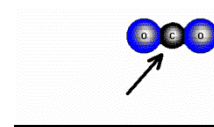
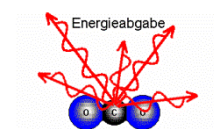
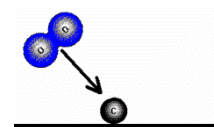
Je nach der nun noch verfügbaren Bewegungs- und Eigen-Energie kann sich das Reaktions-Produkt nun ev. weiterbewegen. Da das Reaktions-Produkt in unserem Beispiel Kohlenstoffdioxid ist, handelt es sich um ein kleines Molekül, dass mit der reichlich vorhandenen Reaktions-Energie ($\rightarrow$ exotherme Reaktion) von der Oberfläche wegfiegen kann.

Treffen sich die Teilchen nicht, dann kommt es auch nicht zu einer Reaktion.

Genau so ist es auch, wenn die Teilchen zusammen nicht die notwendige Aktivierungs-Energie mitbringen. Sie können sich dann zwar direkt treffen, die Energie reicht aber eben nicht zum Umordnen der Teilchen aus. Die Teilchen trennen sich im Normalfall wieder voneinander.

Die Teilchen können aber jederzeit durch Wärmezufuhr (z.B. Erhitzen) oder durch ein Zusammentreffen mit einem anderen Energie-reichen Teilchen deren Energie übernehmen (Stoß-Energie) und dann reaktionsfähig werden.

Die Theorie, die den Verlauf einer chemischen Reaktion auf diese Weise erklärt, nennt man kombinierte Theorie. Sie verbindet die Stoß-Theorie mit der Theorie vom Übergangszustand ($\rightarrow$).



Aufgaben:

1. Überlege Dir, wie eine Reaktion auf Teilchen-Ebene abläuft, bei der lt. Reaktions-Gleichung viel mehr Teilchen (z.B.: 3, 4, ...) benötigt werden? Stelle eine begründete Vermutung auf!
2. Zwei Feststoffe, die miteinander reagieren können (z.B. Eisen und Schwefel), sind in fein verteilter Form (Pulver) miteinander gemischt worden. Das Reaktions-Gefäß ist ansonsten mit nicht mitreagierendem Stickstoff gefüllt. Bei Zimmer-Temperatur reagieren die beiden Feststoffe nicht miteinander. Könnte man die Reaktion dadurch in Gang setzen, indem man den Stickstoff erwärmt? Wenn JA, dann erkläre wie das gehen soll! Wenn NEIN, dann erläutere, warum dieses nicht funktionieren kann!

für das gehobene Anspruchsniveau:

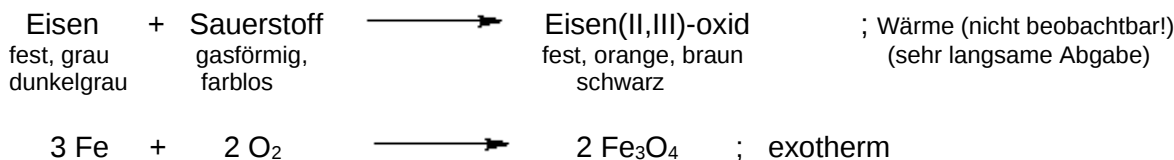
- a. Warum muss man eigentlich bei den Normal-Bedingungen immer auch den Luftdruck (üblich: 1 atm = 1013,25 hPa) mit angeben? Stelle eine begründete Hypothese auf!
- a. Diskutiere Deine Hypothese im kleinen Team!



Die Anzahl der einzelnen Atome verändert sich bei chemischen Vorgängen nicht – wohl aber deren Kombination mit anderen Atomen!

x.y.z.4. Abhängigkeit der Oxidation von äußeren Bedingungen

Viele Oxidationen finden auch schon bei Zimmer-Temperatur statt. Besonders gut kennen wir die Oxidation von Eisen bei Zimmer-Temperatur. Sie wird üblicherweise als Rosten bezeichnet.



Die Teilchen des Eisens und des Sauerstoff haben nur sehr selten die für die Reaktion notwendige Aktivierungs-Energie. Also läuft die Reaktion nur sehr selten und damit langsam ab. Steigert man die Temperatur, besitzen immer mehr Teilchen die notwendige Aktivierungs-Energie. Die Reaktion wird häufiger und somit schneller ablaufen. Aus der Erfahrung weiss man:

Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur-Regel; VANT HOFFsche Regel:

Steigert man die Temperatur bei einer Reaktion um 10 grd (10 K), dann läuft sie meist zwei- bis dreimal (selten bis zehnmal) schneller ab.

Aufgaben:

- 1. Die meisten Reaktionen werden innerhalb ihres Verlaufes immer heftiger. Wie kann man dieses Phänomen erklären?*
- 2. Warum verhindert die Unterbringung eines Lebensmittels im Kühlschrank dessen Verderb? Erkläre das genauer!*

Was passiert eigentlich, wenn man den Sauerstoff-Anteil in der Luft verändert? Ein schönes Ergebnis bringt die Erhöhung des Sauerstoff-Anteils durch zusätzliches Einleiten von Sauerstoff in ein Reaktionsgefäß. Gibt man nun ein glühendes Stück Eisen-Drahtwolle oder z.B. eine glühende Rasierklinge hinein, setzt eine besonders starke Reaktion ein. Da fliegen die Funken.

Je mehr Sauerstoff vorhanden ist, umso heftiger ist also die Oxidation. Manche Metall (z.B. Quecksilber) und Nichtmetalle (z.B. Chlor) reagieren nur bei erhöhten Sauerstoff-Anteilen in der Reaktions-Luft. Oder es müssen noch andere Reaktions-fördernde Maßnahmen ergriffen werden (z.B. Stickstoff-Oxidation → Funken / Blitze).

Je höher der Sauerstoff-Anteil im Reaktions-Gas ist, umso heftiger läuft die Reaktion ab.

Die Zunahme der Reaktions-Heftigkeit nutzen wir genau beim Sauerstoff-Nachweis aus. Dabei soll getestet werden, ob in einem Gas-Gemisch (z.B. in einem Reagenzglas) Sauerstoff enthalten ist.

Dabei wird ein klimmender Holzspan in das zu testende Gas gehalten. Glüht der Span nun auf oder fängt er gar wieder an zu brennen, dann ist reichlich Sauerstoff vorhanden. Der

Sauerstoff-Gehalt ist dann deutlich größer als in der normalen Luft. Ein Sauerstoff-Gehalt, der genauso groß oder kleiner als der der Luft ist reicht nicht aus. Deshalb kann man auch nicht sagen: "Es ist kein Sauerstoff enthalten." Man muss sich hier darauf beschränken, eine erhöhte Menge an Sauerstoff auszuschließen.

Der Test sollte aber immer nur mit einer kleinen Menge an Gas gemacht werden. Handelt es sich um ein brennbares oder explosives Gas(-Gemisch), dann kann es auch zu einem heftigen Abbrennen oder einer Knallgas-Explosion kommen. Die Füllung eines normalen Reagenzglases ist meist schon für einen Test ausreichend.

Prüfung eines Gases auf Sauerstoff (Glimmspanprobe):

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Gas in kleinem Gefäß	glimmender Holz-Span		Aufflammen / Auflodern / Brennen des Holzspans	Sauerstoff-haltiges Gas (mit erhöhtem Anteil O ₂)
			anders	wahrscheinlich kein Sauerstoff (od. geringer Anteil O ₂)

Fast jeder hat schon mal von einer Mehrstaub-Explosion gehört oder hat einen Feuer-Künstler Feuer spucken sehen. Nicht alle nehmen dazu Alkohol als Brennmittel. Viele setzen Bärlab-Pollen ein. Dieser Pollen ist sehr fein und lässt sich – wie Mehl – in eine schöne Wolke zerstäuben. Aber warum brennen solche Stäube explosionsartig ab? Wir haben schon gesehen, dass die Ausgangsstoffe sich treffen müssen, um überhaupt miteinander reagieren zu können. Reaktionen finden also primär an der Oberfläche bzw. der Kontaktfläche zwischen den Stoffen statt.

Mit einer immer kleineren Größe der Edukte-Teilchen steigt die verfügbare Reaktions-Oberfläche.

Schon bei einer zweidiemnsionalen Betrachtung sehen wir, dass kleinere Objekte mehr Kontaktstellen bieten.

Das können wir auch an folgendem 3D-Modell gut nachvollziehen.

Betrachten wir dazu einen Würfel eines Eduktes mit der Kanten-Länge 10 Einheiten. Die Wahl der Einheit ist beliebig – es könnte sich z.B. um mm handeln. Berechnet man nun das Volumen so erhält man nach der klassischen Formel:

$$V = a^3$$

ein Volumen von:

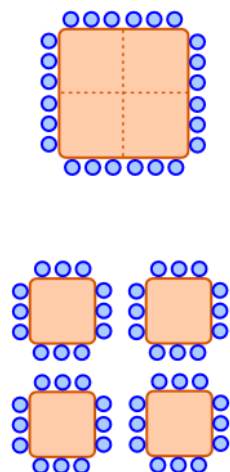
$$V = 10^3 = 1'000$$

Das wären also z.B. 1'000 mm³.

Die Oberfläche ist ebenfalls schnell berechnet:

$$A_0 = 6 \cdot a^2$$

Angewendet auf unser Beispiel also:



$$A_0 = 6 \cdot 10^2 = 600$$

Ein Würfel der Kantenlänge 10 mm hätte also eine Oberfläche von 600 mm².

Diesen Würfel wollen wir immer weiter zerkleinern. Dabei vernachlässigen wir irgendwelche Späne usw. In einem ersten Schritt wird der große Würfel in solche mit der Kantenlänge 1 zerlegt. Aus dem einen großen Würfel werden so 1'000 kleine. Der Volumen-Berechnung der kleinen Einzelwürfel ist leicht und ergibt 1 (z.B. mm³). Da es sich jetzt um 1'000 solcher kleinen Würfel handelt, haben wir insgesamt ein Volumen von 1'000. Das Volumen hat sich also nicht verändert. Wie sieht es bei der Oberfläche aus? Jeder der kleinen Würfel hat eine Oberfläche von 6 (z.B. mm²). Da 1'000 vorhanden sind, ergibt sich eine Gesamt-Oberfläche von 6'000 (z.B. mm²). Die Oberfläche hat sich also verzehntfacht.

Es könnte an einer solchen vergrößerten Oberfläche der kleinen Würfel zehnmal mehr Reaktion stattfinden.

Wir setzen die Verkleinerung fort. Die Ergebnisse sind in der Tabelle auf der nächsten Seite zusammengestellt.

Je feiner also ein Stoff verteilt ist, umso stärker ist die Reaktion. Beim Mehl-Staub ist praktisch die gesamte Oberfläche mit Luft umgeben. Wenn es nun zur Zündung kommt, beginnt die Reaktion an der relativ großen verfügbaren Oberfläche des Mehl-Staub-Teilchen's. Die freiwerdende Wärme-Energie (→ Verbrennung, Oxidation) ist dann Auslöser benachbarter Reaktionen. Es kommt zu einer Ketten-Reaktion.

Lehrer-Versuch: Mehlstaub-Reaktion

Material:

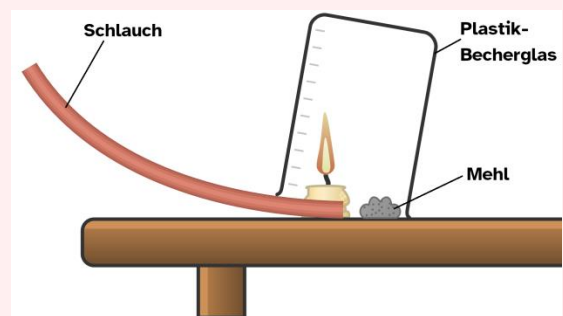
feuerfeste Unterlage; hohes Plastik-Becherglas (alternativ: durchsichtiges Plastik-Rohr); Tee-Licht od. Kerzen-Stumpf; Schlauch (1 m); Mehl



Durchführung:

- Tee-Licht anzünden
- auf der feuerfesten Unterlage das Tee-Licht und einen kleinen Mehl-Haufen positionieren
- Schlauch in Richtung Mehl-Haufen positionieren und mit dem umgestülpten Becherglas fixieren (wenn der Schlauch widerstandsfähig ist, dann diesen vor dem Becherglas ev. mit einer Stativ-Klammer od. einem Stativ-Fuß beschweren)
- kurz und kräftig in den Schlauch blasen

→ Beobachtung



Aufgaben:

1. *Erkläre, warum Mehlstaub brennt, ein Mehl-Haufen aber nicht!*
2. *Warum besteht in Mühlen und Pulver-verarbeitenden Betrieben meist ein striktes Rauch-Verbot?*
- 3.

Kanten-Länge	Anzahl Würfel	Volumen Einzelwürfel	Gesamt-Volumen	Volumen-Vergrößerung (zur Vorstufe)	Oberfläche Einzelwürfel	Gesamt-Oberfläche	Flächen-Vergrößerung (zur Vorstufe)	Flächen-Vergrößerung (insgesamt)
10	1	1'000	1'000		600	600		1
1	1'000	1	1'000	1	6	6'000	10	10
0,1	1'000'000	0,001	1'000	1	0,06	60'000	10	100
0,01	1'000'000'000	0,000'001	1'000	1	0,000'6	600'000	10	1000
0,001	1'000'000'000'000	0,000'000'001	1'000	1	0,000'006	6'000'000	10	10000

Aufgaben:

1. Stellen Sie sich eine gleichartige Tabelle für den Fall auf, dass der Stoff aus einer Kugel (z.B. eine zähe Flüssigkeit) besteht! Die ursprüngliche Kugel hat einen Durchmesser von 100 mm (= 10 cm) und soll immer in 1'000 kleinere Kugeln zerlegt werden!

Je größer die Kontaktfläche (Oberfläche) zwischen den beiden Reaktions-Partnern, umso heftiger läuft die Reaktion ab.

Um einen möglichst guten Kontakt zwischen den Reaktanten zu bekommen, sollten die Teilchen also möglichst klein sein. Wichtig ist natürlich auch eine gute Durchmischung. Sind z.B. Eisen- und Schwefel-Pulver verschiedene – nebeneinander liegende – Häufchen, dann werden sie trotz der feinen Teilchen-Größe nicht miteinander reagieren können. Besonders gut wird die Reaktion ablaufen, wenn beide Pulver schön gleichmäßig gemischt sind.

Bei reagierenden Flüssigkeiten oder einem Pulver in einer Flüssigkeit verrührt man die Reaktanten am Besten. So sind vollständige Reaktionen – wir sprechen von vollständigen Umsätzen – möglich.

Bei einigen Stoff-Kombinationen kann es bei sehr feinen Pulvern schon zu einer Selbstauslösung der Reaktion kommen.

Je feiner die Reaktions-Partner ineinander verteilt sind, umso heftiger läuft die Reaktion ab. (Oberflächen-Effekt)

Definition(en): Verbrennung
Eine Verbrennung ist die chemische Reaktion eines Stoffes mit Sauerstoff unter (einer gut beobachtbaren) Energie-Freisetzung von Licht und Wärme.
Tritt bei einer Oxidation eine offene (und heftige) Licht- und Wärme-Freisetzung (Feuer) auf, dann sprechen wir von einer Verbrennung.

Definition(en): Oxidation
Eine Oxidation ist die chemische Reaktion eines Stoffes mit Sauerstoff.
Eine Oxidation ist die Verbrennung eines Stoffes in einem anderen.
Eine Oxidation ist die Bildung eines Oxides aus dem entsprechenden Element.

Definition(en): Oxid
Oxide sind Stoffe, die neben einem anderen Element noch Sauerstoff enthalten.

Aufgaben:

1. Prüfe die folgenden Verbindungen auf ihre Zugehörigkeit zu den Oxiden!

- | | | |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| a) MgO | b) H ₂ O | c) O ₂ |
| d) Mg(OH) ₂ | e) Schwefeltrioxid | f) Po |
| g) N ₂ O ₄ | h) Aluminiumhydroxid | i) Wasserstoffperoxid |

2.

3.

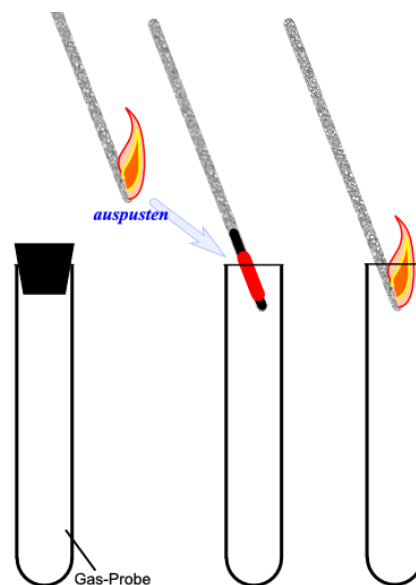
x.y.z. Nachweis von Sauerstoff

Nachweis des Sauerstoffs mittels Glimmspan-Probe (Glimmspan-Test):

Von Sauerstoff wissen wir, dass er Brand-fördernd ist. Diese Eigenschaft ist charakteristisch für Sauerstoff. Bei der Glimmspan-Probe nutzt man nun genau diese Eigenschaft als Nachweis für Sauerstoff aus. Ein Holzstab wird angezündet. Wenn er brennt, dann wird er ausgepustet. Der brennende Teil glüht noch eine Weile nach. Genau diesen Teil taucht man in das zu prüfende Gas. Fängt der Holzstab wieder zu brennen an, dann handelte es sich bei der Gas-Probe um Sauerstoff. Manchmal glüht der Holzstab auch nur verstärkt auf. Das reicht als positive Beobachtung aus.

Unbekannte Gas-Proben sollten mit Vorsicht und nur in kleineren Menge geprüft werden. Es gibt viele Gas, die brennbar sind oder mit der Luft explosive Gas-Gemische bilden können.

Als Nachweis-Schema ergibt sich:



positive Glimmspan-Probe

Glimm-Spanprobe:

	Nachweismittel	Bed.	Beobachtungen	Ergebnis
RG mit Gas +	frisch ausgepusteter – noch glimmender – Holzstab		Holzstab fängt wie- der an zu brennen od. glüht verstärkt auf	Sauerstoff (Brand-förderndes Gas)
	(rötlich glühend)		anders	brennbares od. nicht brennendes Gas

x.y.z. Verbrennung, Brände und Brandschutz

Von Verbrennungen (Oxidationen) zu Bränden ist es kein weiter Weg. Brände sind i.A. unerwünschte Reaktionen. Meist werden große Werte vernichtet. Versicherungen müssen für den Schaden aufkommen und der Wiederaufbau oder die Wiederbeschaffung kostet auch noch Geld.

Damit ein Brand ausbrechen und weiter bestehen kann, müssen drei Bedingungen erfüllt sein:

- 1. brennbarer Stoff**
- 2. Sauerstoff (bzw. Luft)**
- 3. ausreichende Zündtemperatur**

Nur wenn alle drei Bedingungen erfüllt sind, kann es zum Brand kommen. Das nutzt man für die Brandbekämpfung aus. Da schon der Entzug einer Bedingung das Feuer zu erliegen bringt, setzen die Brandbekämpfer hier an.

Das Besprühen des Feuers mit Wasser hat nicht, wie viele denken den vorrangigen Sinn, alles naß zu machen weil es dann nicht brennt. Hauptziel ist das Herabsetzen der Temperatur. Wasser benötigt zum Verdampfen viel Energie, diese stammt aus der Verbrennung innerhalb des Brandes. Wird ein Teil der Verbrennungs-Energie zum Verdampfen des Wassers genutzt, dann kann weniger brennbarer Stoff gezündet werden.

Zum Entzug des Sauerstoff reicht schon ein Abdecken eines (kleinen) Brandes mit einer Löschdecke oder der Einsatz von Kohlendioxid aus Feuerlöschern. Beim Kohlendioxid, kommt noch der kühlende Effekt hinzu, da das komprimierte CO₂ im Feuerlöscher sich beim Versprühen ausdehnt und dabei extrem runterkühlt. Es wird zu festem CO₂. Damit dieser wieder gasförmig werden kann, muss er der Umgebung (dem Brand) Energie entziehen. Kohlendioxid darf allerdings nicht bei Personen-Bränden eingesetzt werden. Der CO₂-Schnee ist so kalt, dass es zu starken Verkühlungen / Vereisungen kommen kann.

Für eine erfolgreiche Brandbekämpfung muss immer mindestens einer der Brandbedingungen (brennbarer Stoff, Sauerstoff, Zünd-Temperatur) ausgeschaltet werden.

wichtige / richtige Verhaltensweisen bei Löschen von Feuern (z.B. mit Hand-Feuerlöschern)

- Feuer in / mit der Wind-Richtung löschen (ansonsten kann das Feuer auf die löschende Person übergreifen und es werden u.U. giftige Gase und Rauch eingeatmet)
- Flächen-Brände von unten und von vorn nach hinten löschen
- Tropf-Brände (brennende Flüssigkeiten von oben) von oben nach unten löschen (ansonsten gelangt immer wieder brennfähiges Material auf eine ausreichende Zünd-Temperatur)
- wenn möglich mehrere Feuerlöscher oder Löschtechniken gleichzeitig und massiv einsetzen (ansonsten könnte der Einzel-Effekt zu gering sein)
- Brandstelle nach dem Löschen weiter beobachten und nicht verlassen (es könnten noch Glutnester vorhanden sein, die sich wieder entzünden können)

Brandklassen

Brand-klasse	Brand-Art	Symbol	Beispiele für brennende Stoffe und Materialien	Löschmittel	Bemerkungen / Hinweise
A	Brände fester Stoffe mit Glut (Feststoff-Brände)		Holz; Papier; Kohle; Heu; Stroh; Textilien; div. Kunststoffe (Duroplaste)	Wasser; wässrige Lösungen und Schäume; ABC-Pulver; Lösch-Gel; Lösch-Decke; Feuer-Patsche	
B	Brände flüssiger oder flüssig werdender Stoffe (Flüssig(keiten)-Brände)		Benzin; Ethanol; Spiritus; Brandpaste; Teer; Wachs; Ether; Lacke; Harze; div. Kunststoffe (Thermoplaste)	(wasserarme) Schäume; ABC-Pulver; BC-Pulver; Kohlenstoffdioxid (Kohlensäure-Löscher)	
C	Brände von Gasen (Gas-Brände)		Erdgas; Propan; Butan; Stadtgas; Ethin (Äthin, Acetylen); Wasserstoff; Methan	ABC-Pulver; BC-Pulver Abschalten der Gas-Zufuhr!	nur in Ausnahmefällen CO ₂ ;
D	Brände von Metallen (Metall-Brände)		Aluminium(-Pulver); Magnesium (z.B. Gehäuse von Tablett's, Laptop's, ...); Lithium (z.B. Li-Akku's); ++ Legierungen	Metallbrand-Pulver trockener Sand; trockener Zement; trockenes Vieh- od. Streu-Salz; Grauguss-Späne	
(E)	Brände von Niederspannungs-Anlagen (Elektrobrände)		Elektrogeräte im Haushalt	bei Einhaltung der Sicherheits-Abstände alle Feuer-Löscher geeignet	Brandklasse abgeschafft
F	Brände von Speiseölen/-fetten (Fett-/Öl-Brände)		Speise-Öle; Speise-Fette; Frittier-Geräte u./od. Küchen-Geräte	verseifende Schäume Abdecken mit Topf-Deckel, Lösch-Decke	!!! niemals Wasser verwenden!

Bilder-Q: de.wikipedia.org (Kölumbus)

Exkurs: Feuerlöscher und ihre Verwendung

Bei einem beginnenden Brand ist das schnelle Eingreifen – neben der Alarmierung der Feuerwehr – ein wichtiges Mittel, um Sach- und Personen-Schäden zu bergen.

Bei der Alarmierung der Feuerwehr über die Notruf-Nummer: **112** sollten die folgenden Informationen an die Zentrale weitergegeben werden:

1. WO ist es passiert?
 2. WAS ist geschehen / WAS brennt?
 3. WIE viele Personen sind betroffen / verletzt?
 4. WELCHER Art sind die Verletzungen / Gefährdungen / Zustände?
 5. WER meldet den Brand?
- WARTEN!



DIN-Zeichen
für Feuerlöscher
Q: de.wikipedia.org
(MaxxL)

Handfeuerlöscher dienen vor allem zur Bekämpfung von kleinen oder beginnenden Bränden. Bei größeren Bränden sollte sie vorrangig zur Abwehr von Personen-Schädigungen oder zur Verhinderung des Übergreifens auf gefährliche Stoffe / Einrichtungen benutzt werden. Die ersten Hand-Feuerlöscher waren noch einfache – vergrößerte – Wasser-Spritzen. Die etwas später entwickelten **Pulver-Feuerlöscher** stellen noch heute eine der verbreitesten Handfeuerlöscher dar.

In den Pulver-Feuerlöschern (früher oft auch als Trocken-Löscher bezeichnet) befindet sich ein nicht-brennbares Pulver (z.B.). Beim Aktivieren des Feuerlöschers wird eine Druck-Patrone zerstört und im Löscher ein Überdruck erzeugt. Dieser treibt das Pulver aus dem Druckbehälter.

Die Löschwirkung beruht vorrangig auf dem Stick-Effekt. Außerdem wirken die Pulver antikatalytisch (hemmend).

Der Begleitschaden durch das Pulver kann sehr groß werden, da das Pulver sehr fein verteilt und breit ausgetrieben wird. Vor allem mit Feutigkeit wirken die Pulver stark korrodierend. Man sollte also gezielt und sparsam löschen.

Das Hauptlöschmittel in Pulverlöschern kann z.B. fein gemahlenes Ammoniumdihydrogenphosphat und Ammoniumsulfat sein. Andere Löschmittel sind Perfluorooctansulfat und Perfluorooctansäure.

Schaum-Feuerlöscher

Die Schaum-Löscher sind besonders für gasförmige Brände (Brandklasse C) geeignet. Desweiteren werden sie für die Brandklassen A und B empfohlen. Das sind Brände an festen und flüssigen Stoffen. Die Löschwirkung beruht auf dem Stick- und Kühl-Effekt.

Heute auch für das Löschen von elektrischen Anlagen bis 1'000 V einsetzbar, wenn der vorgeschriebene Sicherheits-Abstand eingehalten wird. In den Löschern werden Wasser-arme Schäume verwendet. Bei alternativ vorhandenen andersartigen Handfeuerlöschern sollte lieber diese verwendet werden.

CO₂-Feuerlöscher (Kohlensäure-Schnee-Löscher)

Diese – auch als Gas-Löscher – bezeichneten Feurlöscher sind vor allem für aufkeimende und heftige Brände geeignet. Dabei dürfen sie nicht bei Metall-Bränden benutzt werden. Hierbei kann es zu heftigen Reaktionen kommen, die den Brand ev. sogar verstärken! Auch bei brennenden Personen sollte ein CO₂-Löscher nur im Notfall eingesetzt werden. Bei der Aktivierung des Feuerlöschers wird das komprimierte Kohlendioxid freigesetzt. Dabei entsteht festes Kohlendioxid- de sogenannte Kohlensäure-Schnee. Er hat eine extrem starke Kühlwirkung, so dass es bei Personen zu schweren Erfrierungen kommen kann.

Neben der Absenkung der Temperatur beruht die Löschwirkung auch auf die Sauerstoff-abschneidenden Wirkung des Kohlendioxids.

Kohlensäure-.Schnee-Löscher (Kennbuchstabe K) können auch für Brände an elektrischen Anlagen (z.B. Computer-Räume) eingesetzt werden, da der Kohlensäure-Schnee den elektrischen Strom nicht leitet.

Stoff	Entzündungs-Temperatur' (-Bereich) [°C]	
Benzin	220 – 300	
Butan (Flüssiggas)	400	
Erdgas (Methan ++)	≈ 600	
Heizöl	250	
Holz, trocken	≈ 300	
Holzkohle	150 – 250	
Koks	700	
Kopf Streichholz	≈ 60	
Papier	≈ 250	
Paraffin (Kerzenwachs)	250	
Phosphor, weiß		
Phosphor, rot/violett		
Propan (Flüssiggas)	460	
Schwefel		
Spiritus (Ethanol)	425	
Steinkohle	350 – 600	

Aufgaben:

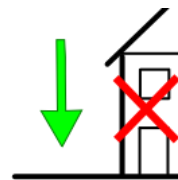
1. Ein Chemie-Arbeiter möchte ein Sauerstoff-Druckgefäß mit den nebenstehenden Gefahren-Symbolen kennzeichnen. Handelt er korrekt? Begründe Deine Meinung!



Simulation von verschiedenen Feuer-Löschern:

Empfehlung: Experimente im Freien durchführen!

ein Pulver-Löschers lässt sich z.B. mit Magnesiumoxid (Magnesia) simulieren
das Pulver wird von einer Schippe oder kleinen Schaufel auf den Brand ge-
legt oder mittels Schlauch runtergeblasen
auch Quarzsand ist als Löschmittel geeignet



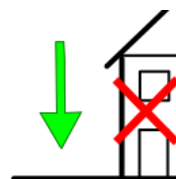
Naß- bzw. Schaum-Löschers lassen mit einer Schaum-bildenden Lösung aus Wasser und
Geschirrspülmittel herstellen

als Treibmittel wird Natriumhydrogencarbonat (Natron) und Zitronensäure verwendet, beide
reagieren ziemlich stark unter Bildung von Kohlendioxid, was ebenfalls in den Schaum-
Bläschen Feuer-hemmend wirkt

alternativ lässt sich Natriumhydrogencarbonat auch mit Natriumhydrogensulfat zur Kohlendi-
oxid-Bildung bringen

wenn keine Chemikalien verfügbar sind, dann tun es auch einige Brause-Tabletten

Nur draußen lässt sich auch eine super heftige Reaktion mit der folgenden
Mischung erzielen. Zuerst rührt man sehr vorsichtig und langsam Spülmittel
in Cola. (Ev. vorher in einer CO₂-freien Cola vorauflösen!) Die Flasche mit
dem Gemisch fixiert (z.B. mit Steinen) aufstellen. Dann gibt man ein ode
zwei Mentos in das Gemisch und entfernt sich sehr, sehr schnell!



Den Lösch-Effekt von Kohlendioxid kann man teilweise mit CO₂-Gas nachbilden. Der
Schnee-Effekt ist dabei nicht sichtbar!

In ein hohes Becherglas auf einem Stück Holz eine Porzellan-Schale mit einer brennbaren
Flüssigkeit positionieren.

Das Löschgas wird in einem großen Rundkolben der mit einigen Spateln Natriumhydrogen-
carbonat (Natron od. ev. auch Backpulver) gefüllt wird. Über den seitlichen Ansatz einen
Schlauch anschließen, der in das Becherglas reicht. Dann die brennbare Flüssigkeit anzün-
den. In den Rundkolben eine kräftige Zitronensäure-Lösung schütten und den Kolben schnell
verschließen.

Ozon - giftiger Sauerstoff

In der Nähe von Starkstrom-Einrichtungen, einigen Schwimmbädern und Höhensonnen (Sonnenbänken), nach dem Einschlagen von Blitzen, bei einigen Laser-Druckern usw. bemerken wir einen seltsamen, unangenehmen, stechenden Geruch. Der Geruch wird auch Chlor-ähnlich bis stechend-scharf charakterisiert.

Dieser stammt vom Ozon. Ozon ist eine spezielle Form des Sauerstoffs. Ein Ozon-Molekül besteht im Vergleich zum "normalen" Sauerstoff aus drei Sauerstoff-Atomen.

Das lässt sich nur dadurch erklären, dass im Ozon ein fließender Übergang zwischen Doppel- und Einfach-Bindung zwischen dem zentralen Sauerstoff-Atom und den beiden seitlichen Atomen kommt. Man könnte sich das als andertalb-Atombindung vorstellen. Praktisch wandern die Bindungs-Elektronen ständig zwischen den Bindungen hin und her.

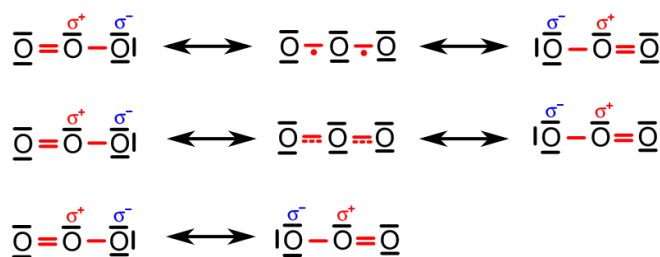
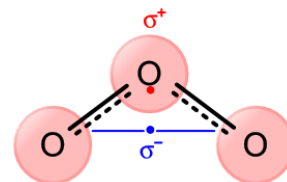
Das Ozon-Molekül ist V-förmig aufgebaut. Die Bindungen zu den seitlichen Sauerstoff-Atomen lassen sich mit den – sonst üblichen – LEWIS-Formeln nicht vollständig erklären.

Zu dem einen Sauerstoff könnte man sich eine Doppel-Bindung denken. Dann bliebe für das andere Sauerstoff-Atom nur eine Einfach-Bindung übrig.

Da Ozon-Moleküle Dipole sind, die einen zentralen positiven Ladungsschwerpunkt und einen leicht in die Bindungswinkel-Halbierende verschobenen negativen Ladungsschwerpunkt, müssen die Bindungen zu beiden seitlichen Sauerstoff-Atomen gleich sein.

Das Phänomen, dass verschiedene LEWIS-Formeln nur gemeinsam eine Bindungs-Situation in einem Molekül erklären, nennen wir Mesomerie. Die Moleküle befinden sich in fließenden Übergangs-Zuständen. Die mit den LEWIS-Formeln gezeichneten – sogenannten mesomeren Grenz-Strukturen, stellen denkbare (theoretische) Extrema dar. Diese lassen sich praktisch nie beobachten. Die Realität liegt irgendwo dazwischen.

Die zeitweilig vorhandenen "freien" (besser "beweglichen") Elektronen sind für die Gefährlichkeit des Ozon's mit verantwortlich.



Definition(en): Mesomerie

Unter Mesomerie versteht man das Phänomen, dass in einem Molekül die tatsächlichen Bindungs-Verhältnisse ein Übergangs-Zustand aus mehreren (theoretischen / idealisierten) eindeutigen Bindungen darstellen.

bei -100 °C tiefblaue Flüssigkeit und bei -192 °C ein schwarz-violetter Feststoff

reizt die Atem-Organen

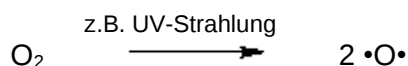
Geruch wird als stechend und unangenehm empfunden (natürliche Warnung durch unser Sinnes-System)

Die Menge des Ozon in der Luft wird in ppm angegeben. Diese Einheit bedeutet Teile pro Millionen (parts per million).

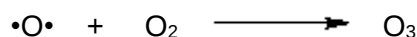
in der normalen Luft 0,1 ppm (entspricht 200 µg/m³) Ozon enthalten (nicht riechbar)

in gereinigter, Schadstoff-freier Luft können empfindliche Menschen schon 0,005 ppm Ozon riechen; üblich sind 40 – 50 µg/m³. Das entspricht 0,02 bis 0,025 ppm. In der normalen Umgebungsluft wird Ozon nicht gerochen. Das hat auch mit einer gewissen Anpassung der Empfindlichkeit zu tun. Diese tritt auch bei höheren Werten langsam ein, was die Gefährlichkeit von Ozon erhöht.

Ozon entsteht überall dort, wo normale Sauerstoff-Moleküle in Einzel-Atome gespalten werden. Dafür ist eine recht große Energie notwendig, wie sie z.B. in UV- und RÖNTGEN-Strahlung, in Blitzen oder bei Hochspannungs-Anlagen vorkommen. Sauerstoff-Atome enthalten zwei einzelne – ungepaarte – Außenelektronen.



Atome mit ungepaarten Außenelektronen werden Radikale genannt. Radikale sind sehr reaktionsfreudig. Die ungepaarten Elektronen suchen einen Partner. Ein Sauerstoff-Radikal kann nun mit einem Sauerstoff-Molekül reagieren und es bildet sich Ozon.



Beim Zerfall von Ozon wird das Sauerstoff-Radikal wieder frei und sucht sich einen anderen Reaktions-Partner.

Die Reaktion eines Stoffes mit einem Sauerstoff-Radikal ist auch eine Oxidation. Besonders gefährlich ist die Oxidation von biologischen Substanzen. Werden sie oxidiert, dann verlieren sie ihre biologische Funktion. Besonders gefährlich ist es, wenn das Erb-Material unserer Zellen angegriffen wird. Mutationen (Erbkrankheiten, Krebs-Erkrankungen) können die Folge sein.

Ozon reagiert mit anderen Stoffen schneller als der normale Di-Sauerstoff. Bei einigen Materialien reicht schon der pure Kontakt mit reinem Ozon aus, um die Verbrennung / Oxidation in Gang zu setzen.

Verwendung als Desinfektions-Mittel z.B. in Schwimmbädern und bei der Trinkwasser-Aufbereitung

einige moderne Waschmaschinen haben Ozon-Programm bzw. eine Ozon-Funktion um unangenehme Gerüche zu neutralisieren

Bleichmittel für Papier

professionelle Innenraum-Reinigung von Gebrauch-Autos (z.B. Raucher-Fahrzeuge), Gerüche werden entfernt

Abwasser-Reinigung + Trinkwasser-Aufbereitung

Beseitigung von Giftstoffen und Desinfektion (Abtötung pathogener Keime)

Grenzwert in der Arbeits- und Umgebungs-Luft liegt bei 360 µg/m³ das sind knapp 0,2 ppm

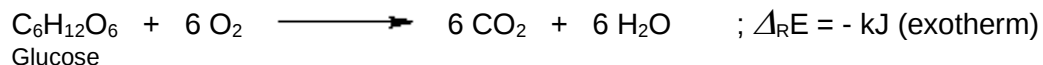
Aufgaben:

- 1. Bedeutet ein Wert von 0,1 ppm für die Geruchsschwelle für Ozon, dass ein Mensch schon ein Zentel-Molekül riechen kann? Erkläre, wie man den Wert verstehen muss!***
- x. Ozon fördert die Verbrennung stärker als "normaler" Sauerstoff! Erkläre dieses Phänomen!***
- x. Bei der Wasser-Aufbereitung wird Ozon u.a. dafür eingesetzt, dass eine Umwelt-freundliche Oxidation von bestimmten – im Wasser enthaltenen – Metallen (z.B. Eisen und Mangan) vonstatten geht. Erkläre was da passiert und stelle passende chemische Wort- und Reaktions-Gleichungen auf!***

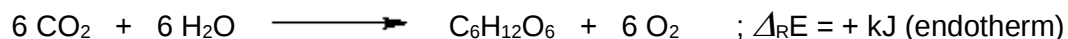
x.y.z. Bedeutung und Verwendung von Sauerstoff

Atem-Gas für Tiere und höhere Pflanzen

wird für die "Verbrennung" von Glucose (Blut- bzw. Traubenzucker) benötigt



Genau den gegenläufigen Vorgang realisieren die Pflanzen bei der Photosynthese. Sie bilden den – für uns so wichtigen – Sauerstoff und regenerieren somit das Kohlendioxid.



Bei jedem Atemzug werden 1 bis 4 Liter Luft eingeatmet. Der Sauerstoff-Gehalt sinkt nach dem Gas-Austausch in der Lunge auf ungefähr 16 %.

Sinkt der Sauerstoff-Anteil in der Luft unter 7 % - z.B. bei mehrfachen Ein- und Ausatmen der gleichen Luft, dann folgt Bewußtlosigkeit und unter 3 % Ersticken. Zuerst versucht unser Körper durch Erhöhung der Atem-Frequenz den Defizit auszugleichen. Die Atem-Frequenz ist aber nicht, wie häufig angenommen, vom Sauerstoff-Gehalt im Blut abhängig, sondern vom Kohlendioxid-Gehalt. Auch in Kohlendioxid-haltigerer Luft steigert der Körper die Atem-Frequenz.

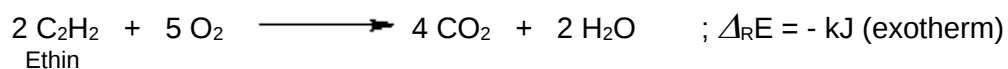
Um die mangelnde Versorgung eines kranken Körpers durch die verminderte eigene Atmung auszugleichen – ein kranker Körper ist eben nicht so Leistungs-fähig – beatmen die Ärzte viele Patienten zusätzlich mit Sauerstoff.

Seit einigen Jahren gibt es spezielle Sauerstoff-Therapien. Dabei werden die Patienten kurzzeitig mit hohen Sauerstoff-Konzentrationen behandelt. Dadurch sollen Alterserscheinungen verzögert werden und die Regeneration der Zellen verbessert werden.

Ein großer Teil des Luft-Sauerstoffs wird durch technische Prozesse verbraucht. Da sind zum Einen die Verbrennungen von fossilen Rohstoffen (Kohle, Erdöl, Erdgas) in Industrie und Haushalt, und zum Zweiten viele chemische Produktionen. Später werden wir z.B. das Rösten von Eisenpyrit u.a. zur Herstellung von Schwefeldioxid und die Herstellung von Schwefeltrioxid (→ für Schwefelsäure) kennen lernen. Beide Prozesse verbrauchen sehr viel Sauerstoff aus der Luft.

Bei der Herstellung von Eisen und Stahl wird ebenfalls Sauerstoff gebraucht. Ein Teil geht für die Erzeugung der hohen Temperaturen drauf (Verbrennung von Kohle) und ein weiterer Teil wird zur Reinigung des Roheisens benutzt. Dazu wird Sauerstoff durch eine Schmelze von Roheisen geblasen. Bei den hohen Temperaturen und dem guten Sauerstoff-Angebot verbrennen viele Verunreinigungen (Silicium, Phosphor, Schwefel, ...). Das gereinigte Eisen kann dann weiter legiert werden.

Zum Schweißen und Schneiden von Eisen, Stahl und vielen Legierungen wird Sauerstoff ebenfalls zum Erzeugen der hohen Temperaturen benutzt. Wasserstoff oder Ethin (Acetylen) werden mit Sauerstoff über spezielle Düsen verbrannt. Dort entsteht eine spitze und sehr heiße Flamme, die Metall zum Schmelzen bringen kann. Das Schweißen bzw. Schneiden von Metall mit einem Wasserstoff-Brenner wird autogenes Schweißen bzw. Schneiden genannt.



Für das Betreiben von Raketen-Triebwerke sind riesige Menge Sauerstoff-Mengen notwendig. Einige Raketen-Triebwerke arbeiten mit reinem Sauerstoff (Buster der Space Shuttle). Bei anderen Raketen wird Sauerstoff in gebundener Form benutzt. Dort werden sehr Sauerstoff-haltige Verbindungen verbrannt.

Die modernen U-Boote der Bundesmarine fahren ebenfalls mit Sauerstoff. Dieser wird nicht für eine Verbrennung genutzt, sondern für sogenannte Brennstoff-Zellen. Das sind hochmo-

derne elektrische Batterien. Natürlich brauchen die U-Boot-Besatzungen oder die Astronauten auch Sauerstoff zum Atmen. Gas-Flaschen, die mit Sauerstoff gefüllt werden, müssen durch einen blauen (Teil-)Anstrich gekennzeichnet werden.

Aufgaben:

- 1.
2. *Stelle die chemische Gleichung für die Erzeugung der Brenn-Flamme beim autogenen Schweißen auf!*
- x. *Kann das stimmen, dass die Rück-Reaktion der Verbrennung endotherm ist? Woher stammt dann diese Energie? Erkläre genau!*
- x. *Berechne das Sauerstoff-Volumen, die bei einem durchschnittlichem Atemzug von 1,5 l in der Lunge aufgenommen wird! Kann man auch die Sauerstoff-Masse berechnen? Wenn JA, dann berechne sie. Wenn NEIN, dann begründe, warum das nicht geht!*
- x.

Korrosion

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Ist Korrosion eine chemischen Reaktionen oder ein physikalischer Vorgang?
Warum rostet Eisen an der Luft?

Wie entsteht Rost?

Wie kann man Metall vor Korrosion schützen?

Ist Korrosion immer unerwünscht?

Definition(en): Korrosion

Chemische Korrosion ist die Veränderung eines (Werk-)Stoffes durch eine Korrosionselement, wie z.B. Sauerstoff.

Korrosion ist die Veränderung eines Stoffes durch seine (Reaktion mit seiner) Umgebung.

Reaktionen gleicher Ausgangsstoffe können auf verschiedenen Wegen zu den gleichen Reaktions-Produkten führen.

Die abgegebene oder aufgenommene Energie der Reaktion ist auf allen Wegen gleich gross.

für Korrosion sind notwendig:

1. korrodierbarer Stoff
 2. Sauerstoff (bzw. Luft)
- und ev.
3. Wasser

Korrosionsschutz

Korrosionsschutz basiert auf dem Ausschluss mindestens einer der Bedingungen für die Korrosion

Sauerstoff-Verbrauch bei der Verbrennung und Massenzunahme bei den Reaktionsprodukten

Aufgaben:

1. Auto-Wrack's, die in Wüsten liegen geblieben sind, halten sich dort viele Jahre und Jahrzehnte. Warum zerfallen die Auto's nicht deutlich schneller, obwohl es doch dort wärmer ist? Gilt die RGT-Regel hier nicht?

2.

3.



Q: flickr.com (Alle_Caulfield)

Materialien (z.B. für flipped classroom)	
	Reaktionsgleichungen ausgleichen
	[Phet – Interactive Simulations] *****
	https://phet.colorado.edu/de/simulations/balancing-chemical-equations
	Aufgaben Sie weiter unten!
	□ *
	□ ⌚ min *

Aufgaben zur Phet-Simulation "Reaktionsgleichungen ausgleichen":

1. Experimente in der "Einleitung" mit dem Ausgleichen der 3 vorgegebenen Reaktionen!
2. Wechsel nun zum Spiel und probiere das Spiel einmal durch! Wer hat im Kurs die meisten Sterne erreicht?
3. Gehe nun wieder in die Ausgangs-Situation (oranger Kreis-Pfeil-Button) und aktiviere die Zeit-Nehmung!
4. Spiele das Spiel in allen drei Niveau's durch und lasse das Ergebnis mit den den Sternen und Zeiten stehen! Wer kann das beste Gesamt-Ergebnis vorweisen? (Bewertung erfolgt zuerst nach Sternen und dann bei Gleichstand im Vergleich der Gesamt-Zeit!)

x.y. Stickstoff

N von Nitrogenium

Entdeckung durch SCHEELE, nannte es "Stickluft"
durch LAVOISIER (1774) als Element erkannt
Name wurde so bestimmt, weil man lange annahm, dass der Sauerstoff für die Säuren und ihre Eigenschaften charakteristisch sei

15, Va	
7	14,01
3,0	N
Stickstoff	
2, 5	
g	NMe

Stickstoff-Transporte oder Gas-Flaschen, die mit Stickstoff gefüllt sind, müssen mit den nebenstehenden Gefahren-Symbolen gekennzeichnet sein.

Solche Symbole sind nach dem neuen global harmonisierten System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS) international verbindlich.

Die übliche Farbgebung der Flaschen ist grün.



Farb-, Geschmack- und Geruchs-loses Gas

ab 30 m Tauchtiefe berauschende / narkotisierende Wirkung (Tiefenrausch)
ungiftig

Reiner Stickstoff wirkt erstickend. Das liegt aber daran, dass eben kein – für uns notwendiger Sauerstoff – vorhanden ist.

Bedeutung

grob 4/5 der Luft – genau 78% der Luft

reagiert nur schwer mit anderen Stoffen
brennt unter normalen Bedingungen nicht
mit speziellen Hilfsstoffen (Katalysatoren) sind aber viele Reaktionen möglich
bildet dann aber zumeist sehr viele verschiedene Verbindungen

z.B. mit Sauerstoff nur unter extremen Reaktionsbedingungen z.B. sehr hohe Temperaturen, elektrische Entladungen (Blitze); alle Reaktionen endotherm (sehr ungewöhnlich für Verbrennungen!)

gebildete Stickstoffoxide sind gut zu erkennen, da einige bräunlich gefärbt sind

gebildete Sauerstoff-Verbindungen (Oxide, NO_x):

Tetrastickstoffmonoxid (N₄O, Nitrosylazid); Distickstoffmonoxid (N₂O); Tetrastickstoffdioxid (N₄O₂, Nitrylazid); Stickstoffmonoxid (NO); Distickstofftrioxid (N₂O₃); Tetrastickstoffhexoxid (N₄O₆, Trinitramid); Stickstoffdioxid (NO₂); Distickstofftetraoxid (N₂O₄); Distickstoffpentaoxid (N₂O₅)

einige Oxide wandeln sich unter wechselnden Umgebungs-Bedingungen ineinander um
entstehen auch bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe

Oxide wiederum sind sehr reaktionsfreudig, häufig giftig oder gesundheitsgefährlich;
Ozon-Killer (→)

Aufgaben:

1. Informiere Dich, was das Pictogramm (Gefahrensymbol) genau bedeutet!

x.y.z. Vorkommen

in reiner Form nur in der Atmosphäre (78 Vol% der Luft)

Vorkommen in der Erdrinde

mit 30 % das zweithäufigste Element der gesamten Erde, häufiger ist das Eisen (→ Erdkern)

wichtige mineralische Quellen:

Chile-Salpeter (),()

x.y.z. submikroskopischer Bau

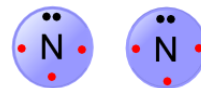
Aus verschiedenen physikalischen und chemischen Untersuchungen weiss man, dass Stickstoff in der Luft als zweiatomiges Gebilde vorkommt. Nur durch hohe Temperaturen oder anderweitige Energie-Zufuhren lassen sich die beiden Atome wieder voneinander trennen.

Es handelt sich also – wie auch beim Sauerstoff – um ein Molekül.

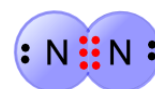
Aber warum kommt der Stickstoff in Form von zweiatomigen Molekülen vor.

Betrachten wir die einzelnen Stickstoff-Atome. Die sechs Außen-Elektronen werden laut LEWIS-Schreibweise zuerst einzeln und dann gepaart oben, unten, links und rechts an das Atom-Symbol notiert. Dabei zeigen sich drei freie – ungepaarte – Elektronen, wie sie auch in der Praxis nachweisbar sind. Diese Situation ist energetisch ungünstig. Die Atome streben die Paarung der Elektronen und die Bildung einer voll besetzten Schale an. Durch die gemeinsame Nutzung aller ungepaarten Elektronen durch beide Atome entsteht – zu mindestens zeitweilig – genau die Situation einer Achter-Schale. Diese ist energetisch deutlich stabiler. Die gemeinsame Nutzung von Elektronen-Paaren nennen die Chemiker eine Atom-Bindung. Der energetische Vorteil hält die beiden Atome zusammen. Nur durch einen großen Energie-Aufwand lassen sich die Atome nun wieder voneinander trennen. Solche Energie-Mengen können z.B. in chemischen Reaktionen entstehen.

So ein stabiles zweiatomige Gebilde nennen wir Molekül. In Molekülen können auch mehr als zwei Atome – auch



zwei einzelne Stickstoff-Atome
in LEWIS-Schreibweise



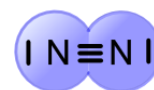
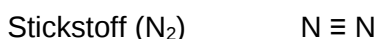
gemeinsame Nutzung
der freien Elektronen



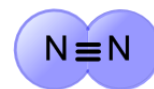
Vorstellung gemeinsam genutzter
Elektronen als Bindungen und
Elektronen-Paar-Abstoßung

unterschiedlicher Elemente – miteinander verbunden sein. Wir unterscheiden zwischen Bindungs-Elektronen-Paaren, die in den Bindungen "fest" stecken, und den freien Elektronen-Paaren. Die freien Elektronen-Paare sind die Kontakt-Aufnehmer zu anderen Atomen, Molekülen usw. Die Elektronenpaare stoßen sich trotz des energetischen Vorteils ab. Sie sind ja alle gleichartig geladen. Vielfach werden die Elektronen-Paare dann auch um 180° versetzt oder über dem Stickstoff-Symbol gezeichnet. In vielen vereinfachten Darstellungen werden die freien Elektronen-Paare gar nicht mitangezeigt, da sie für das Verständnis des Moleküls eine untergeordnete (aber nicht unwesentliche) Rolle spielen.

Bindungen werden also als verbindende Striche zwischen Atom-Symbolen dargestellt. Für eine dreifache Bindung werden drei Striche verwendet (entspricht einem Äquivalenz-Zeichen).



übliche Anordnung
der Elektronen-Paare



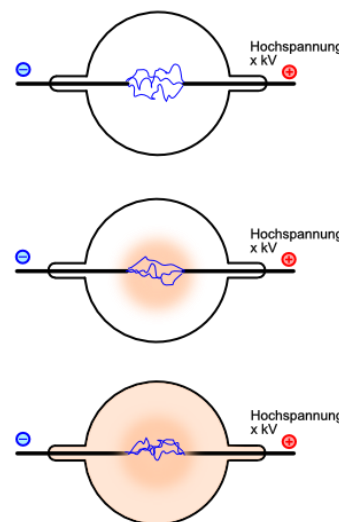
vereinfachte Darstellung

Die Dreifach-Bindung zwischen den Stickstoff-Atomen ist nur schwer aufzubrechen. Das erklärt auch die sehr geringe Reaktivität von Stickstoff.

Oxidation

weitere Reaktionen

Ammoniak-Synthese
→ Produktion von Nitraten
für Dünger und Sprengmittel



Aufgaben:

1. Stelle mit Hilfe von LEWIS-Formeln die Struktur-Formeln von mindestens drei Stickstoffoxiden auf!
- 2.
- 3.

Inert-Gas
Schutzgas beim Schweißen

gebundener Stickstoff dient in den Sprengstoffen vorrangig der Entwicklung von großen Gas-Mengen (bei der Verbrennung (wenn man das dann noch so nennen kann)) Gase haben schnell mal das 1'000fache Volumen im Vergleich zu einer Flüssigkeit bzw. einem Feststoff das erzeugt Druck (und Stoß-Welle) für die Zerlegung von Gegenständen

moderne Reifen-Füllung (enthalten weniger Gas-Bestandteile, die wegen ihrer geringen Größe durch das Gummi diffundieren) grüne Ventil-Kappe (dürfen auch immer nur wieder mit Stickstoff befüllt werden, meist nur in der Werkstatt möglich)

Stickstoff-Moleküle sind relativ groß und können die Gummi-Schichten nicht so schnell durchdringen, wie einige andere Bestandteil der normalen (Druck-)Luft (z.B. Sauerstoff, Wasserstoff, Helium)

Nachteil ist der hohe Preis, nach neuesten Erkenntnissen wiegen die Vorteile den Preis nicht wirklich auf

regelmäßig geprüfte und nachgefüllte Normal-Luft-Reifen sind unkomplizierter und genauso gut

x. chemisches Rechnen (I) – historische Grundgesetze

Quantitative Betrachtungen

- **Atommasse**
- **Kennzeichnung von Stoffportionen durch Masse, Teilchenanzahl, Stoffmenge**
- **Stoffmenge**
 - **Definition**
 - **Symbol**
 - **Einheit**
- **Zusammenhang Stoffmenge und Masse**
- **Molare Masse**
 - **Definition**
 - **Symbol**
 - **Einheit**

stöchiometrisches Rechnen

Die Berechnungen von Massen sind durchzuführen.

Gesetz von der Erhaltung der Masse (LOMONOSSOW, 1748)
Bei einer chemischen Reaktion verändert sich die (gesamte) Masse der reagierenden Stoffe nicht.
Die Masse der Ausgangsstoffe ist genau so groß, wie die der Reaktionsprodukte.
Bei chemischen Vorgängen bleibt die Gesamtmasse der beteiligten Stoffe (Ausgangs-Stoffe und Reaktions-Produkte) konstant / erhalten.
Die Masse der Endprodukte einer chemischen Reaktion ist gleich der Masse aller Ausgangsstoffe.
Während der chemischen Reaktion in einem geschlossenen System verändert sich die Masse nicht.
präzisierte Fassung unter Beachtung der EINSTEIN-Formel (1905: $E = m \cdot c^2$): Bei chemischen Vorgängen bleiben die Gesamt-Energie und die Gesamt-Masse der beteiligten Stoffe (Ausgangs-Stoffe und Reaktions-Produkte) konstant.
Bei chemischen Reaktionen (in geschlossenen Systemen) bleibt die Masse gleich.

BOYLE-Versuch

Erhitzen von Holzkohle (kleines Stück) in einem mit einem Luftballon verschlossenen Reagenzglas (mit Sauerstoff gefüllt)
Wiegen vor und nach dem Versuch

gilt als das 1. Grundgesetz der Chemie



Die Masse aller Stoffe bleibt bei chemischen Vorgängen immer gleich.

2. chemisches Grundgesetz
Gesetz der festen Massenverhältnisse
Gesetz der konstanten Proportionen

Gesetz der festen Massenverhältnisse (PROUST, 1794)

In allen reinen chemischen Verbindungen stehen die Massen der Elemente in charakteristischen, festen und konstanten Verhältnissen.

Die Massen der Elemente einer Verbindung stehen in einem festen und konstanten Verhältnis zueinander.

Aufgaben:

- 1.
2. Ein Chemiker in der Firma "Pyrit GmbH" soll aus 350 kg Eisenpulver Eisen(II)-sulfid herstellen. Dazu verwendet die Firma immer reinen Schwefel. Die beiden Pulver werden gemischt und mit einem Brenner gezündet. Ziel ist die Verwendung der exakten Menge (vollständiger Stoff-Umsatz) von Schwefel. Im Labor hat man die folgenden Verhältnisse ermittelt:

Masse m[Fe] in g	1,00	8,72	55,83	100,0
Masse m[S] in g	0,57	5,00	32,02	57,35

Ermittle die notwendige Masse an Schwefel-Pulver, die der Chemiker verwenden muss!

Wie groß ist die Masse an Reaktions-Produkt in den einzelnen Labor-Versuchen und im Herstellungs-Prozess?

3. Berechne die notwendigen Massen von Eisen- und Schwefel-Pulver um exakt 100 kg Eisen(II)-sulfid herzustellen!

für die gehobene Anspruchsebene:

4. Welche Menge Schwefel-Pulver muss für die Herstellung von Zinksulfid aus 350 kg Zink verwendet werden? Zeige den Lösungs-Weg auf!

molares Volumen

Der Physiker AVOGADRO (1776 – 1856) forschte sehr viel an Gasen. Dabei interessierte ihn auch, wieviele Gas-Teilchen in einem bestimmten Volumen enthalten sind.

AVOGADRO stellte (1811) dabei fest, dass in einem bestimmten Volumen immer gleichviele Teilchen enthalten sind. Voraussetzung war natürlich, dass die Temperatur und der Druck gleich waren. Es machte auch keinen Unterschied aus welcher Art von Teilchen das Gas bestand – also einzelne Atome – wie bei den Edelgasen – oder Moleküle – wie bei den anderen Luft-Bestandteilen.

Die Erkenntnis gilt exakterweise nur für ideale Gase, d.h. Gase bei denen die Teilchen keinen Wechselwirkungen untereinander unterliegen, weil sie zuweit voneinander entfernt sind. Kommen Wechselwirkungen ins Spiel, dann sprechen Physiker und Chemiker von realen Gasen.

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{n_1 \cdot T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot T_2} = \text{const.}$$

$$\frac{p \cdot V}{n \cdot T} = \text{const.} \quad \frac{p \cdot V}{n \cdot T} = R$$

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$R = 8,3145 \text{ kg m}^2 / \text{s}^2 \text{ mol K}$
auch universelle Gas-Konstante

Berechnung auch über die Formel $R = N_A \cdot k_B$

wobei N_A die AVOGADRO-Zahl (AVOGADRO-Konstante; $6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) und k_B die BOLTZMANN-Konstante ($1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J / K}$) ist

Gesetz von AVOGADRO (1811)

Gleiche Volumen (Volumina) von Gasen enthalten bei gleichem Druck und gleicher Temperatur die gleiche Anzahl ihrer kleinsten Teilchen.

Die molare Gaskonstante R hat für alle Gase den gleichen Wert.

Wenn also jedes Gas gleichviele Teilchen in vergleichbaren Volumen enthält, dann muss es auch ein Volumen geben, dass für genau ein Mol gilt. Dieses Volumen beträgt 22,4 l.

D.h. also, dass jedes Gas bei Normbedingungen ein Volumen von 22,4 Litern einnimmt. Somit haben wir ein einfaches Mittel die Stoffmenge n aus einem Volumen abzuleiten.

$$\frac{V}{n} = \text{const.} \quad \frac{V}{n} = V_M$$

V_M ist dabei das molare Volumen – also das Volumen, das ein Mol einnimmt

für Gase liegt das molare Volumen bei 22,4 l / mol

Die anderen Stoffe haben auch ein molares Volumen. Allerdings ist dieses bei jedem Stoff individuell. Das molare Volumen eines beliebigen Stoffes lässt sich aber aus dessen molaren Masse und Dichte berechnen.

$$V_M = \frac{M}{\rho}$$

Aufgaben:

1. *Übernimm die folgende Tabelle und ermittle die fehlenden Werte!*

Stoff	H ₂	O ₂	CO ₂	He	NH ₃ g	CH ₄	Fe	Kr
Stoffmenge	1 mol	2,25 mol		0,2 mol				0,01 mol
Volumen			10 l		100 m ³	30 l	22,4 l	

2.

3.

3. chemisches Grundgesetz

Gesetz der vielfachen Massenverhältnisse

Gesetz der multiplen Proportionen

DALTONS Atom-Hypothese

Gesetz der vielfachen Massenverhältnisse (DALTON, 1808)

Bilden zwei (oder mehr) Elemente mehr als eine Verbindung, dann stehen die Massen eines (ausgewählten) Elementes in den Verbindungen zueinander in festen, gazzahligen Verhältnissen.

Bilden zwei Elemente miteinander mehrere Verbindungen, so stehen die Massenverhältnisse, mit denen die Elemente in diesen Verbindungen auftreten, zueinander im Verhältnis kleiner ganzer Zahlen.

Aufgaben:

1. Übernimm die folgende Tabelle und ermittle die fehlenden Werte! Die chemische Gleichung dazu lautet:



Ausgangsstoffe		Reaktionsprodukte		AS	RP
m[Cu] in g	m[S] in g	m[CuS] in g	mRest in g	Massen- Verhältnis im CuS	Massen-Verhält- nis in der Reak- tions-Mischung
0,4	0,1	0,5	0,0		
2,0					
		2,5	0,5 [S]		
17,0	4,0		0,0	4 : 1	
		30,0	6,0 [Cu]		5 : 1
					3 : 1

2. In der Nachstellung eines historischen Versuch's wird Quecksilber mit Schwefel zu Quecksilbersulfid umgesetzt. Übernimm die Tabelle und ermittle die fehlenden Werte (auf mindestens 3 Wertstellen genau)! Welche(s) Gesetz(e) wurden mit dem Versuch bestätigt?

m[Quecksilbersulfid]	m[Quecksilber]	m[Schwefel]	Massen- Verhältnis	Hilfsspalte
298,1 mg	254,6 mg	45,2 mg		
502,7 mg	425,6 mg	74,1 mg		
753,4 mg	638,2 mg	111,8 mg		
997,8 mg	852,0 mg	150,2 mg		
Durchschnitt:				

3. Erstelle ein exaktes Diagramm (auf Millimeter-Papier), in dem die Masse des Schwefels gegen die Masse des Quecksilbers aus der Tabelle von Aufgabe 2 eingetragen werden sollen! Können die Punkte guten Gewissens miteinander verbunden bzw. eine Kurve / Gerade durch sie durchgelegt werden? Begründe Deine Meinung!

für die gehobene Anspruchsebene:

4. Erstelle ein vergleichbares Diagramm, in dem die Masse des Quecksilbersulfid's gegen die Masse des Quecksilbers aus der Tabelle von Aufgabe 2 eingetragen werden sollen! Können die Punkte guten Gewissens miteinander verbunden bzw. eine Kurve / Gerade durch sie durchgelegt werden? Begründe Deine Meinung! Welche Aussagen kann man aus diesem Diagramm ableiten?

x. Stöchiometrie – chemisches Rechnen (II)

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Wie schwer ist ein Atom?
Was ist ein yg (bzw. ein zg) als Massen-Einheit? Wieviele yg sind in einem g?
Was ist die atomare Masseneinheit? Welches Atom hat diese Einheit bestimmt?
Was ist die Stoffmenge? Ist das was anderes als die Masse oder das Gewicht?
Warum nimmt man in der Chemie so häufig die Stoffmenge für die Berechnung irgendwelcher Größen und Werte?
Wer hat die Größe eines Mol festgelegt? Wer war dieser Herr Mol oder wo kommt der Name sonst her?
Chemiker reden immer von molarem Sowieso, was heißt da "molar"? Kann man "molar" vielleicht weglassen?
Wie ist die molare Masse definiert, wie kann man sie berechnen oder wo kann ich sie mir herholen?
Ist 1 mol Diamant mehr oder weniger als 1 mol Graphit oder 1 mol Fullaren?
Kann es sein, das 1 mol Sauerstoff aus 16 mol Protonen besteht? Wieviel mol Atome sind das?
Was ist eine 1M Lösung?

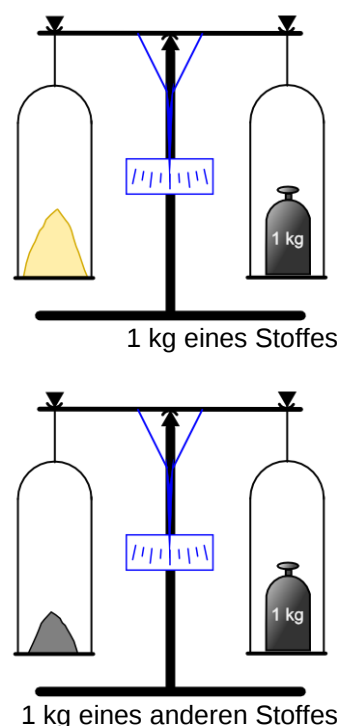
Atome – das haben wir schon mehrfach festgestellt – sind extrem kleine Objekte.

Da sie unterschiedlich groß sind, wäre auch ihre Masse für uns eine interessante Größe. Weil man aber die Atome nicht direkt zählen oder vermessen kann, wäre ein Abwiegen eine Möglichkeiten die Menge von Atomen usw. abzuschätzen.

Als Masse kennen wir vorrangig das Kilogramm. Das ist ja auch genau die Vergleichsbasis bei Wiegungen. Das Kilogramm ist genau die Masse, die das Ur-Kilogramm (in Paris) auf die Waage bringt. Das Ur-Kilogramm wird auch Normal genannt. Neben dem entscheidenden internationalen Normal in Paris gibt es mehrere nationale Normale, u.a. eines in Berlin. Ein Kilogramm eines anderen Stoffes muss auf einer Balkenwaage zu einem Ausgleich mit dem Ur-Kilogramm führen. Derzeit versucht man eine physikalische Neu-Definition des Kilogramm aus anderen Größen.

Bei den verschiedenen Stoffen können wir auch feststellen, dass unterschiedliche Mengen (Haufen-Größe) – genauer Volumina – gebraucht werden, um den Ausgleich zu erzeugen.

Aus der Physik wissen wir, dass dies durch die unterschiedliche Dichte der Stoffe bedingt ist.



Definition(en): Kilogramm (SI-Einheit)

Ein Kilogramm ist die Masse (Menge) eines Stoffes, die genau der Masse des Ur-Kilogramm entspricht..

(Bei Stoffmengenangaben müssen immer die betrachteten Teilchen spezifiziert werden!)

Ihre Masse ist so klein, dass wir Atome einzeln kaum erfassen können. So wiegt das leichteste bekannte Atom – das Wasserstoff-Atom – gerade mal 0,000'000'000'000'000'000'001'674 g. Auch wenn man das schwerste Atom – eines des Elementes Oganesson (Og, bis vor kurzem noch: **Ununoctium**) – betrachtet, dann ist dessen Masse mit 0,000'000'000'000'000'000'000'488'200 g auch nicht wirklich aussagekräftiger. Um die vielen Nachkomma-Nullen zu umgehen, kann man natürlich auf die wissenschaftliche Zahlen-Darstellung zurückgreifen. Dann würden wir als Massen eben $1,674 \cdot 10^{-24}$ g bzw. $488,2 \cdot 10^{-24}$ g betrachten. Das ist nicht wirklich praktischer. Selbst die Anwendung des gültigen Größen-Vorsatzes für 10^{-24} Yokto (Zeichen: y) macht keinen Sinn, da niemand etwas mit 488,2 yg (sprich: Yokto Gramm) anfangen kann. Diese Größe ist einfach unhandlich. Niemand kann sich ein Quadrillionsten Gramm vorstellen.

Natürlich könnte man auch die etwas kleiner Größen-Einheit Zepto für 10^{-21} benutzen – aber auch davon hat wohl kaum mal einer etwas gehört. Auch Wissenschaftler benutzen diese Größe praktisch nicht. Das schwerste – oben benannte Atom des Elementes Oganesson hätte dann die Masse 0,488 zg.

die atomare Massen-Einheit u

Eine erste Möglichkeit den Zehner-Potenzen aus dem Weg zu gehen ist die Einführung einer Extra-Massen-Einheit für Atome bzw. Teilchen atomarer Größe. Diese Einheit – die also praktisch Gramm bzw. Kilogramm ersetzt – ist die **atomare Massen-Einheit u**. Die atomare Massen-Einheit bezieht sich auf die Masse eines Protons bzw. eines Neutrons. Ein Neutron bzw. ein Proton haben ungefähr die Masse von 1 u (exakt: 1,0087 u; gute Rechengenauigkeit 1,01 u). Als Formel-Zeichen wird **m_A** verwendet.

Exakt definiert ist die atomare Massen-Einheit u als 1/12 der Masse eines einzelnen Kohlenstoff-Atoms (Isotop ¹²C). Da aber genau 6 Protonen und 6 Neutronen im Kern zu finden sind und die 6 Elektronen Massen-mäßig fast nicht ins Gewicht fallen, kann man die Vereinfachung gelten lassen.

Elektronen haben die Masse von jeweils 0,000'55 u.

Ein Wasserstoff-Atom (¹H) wiegt somit 1 u und das Ununoctium 288 u. Mit solchen Zahlen können wir schon eher hantieren. Bei großen Atomen spielt dann auch die größere Zahl der Elektronen eine Rolle, wenn man ähnliche Stellen-Genauigkeiten haben möchte.

$$1 \text{ Da} = 1 \text{ u} = 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Im amerikanischen Bereich, sowie teilweise auch noch in der Biochemie, gibt es als Massen-Einheit auch noch **das Dalton** – abgekürzt **Da** (sprich: dalton). Die Einheit wurde nach dem britischen Naturwissenschaftler John DALTON benannt. Ein Da entspricht exakt einem u. In der Chemie gibt es zwei wesentliche Formen die Größen so sicher zu notieren, dass klar wird, um welchen Stoff bzw. welche Teilchen es konkret geht.

Bei der ersten Variante werden die Stoffe oder eben die Teilchen als Indices hinter die Größe notiert. Will man also die Masse eines Kohlenstoff-Atoms notieren, dann folgt auf das m_A als Index noch ein C.

$$m_{AC} = 12 \text{ u}$$

Diese Notierung ist manchmal aber auch schwer zu entziffern und in den meisten Textverarbeitungssystemen nur mit großem Aufwand realisierbar.

Deshalb nutzt man heute immer mehr eine Notierung, bei der die Stoffe in eckigen Klammern folgend notiert werden. Diese Schreibung macht es auch möglich, sowohl Stoffnamen als auch echte chemische Formeln in die eckigen Stoff-Klammern zu setzen.

$$m_A [C] = 12 \text{ u}$$

Bei dieser Notierung muss man nur darauf achten, dass in manchen Rechnungen oder auch Tabellen die Einheiten ebenfalls in eckigen Klammern notiert werden, um sie nicht ständig schreiben zu müssen. So kann z.B. in einer Tabelle die Temperatur in Kelvin so im Tabellen-

kopf stehen: **T [K]**. Die passende Celsius-Temperatur dann eben: **T [°C]**. Solche Ausdrücke sind dann z.. als: **Temperatur in Grad Celcius** zu lesen.

Aufgaben:

1. Gebe das ganzzahlige Massenverhältnis von Protonen : Neutronen : Elektronen ($m[p^+] : m[n] : m[e^-]$) an!
2. Übernehme die nachfolgende Tabelle in Dein(en) Heft(er) und ergänze die freien Zellen!

Objekt(e)	m [g]	m [u]	m [µg]	m [Da]	m [kg]
1 Proton					
Kohlenstoff-Atom (^{12}C)					
Kohlenstoff-Atom (^{14}C)					
Sauerstoff-Atom (^{16}O)					
Brom-Atom (^{35}Br)					
10 Neutronen					
250 Uran-Atome (^{239}U)					
762 Natrium-Atome					
1000 Elektronen					

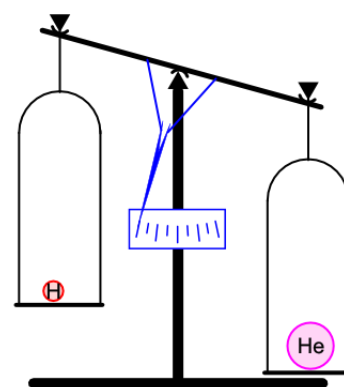
Eine zweite Möglichkeit günstigere Zahlen-Werte für die Massen zu bekommen ist die Inbezugsetzung von zwei Atomen zueinander. D.h. man benutzt ein Atom als Gezugs-Größe und betrachtet die anderen als sounsoviel größer oder kleiner. Als allgemeines Vergleichs- bzw. Bezugs-Objekt wird das Wasserstoff-Atom (^1H) benutzt. Es ist das kleinste bekannte Atom. Die sogenannte **relative Atommasse** m_A besagt dann, wievielen Wasserstoff-Atomen das zu beschreibenden Atom entspricht.

Da Helium-Atome schwerer sind als Wasserstoff-Atome, kann man nun versuchen durch zusätzliche Wasserstoff-Atome einen Ausgleich hinzubekommen. Das klappt auch – man braucht 4 Wasserstoff-Atome, um ein Helium-Atom auf einer Waage auszugleichen. Natürlich funktioniert das nicht mit einzelnen Atomen, aber einige Quadrillionen kann man schon gut messen. Also benutzt man z.B. 1 mol der Atome.

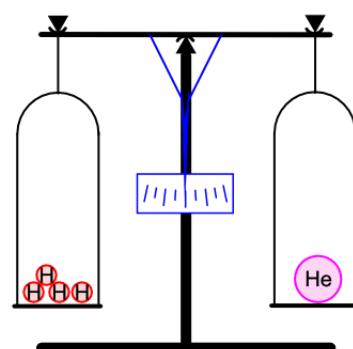
Ein Kohlenstoff-Atom (^{12}C) hat eine 12x größere Masse als ein Wasserstoff-Atom (^1H). Somit haben Kohlenstoff-Atome die relative Atommasse von 12. Zu beachten ist, dass die relative Atommasse selbst keine Einheit hat, da sie ja nur ein Vergleichswert bzw. Faktor ist.

Auf diese Art und Weise lässt sich jedes beliebige Atom mit Wasserstoff-Atomen vergleichen. Jedes Atom erhält dann die Anzahl Wasserstoff-Atome als relative Atom-Masse.

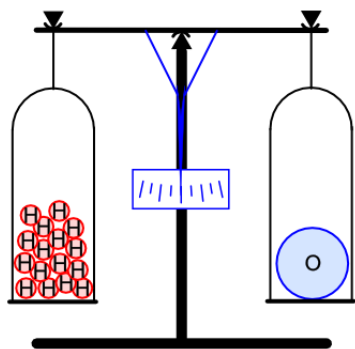
Für Sauerstoff ergibt sich die relative Atom-Masse von 16. Der Vergleich von Sauerstoff-Atomen mit Helium-Atomen ergibt ein Faktor von 4.



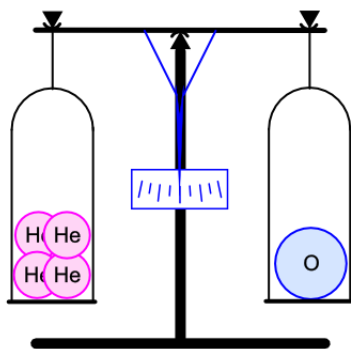
Helium-Atome sind schwerer als Wasserstoff-Atome



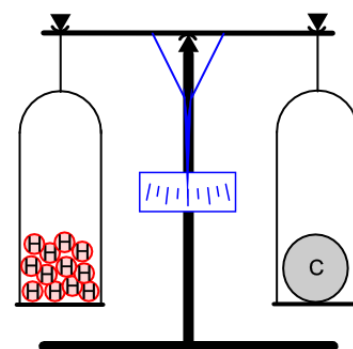
ein Helium-Atom ist genauso schwer, wie vier Wasserstoff-Atome



ein Sauerstoff-Atom muss mit 16 Wasserstoff-Atomen aufgewogen werden ...



... oder mit vier Helium-Atomen



ein Kohlenstoff-Atom ist genauso schwer, wie 12 Wasserstoff-Atome

Praktisch kann man natürlich auch Vergleiche zwischen beliebigen anderen Atomen untereinander durchführen. Man erhält aber immer nur Verhältnisse der Massen untereinander – also immer relative Massen.

In unklaren Situationen werden die weiter oben besprochenen – echten Massen – als absolute Massen bezeichnet.

Für frühere Versionen des Periodensystems der Elemente wurde die damals bekannten Elemente in der Reihenfolge ihrer relativen Massen geordnet.

Projekt-Aufgaben:

1. **Ermittle für eine Packung eines (gleichmäßig-)stückigen Lebensmittels (z.B. Würfelzucker, Erbsen, Bohnen, Gummi-Tiere, Bonbons, ...) wieviele (Einzel-)Stücke in der Packung enthalten sind!**
(Zum Vergleich oder für einfache Vorversuche steht auch eine offene - nicht mehr vollständige !!! - Packung des entsprechenden Lebensmittels zur Verfügung!
!!! Ersatzweise können auch Baumarkt-Packungen mit Schrauben, Muttern usw. bzw. Groß-Packungen mit Büro-Klammern usw. verwendet werden.)
 - a) Überlege Dir einen eigenen Plan! Diskutiert diesen im Arbeits-Team! Wählt dann im Team einen Plan aus!
 - b) Erstelle ein eigenes Protokoll, das zuerst einmal die Aufgabenstellung (siehe 1.) enthält!
 - c) In den Vorbetrachtungen stelle dann Deinen eigenen und die anderen Pläne kurz vor. Der im Team ausgewählte Plan muss umfangreicher dokumentiert und die Wahl begründet werden! (Sollten gefährliche Objekte / Materialien benutzt werden, dann muss darauf in den Vorbetrachtungen hingewiesen werden!)
 - d) Stellt (im Team) eine Material- und Geräte-Liste zusammen und dokumentiert sie im Protokoll!
 - e) Das soweit vorbereitete Protokoll wird dem Kurs-Leiter vorgelegt! Erst, wenn dieser sein OK gibt, darf der Plan realisiert werden!
 - f) Führt nun den Plan des Teams durch! Dokumentiert das Experiment!
 - g) Die Auswertung im Protokoll muss u.a. eine schlüssige Berechnung / Ableitung der in der Packung enthaltenen Anzahl aufzeigen!
 - h) Ev. stellt der Kurs-Leiter die richtige Anzahl für eine Fehlerrechnung bereit. Erstelle dann auch eine Fehlerrechnung!
2. **Erstellt im Team eine Präsentation (Art und Form wird vom Kurs-Leiter festgelegt!)**
3. **Stellt Eure Projekt-Arbeit unter Zuhilfenahme der Präsentation vor!**

die Stoffmenge n

Alle besprochenen Einzel-Atom-Massen lassen sich nicht so einfach erfassen. Sie sind für jede Waage zu klein. In der Zeit (um 1800), als man sich intensiv mit diesen Größen beschäftigte, konnte man auf 1/10 bis 1/100 mg genau wiegen (100 µg bis 10 µg).

Besser als 1 Atom lassen sich 1'000 oder noch besser 1'000'000 usw. usf. messen. Da aber die Teilchen nicht direkt abgezählt werden können hat man einen indirekten Bezug gewählt. Man nimmt einfach eine bestimmte Masse eines gut wiegbaren Stoffes und definiert die darin enthaltene Teilchenzahl als das Maß der Dinge.

Als gut messbare Stoff-Probe hat man Kohlenstoff gewählt – exakt 12 g Kohlenstoff. Die Anzahl an Kohlenstoff-Atomen, die in diesen 12 g enthalten sind, werden als 1 mol betrachtet.

Heute kann man recht genau sagen, dass 1 mol
rund $6,022 \cdot 10^{23}$ Teilchen

1 mol = 602'214'085'774'000'000'000'000 Teilchen
1 mol $\approx$ 602'200'000'000'000'000'000'000 Teilchen

sind.

Ausgesprochen sind das 602,2 Trilliarden (10^{21}) oder 0,6022 Quadrillionen (10^{24}).

Die Teilchenmenge in mol wird exakt als **Stoffmenge n** bezeichnet. Die Stoffmenge 12 g Kohlenstoff (^{12}C) ist also 1 mol.

Die Umrechnung zwischen Teilchen-Anzahl N und Stoffmenge n erfolgt über die sogenannte AVOGADRO-Konstante.

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} / \text{mol}$$

In älterer Literatur wird die LOSCHMIDTSche Zahl (N_L) synonym mit der AVOGADRO-Konstante genannt. Das ist nicht ganz exakt! Zwar stecken ähnlich Betrachtungen hinter den beiden Konstanten. Die LOSCHMIDTSche Zahl sagt etwas über die Teilchenzahl in einem Kubikmeter Luft aus. Sie beträgt $2,687 \cdot 10^{25} / \text{m}^3$. Bezieht man diese Zahl auf das Volumen von 1 mol Gas, dann erhält man exakt die AVOGADRO-Konstante.

Der Begriff Mol wurde 1909 von J.-B. PERRIN eingeführt.

Heute ist er exakt im internationalen Einheitensystem (SI (Système international d'unités)) festgelegt.

Die exakte Umrechnungs-Formel zwischen der Stoffmenge n und der Teilchenzahl N ist:

$$N_A = \frac{N}{n}$$

Definition(en): (chemische) Stoffmenge

Die Stoffmenge ist die international definierte Grösse (Internationales Einheitensystem) für die Anzahl einer bestimmten Art von Teilchen.

Die definierte Einheit ist 1 mol (Mol) mit genau der Menge Teilchen, die eine Stoffprobe aus ^{12}C -Atomen (Isotop C12) mit der Masse 12 g enthält. $1 \text{ mol} = 6,022 \cdot 10^{23} [\text{Teilchen}]$

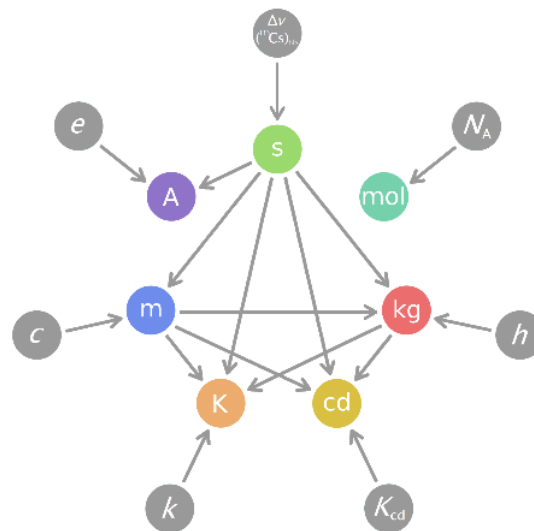
Definition(en): Mol (SI-Einheit)

Ein Mol ist die Stoffmenge eines Systems, das aus ebensovielen Einzelteilchen besteht, wie Atome in 12 Gramm des Kohlenstoff-Nuklids ^{12}C in ungebundener Form enthalten sind. (Bei Stoffmengenangaben müssen immer die betrachteten Teilchen spezifiziert werden!)

Ein Mol sind exakt $6,022'140'857'74 \cdot 10^{23}$ der betrachteten Teilchen.

Man kann in der nebenstehenden Abbildung gut erkennen, dass viele Einheiten und deren Größen in direkten Zusammenhängen stehen. Das Mol ist ziemlich isoliert. Es ist eine mehr oder weniger zufällig definierte Größe (Stoffmenge) mit der gebräuchlichen Einheit (mol). Das liegt auch daran, dass auch die Masse (m) mit seiner Einheit (kg) eine ehemals praktisch willkürlich festgelegt Größe ist. (Ein Kilogramm ist die Masse, die dem Ur-Kilogramm-Stück in Paris entspricht. Und die Masse von 12 g ist somit auch willkürlich.)

Der Gebrauch der SI-Einheiten ist in Deutschland gesetzlich festgelegt. In anderen – vor allem englischsprachigen – Ländern gibt es parallel dazu das cgs-System und das ursprüngliche angloamerikanische Maßsystem mit eher typisch englischen / amerikanischen Größen. Da es schon zu verschiedenen katastrophalen Verwechslungen und Fehl-Interpretationen gekommen ist, wird für die Naturwissenschaft und Technik das SI-System international immer stärker bevorzugt.



SI-Basiseinheiten und deren Abhängigkeiten
Q: de.wikipedia.org (Wikipetzi)

Aufgaben:

1. Stelle die Formel zur AVOGADRO-Konstante nach n (Stoffmenge) und N (Teilchenzahl) um!
2. Übernehme die nachfolgende Tabelle und fülle die leeren Stellen aus!

Teilchen	Lithium	Sauerstoff, elementar	Sauerstoff-Gas	Schwefel	Ozon	Magnesiumoxid
Symbol / Formel						
Atome					$3,01 \cdot 10^{20}$	
Moleküle / Bau-Einheiten			$12,04 \cdot 10^{23}$			$6,02 \cdot 10^{23}$
Atome [mol]	1					
Elektronen				$6,02 \cdot 10^{25}$		
Elektronen [mol]		16				

Aufgaben:

1. Finde heraus, wie die Zahl $6,022 \cdot 10^{23}$ ausgeprochen lautet!
2. Übernehme die nachfolgende Tabelle in Dein(en) Heft(er) und ergänze die freien Zellen! (Zellen, für die keine Werte berechenbar sind, werden gestrichen!)

Stoffmenge Objekt(e)	n [Atome] [mol]	n [Neutronen] [mol]	n [Protonen] [mol]	n [Elektronen] [mol]
1 mol Proton				
1 mol Wasserstoff-Atom (^1H)				
2 mol Kohlenstoff-Atom (^{12}C)				
1 mol Sauerstoff-Moleküle (^{16}O)				
0,5 mol Brom-Atom (^{35}Br)				
10 mol Neutronen				
0,25 mol Uran-Atome (^{238}U)				
7,62 mol Natrium-Atome				
1'000'000'000 Elektronen				

(Stoff-)Mengen- / Verhältnis-Anteil

N meint hier die Teilchenzahl

$$\frac{N_A + N_B}{N_{\text{ges}}} = \text{konstant}$$

nicht direkt erfassbar, weil niemand die Teilchen zählen kann
Berechnung indirekt über die Masse oder das Volumen →

(Stoff-)Mengenbruch x oder X (sprich: chi)
selten (z.B. bei Gasen verwendet) y

$$X_A = \frac{N_A}{N_{\text{ges}}} \quad X_B = \frac{N_B}{N_{\text{ges}}}$$

auch Molenbruch genannt (Erklärung später
→)

x.y. die molare Masse

Da die Massen einzelner Elementarteilchen, Atome oder Moleküle nicht fassbar oder einfach messbar sind, brauchten die frühen Chemiker (vor 1900) eine clevere Behelfslösung. Sie betrachteten einfach ein ganzes Mol. Die Masse, die für ein Mol eines Stoffes usw. ermittelt wurde, nennt man die **molare Masse M**. Die molare Masse ist für jeden Stoff konstant und wird tabelliert. Wie beim Mol muss bei einer Angabe der molaren Masse aber immer mit angesagt werden, um welchen Stoff, welche Atome oder welche Elementarteilchen es sich handelt. Unter Chemikern wird die molare Masse auch als **Molmasse** bezeichnet.

Definition(en): molare Masse

Die molare Masse M ist die Masse von einem Mol des genannten Stoffes / der genannten Teilchen.

Die molare Masse (Molmasse) ist der Proportionalitäts-Faktor zwischen der Masse m und der Stoffmenge n eines Stoffes / einer Teilchenart.

Neben dem experimentellen Ermitteln kann auch die Berechnungs-Formel – der Quotient aus der Masse und der Stoffmenge einer Stoff- bzw. Teilchen-Probe genutzt werden.

Da auch bei chemischen Vorgängen immer das Gesetz von der Erhaltung der Masse gilt, lassen sich die Massen und daraus indirekt auch die Teilchenzahlen ermitteln.

$$M_X = \frac{m_X}{n_X}$$

$$M_{XY} = \frac{m_X + m_Y}{n_{XY}}$$

Kennt man die molaren Massen von Elementarteilchen oder Atomen, dann kann man – eben wegen des Gesetzes von der Erhaltung der Masse – alle zusammengesetzten Teilchen / Stoffe / usw. usf. berechnen.

$$M_{XY} = M_X + M_Y$$

Für Stoffe, die aus komplexeren Molekülen oder Baueinheiten bestehen, müssen die Atom-Zahlen in den Formeln mit beachtet werden.

$$M_{X_a Y_b} = a \cdot M_X + b \cdot M_Y$$

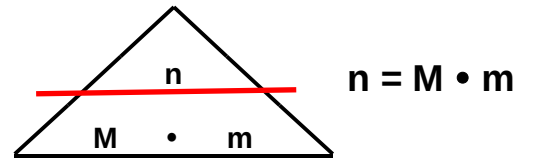
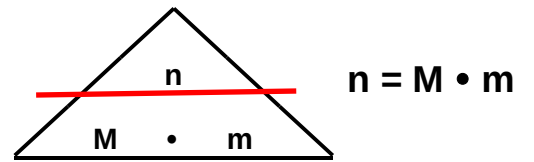
Aufgaben:

1. Ermittle mit Hilfe des Tafelwerkes die molare Masse der folgenden Stoffe!

- | | | |
|--------------------|-------------------|-----------------------|
| a) Schwefeldioxid | b) Wasser | c) Natriumchlorid |
| d) Magnesiumnitrat | e) Bariumhydroxid | f) Salpetersäure |
| g) Sauerstoff-Gas | h) Glucose | i) Wasserstoff, elem. |

2. Berechne die molaren Masse von:

- | | | |
|--|--|------------------------------------|
| a) Natriumiodid (NaI) | b) Natriumhydrogenphosphat (Na_2HPO_4) | |
| c) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OHCOOH}$ | d) D_2 | f) $^{239}\text{U}^{16}\text{O}_2$ |



x.y.z. das molare Volumen

Die Teilchenzahlen bzw. die Stoffmengen einer Stoff-Probe war schon immer für Chemiker interessant. Für Feststoffe ist diese erst seit dem letzten Jahrhundert gut messbar geworden. Früher mussten die Chemiker indirekt vorgehen.

Als besonders geeignet für das experimentelle Arbeiten, Messen und die dann folgenden Berechnungen haben sich frühzeitig die Gase herauskristallisiert. Für die Gase hatten die Physiker im 19. Jahrhundert und teilweise auch schon früher viele Meß-Größen und Gesetze herausgearbeitet. Mit Hilfe dieser Gesetze gelang dann die Bestimmung vieler heute gebräuchlicher Größen in der Chemie.

Eine wichtige Erkenntnis der Physiker war, dass praktisch alle Gase bei den typischen Labor-Bedingungen (20 °C und 1 atm) für gleiche Stoffmengen auch das gleiche Volumen einnehmen.

Physiker verallgemeinerten die verschiedenen Gase zu einem ideellen Gas und konnten dann u.a. das allgemeine Gas-Gesetz ermitteln.

$$V_{MX} = \frac{R \cdot T}{p}$$

Aus der universellen Gas-Konstante $R = 8,314 \text{ J / mol} \cdot \text{K}$, der Temperatur T in KELVIN und dem gemessenen Druck p lässt sich das molare Volumen eines Gases recht genau bestimmen.

Das sind rund 22,4 l für ein Mol eines Gases. Somit war ein Ausgangspunkt für die Tabellierung der Volumina für ein Mol gegeben. Ein solches Volumen wird **molares Volumen V_M** oder auch **Molvolumen** genannt.

Definition(en): molares Volumen

Das molare Volumen V_M ist das Volumen von einem Mol des genannten Stoffes / der genannten Teilchen.

Das molare Volumen (Molvolumen) ist der Proportionalitäts-Faktor zwischen dem Volumen V und der Stoffmenge n eines Stoffes / einer Teilchenart.

Das molare Volumen V_M ist der Quotient aus molarer Masse M und der Dichte ρ eines Stoffes.

Für feste und flüssige Stoffe sind die molaren Volumina nicht so charakteristisch gleich. Da sie auch von Druck und Temperatur abhängig sind, werden sie in der Chemie seltener benutzt.

Neben dem experimentellen Ermitteln kann auch die Berechnungs-Formel – der Quotient aus der Masse und der Stoffmenge einer Stoff- bzw. Teilchen-Probe genutzt werden.

$$V_{MX} = \frac{V_X}{n_X}$$

Da auch bei chemischen Vorgängen immer das Gesetz von der Erhaltung der Masse gilt, lassen sich die Massen und daraus indirekt auch die Teilchenzahlen ermitteln.

$$V_{MX} = \frac{M_X}{\rho_X}$$

Weiterhin lässt sich das molare Volumen auch aus der molaren Masse und der Dichte ermitteln.

Für Gase ist das molare Volumen mit ihren 22,4 l / mol eine vielbenutzte Rechengröße. Zwar weichen die molaren Volumina der einzelnen Gase leicht von diesem Wert ab, aber diese sind zu vernachlässigen.

**Regel:**

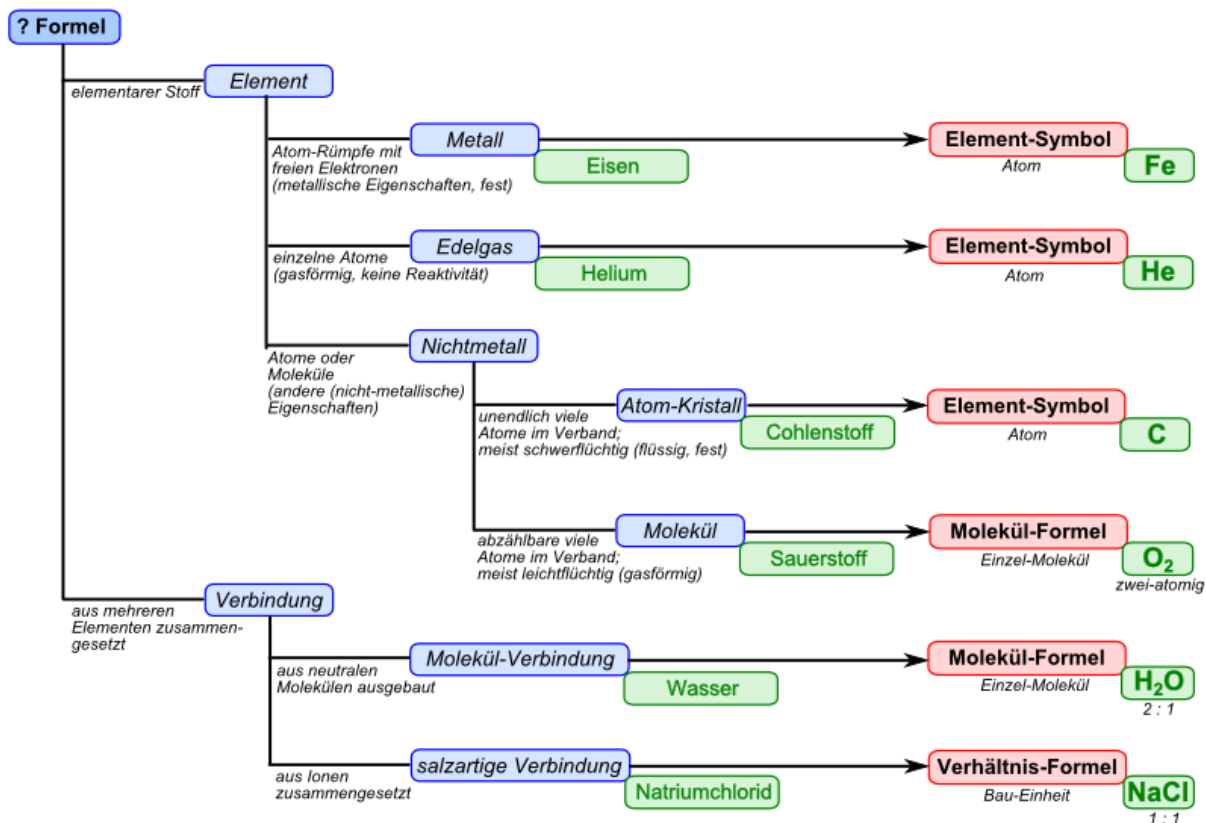
Das molare Volumen aller Gase beträgt (ungefähr) 22,4 l / mol.
(bei Standard-Bedingungen: 20 °C = 293 K; 101,325 hPa = 1 bar = 1 atm)

Aufgaben:

1. Prüfe, ob Dein Tafelwerk die molare Volumen von folgenden Stoffen dokumentiert! Ansonsten berechne es!

- | | | |
|----------------------|----------------------|-------------|
| a) Wasserstoff | b) Chlor | c) Ammoniak |
| d) Blei | e) Ethanol, 96 %ig | f) Xenon |
| g) Kohlenstoffdioxid | h) Propanon (Aceton) | i) Diamant |

x.y. Aufstellen und Interpretieren von chemischen Formeln



Aufgaben:

1. Übernehmen Sie die Tabelle und füllen Sie diese aus!

Formel (Symbol)	Name	Art der Formel bzw. Symbol	Interpretation
O ₂			
Mg			
Br ₂			
CH ₄			
NH ₃			
Hg			
NaBr			
P ₂ O ₅			
Al ₂ O ₃			
CO			
S ₈			
Xe			

2.

3.

x.y. Interpretation einer chemischen Gleichung

Aufgaben:

1. Warum wurden bestimmte Einheiten international definiert?
2. Welche anderen – heute noch verwendeten – Einheitensysteme gibt es? Wo liegt ihre Bedeutung?
3. Wie sind Länge und Masse im SI exakt definiert?
4. Was ist das Urmeter? Warum wird es heute nur noch zweitrangig verwendet?

für das gehobene Anspruchsniveau:

- x. Warum ist eigentlich das Gewicht nicht bei den definierten Größen?
- x. Finde den / die Fehler im folgenden Satz!
Fritzchen sagte, als er von der Waage stieg: "Ich wiege 56,8."

interessante Links:

https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/publikationen/broschueren/Einheiten_deutsch.pdf
(gesetzliche Einheiten für Deutschland)

x. Metall- und Nichtmetall-Oxide

Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Definition(en): Oxide
Oxide sind Verbindungen von anderen Elementen mit Sauerstoff.
Oxide sind die Verbrennungsprodukte von Elementen.

x.y. Metalloxide

Eisenoxid in Form von Rost ist sicher das bekanntste Metalloxid. Damit bekommen Metalloxide gleich einen leicht negativen Touch. In Wirklichkeit sind sie Verbindungen mit einem extrem breiten Eigenschaften- und Verwendungs-Spektrum. Außer einem Metall und Sauerstoff enthalten Metalloxide keine weiteren Elemente.

Viele Metalloxide sind uns schon früher untergekommen. Hier wollen wir etwas systematisieren und vor allem Gemeinsamkeiten herausarbeiten.

Im Tafelwerk findet man Unmengen von Metalloxiden. Interessanterweise sogar manchmal von einzelnen Metalle mehrere. Schauen wir uns aber zuerst die Namen und Formeln einiger Metalloxide genauer an:

Beispiele für Metalloxide:

Na_2O
Natriumoxid

MgO
Magnesiumoxid
(Magnesia, Bittererde)

Al_2O_3
Aluminiumoxid

K_2O
Kaliumoxid

CaO
Calciumoxid

Ga_2O_3
Galliumoxid

Cu_2O
Cupfer(I)-oxid

CuO
Cupfer(II)-oxid

Ga_2O_3
Galliumoxid

MnO
Mangan(II)-oxid

MnO_2
Mangan(IV)-oxid
(Braunstein)

MnO_3
Mangan(VI)-oxid

Definition(en): Metalloxide

Metalloxide sind Verbindungen aus einem Metall und Sauerstoff.

Metalloxide sind die Reaktionsprodukte von chemischen Reaktionen zwischen metallischen Elementen und Sauerstoff.

Aufgaben:

- 1.
2. Auf der Internetseite <http://www.seilnacht.com/Lexikon/pigment2.htm> findet man einige Pigmente! Recherchiere, bei welchen es sich dabei um Metalloxide handelt!. Notiere Farbe, Name und Formel des Metalloids!
- 3.

x.y.z. Bau der Metalloxide

Wenn wir uns die Bindung zwischen z.B. Magnesium und Sauerstoff ansehen, dann könnte man zuerst die nebenstehende LEWIS-Struktur vermuten.

Das Magnesium-Atom hat zwei Außenenelektronen und der Sauerstoff sechs.

Zumindestens das Sauerstoff-Atom würde so seine volle Achter-Schale realisieren können. Das Magnesium wird aber kaum auch noch die zwei freien Elektronen-Paare des Sauerstoff zu sich ziehen können.

Aber das Magnesium-Atom bräuchte auch acht Außen-Elektronen, damit es in einen energetisch günstigeren Zustand kommt. Ansonsten würde eine Bindung keinen Vorteil bringen.

Wie kommen die Atome aus dieser Zwickmühle heraus, schließlich wollen beide einen energetischen Vorteil.

Eine Lösung wäre es, wenn sich das Magnesium ganz von seinen zwei Außen-Elektronen trennen würde. Dann hätte es keine dritte Schale mehr und die zweite würde zur äußeren Schale. Und diese Schale ist auch noch voll mit acht Elektronen besetzt. Scheinbar eine ideale Lösung. Tatsächlich bringt es dem Magnesium-Atom einen energetischen Vorteil, die zwei Außen-Elektronen abzugeben. Was übrig bleibt ist ein zweimal positiv geladenes Atom.

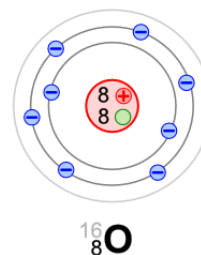
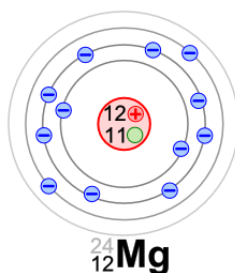
Geladene Atome nennen wir **Ionen**. Das Magnesium-Ion ist zweimal positiv geladen, denn es hat ja zwei Elektronen abgegeben.

Die Ladung eines Ions schreiben wir rechts oben an das Element-Symbol.

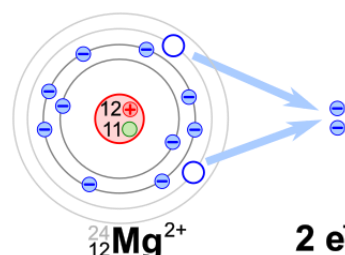
Die Reihenfolge von Zahl und Ladungs-Zeichen ist vorgeschrieben und darf nicht verändert werden! Positive Ionen werden auch Kationen genannt.



fragliche LEWIS-Formel

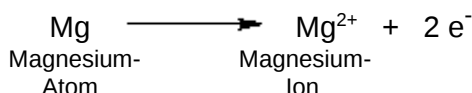


Magnesium-Atom
mit "Elektronen-Überzahl"



Metall-Ion
mit vollbesetzter
äußerer Schale

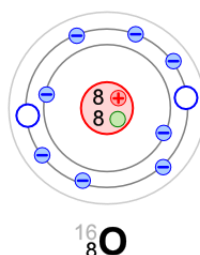
$2 e^{-}$



Elektronen-Abgabe

Aber wo bleiben die zwei Außen-Elektronen. Die können nur dann wirklich vom Magnesium-Atom abgegeben werden, wenn sie ein anderer Partner aufnimmt. Und da ist ja auch wirklich das Sauerstoff-Atom, dem genau zwei Elektronen zur vollen Achter-Schale fehlen. Wir sprechen auch von Elektronen-Lücken. Das Sauerstoff-Atom nimmt die beiden Elektronen auf und wird dabei zum zweifach negativ geladenen Sauerstoff-Ion.

Aus historischen Gründen bekommen die negativen Ionen (Anionen) immer spezielle Namen.



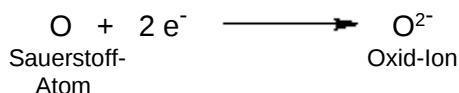
Sauerstoff-Atom
mit "Elektronen-Lücken"



Oxid-Ion
mit vollbesetzter
äußerer Schale

Im Falle des Sauerstoff's heißt das Ion Oxid-Ion.

Auch für das Oxid-Ion ergibt sich durch die Aufnahme von zwei Elektronen eine energetisch günstigere Situation.



Elektronen-Aufnahme

Die beiden Ionen ziehen sich sehr stark an und bilden eine sehr feste Ionen-Bindung. Manche Chemiker nennen diese Bindung auch Ionen-Beziehung.

Will man nun das Magnesiumoxid als LEWIS-Formeln aufschreiben, dann sehen die Ionen so aus:

Die Farbe der Ionen ist nur zur besseren Erkennung. Die Umkreisung der Ladungs-Symbole ist allerdings notwendig, um eine negative Ladung eindeutig von einem Elektronen-Paar unterscheiden zu können.

Aber wann kommt es denn nun zur Ionen-Bildung und wann bilden sich gemeinsame Elektronen-Paare (Atom-Bindungen)?

Darüber entscheidet die Anziehungskraft der Atome auf die Bindungs-Elektronen. Im Tafelwerk bzw. dem Periodensystem ist diese Anziehungskraft als **Elektronegativität** verzeichnet. Die Elektronegativität ist die Fähigkeit eines Atoms einer Bindung die (gedachten) Bindungs-Elektronen zu sich zu ziehen. Man kann sich die Elektronegativität auch als Geilheit der Atome auf die Bindungs-Elektronen vorstellen. Die größte Elektronegativität hat Fluor mit 4,0. Die Elektronegativität hat keine Einheit. Die kleinste Elektronegativität finden wir bei Franzium mit 0,7. Die Skalierung basiert auf spezielle Daten aus dem Atombau und wurde von PAULING eingeführt.

Für Magnesium ist im Periodensystem der Elemente eine 1,2 für die Elektronegativität angegeben und für Sauerstoff 3,5.

Sauerstoff gehört als zu den Elementen mit einer sehr großen Fähigkeit Bindungs-Elektronen zu sich zu ziehen. Für Magnesium ist dieses Betreiben (mit 1,2) recht klein.

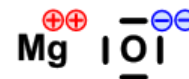
Um jetzt abzuschätzen, welche Bindungs-Art vorliegt, muss man nur die absolute Differenz der Elektronegativitäten beider Bindungs-Partner berechnen. Ist diese Differenz größer als **1,7**, dann liegt eine **Ionen-Bindung** vor.

Die beiden Bindungs-Atome sind durch Elektronen-Übergabe zu Ionen geworden. Beide Bindungs-Atome – besser müsste man sagen Bindungs-Elemente – liegen in Form von Ionen vor.

Wenn die Differenz der Elektronegativität gleich null ist, dann liegt eine Atom-Bindung vor.

Bleibt die Lücke zwischen null und 1,7. Liegt die Differenz hier, dann ist die Bindung ein Zwischending zwischen Ionen-Bindung und Atom-Bindung. Wir Chemiker nennen diese Bindung entweder **Atom-Bindung mit Ionen-Charakter** oder **polare Atom-Bindung**.

Aus praktischen Gründen darf die Differenz für eine Atom-Bindung bis ungefähr 0,3 oder 0,4 groß werden. Dieser kleine Anziehungs-Unterschied ist so gering, dass man die Bindung einfacher als Atom-Bindung betrachtet. Die Bindung ist so gering polarisiert, dass eine Betrachtung als (unpolare) Atom-Bindung genauer ist, als die Vorstellung zu einer polaren Atom-Bindung.



richtige LEWIS-Formel
für Magnesiumoxid

3	24,3
1,2	Mg
Magnesium	
2, 8, 2	
f	Me

8	15,99
3,5	O
Sauerstoff	
2, 6	
g	NMe

Definition(en): Ionen-Bindung / Ionen-Beziehung

Eine Ionen-Beziehung ist die chemische Bindung zwischen mindestens zwei entgegengesetzt geladenen Ionen.



Aus der Differenz der Elektronegativität zweier Bindungs-Partner lässt sich die Bindungs-Art ermitteln.

(Ist die Differenz größer als 1,7 dann liegt eine Ionen-Bindung vor. Zwischen 0 und 0,4 sprechen wir von einer Atom-Bindung und im Restbereich geht man von einer polaren Atom-Bindung aus.)

Aufgaben:

1. *Skizziere immer nebeneinander das BOHRsche Atom-Modell des Atom's und des zugehörigen Ion's!*

- | | | |
|--------------|--------------|------------|
| a) Natrium | b) Kalium | c) Calcium |
| d) Aluminium | e) Beryllium | f) Gallium |

2. *Bestimme die Bindungs-Art für die nachfolgenden Verbindungen!*

- | | | |
|---------------------|----------------------|-----------------------------------|
| a) O ₂ | b) N ₂ | c) NO ₂ |
| d) H ₂ O | e) HCl | f) NaCl |
| g) CH ₄ | h) MgCl ₂ | i) Al ₂ O ₃ |

Bau der Kristalle

Kristalle sind dadurch gekennzeichnet, dass sie regelmäßige Strukturen aufweisen. Besteht ein Kristall aus Ionen, dann sprechen wir von einem Ionen-Kristall.

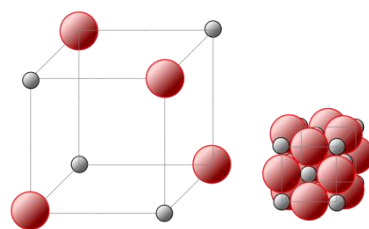
Metalloxide sind als Ionen-Kristall aufgebaut. Hier wechseln sich in regelmäßiger Struktur Metall-Ionen und Oxid-Ionen ab.

Häufig werden Kristall-Strukturen besser sichtbar, wenn die Bauelemente etwas auseinandergezogen ("gesprengt") dargestellt werden. In der Realität liegen die Ionen dicht beieinander.

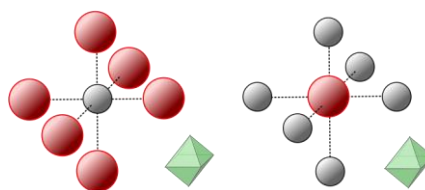
Eine weitere Möglichkeit, um sich eine bessere Übersicht über die Anordnung der Ionen zu verschaffen ist es, sich die Koordinierung der Ionen anzuschauen. Dabei wird ein Ion der einen Art als Zentral-Ion betrachtet und dann die umliegenden Ionen der anderen Art mit dazu gezeichnet.

Für das Magnesiumhydroxid sähe das in gestreckter Darstellung dann so aus:

Ein (doppelt geladenes) Magnesium-Ion ist von 6 (ebenfalls doppelt geladenen) Oxid-Ionen umgeben. Wir haben hier die Koordinations-Zahl **6**. Für das Oxid-Ion finden wir die gleiche Koordinations-Zahl. Es ist von 6 Magnesium-Ionen umlagert.

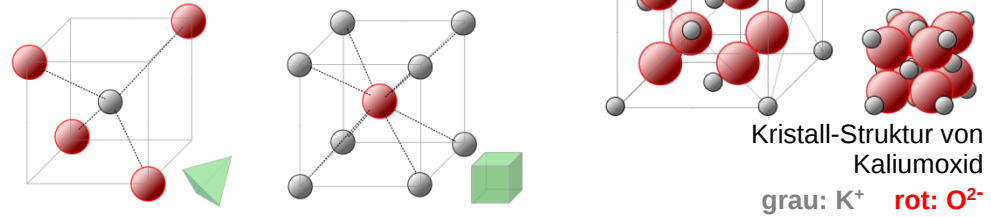


Kristall-Struktur von
Magnesiumoxid
grau: Mg²⁺ rot: O²⁻



Die Raum-Figur zu beiden Koordinationen ist jeweils ein Hexaeder (kleine grünliche Figuren) – besser wahrscheinlich als doppelte Pyramide zu erkennen. Die Grundfläche liegt in der Mitte und wird von beiden Pyramiden genutzt.

Im Kaliumoxid ist Anordnung etwas unübersichtlicher. Entsprechend der Ladung kommen hier zwei Kalium-Ionen auf ein Oxid-Ion. Die Formel ist K_2O . Die Koordination für das Kalium-Ion ist nun 4, die vom Oxid-Ion 8.

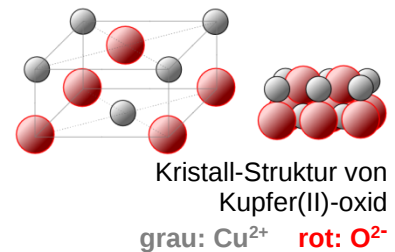
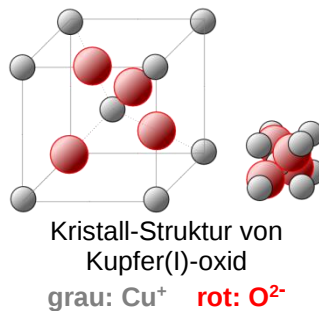


Die Raum-Figuren unterscheiden sich dieses Mal ebenfalls. Für das Kalium-Ion ist es ein Tetraeder und für das Oxid-Ion ein Würfel.

Kristalle können sehr gross werden. Oft sind sie aber nur sehr klein, so dass sie uns als Pulver erscheinen. Selbst in pulverförmigen Kristall bilden immer noch Millionen von Ionen eine Kante des Kristall's.

Wie entscheidend z.B. die Ladung eines Ion's für den Kristall-Bau ist, kann man schön bei den Kupferoxiden sehen.

Beim Kupfer(I)-oxid hat das Kupfer-Ion eine positive Ladung. Somit müssen immer zwei Kupfer(I)-Ionen für ein Oxid-Ion als Ausgleich zur Verfügung stehen.



Im Kupfer(II)-oxid sind die Kupfer-Ionen zweifach positiv geladen. Jetzt kommen beide Ionen im gleichen Verhältnis – also 1 : 1 vor.

Definition(en): Verhältnis-Formel (Baelement-Formel)

Die Formeln von Ionen-Substanzen bzw. ähnlichen Verbindungen sind immer Formeln, die die kleinstmöglichen Verhältnis der Ionen darstellen.

(Das Verhältnis der Ionen stellt die kleinstmögliche Baueinheit einer solchen Substanz dar.)

Aufgaben:

- 1. Geben Sie für das Kupfer(II)-oxid die Koordinationen und die Raumfiguren für beide Ionen-Arten an!*
- 2. Vergleichen Sie die Formeln, Kristall-Strukturen, Koordinationen und die Raumfiguren von Magnesiumoxid und Kupfer(II)-oxid!*
- 3. Stellen Sie Hypothesen auf, warum die Kristall-Strukturen und Raumfiguren von Metalloxiden vom gleichen Formel-Typ (z.B: MO) unterschiedlich aussehen?*

für die gehobene Anspruchsebene:

- 4. Geben Sie für das Kupfer(I)-oxid die Koordinationen und die Raumfiguren für beide Ionen-Arten an!*

x.y.z. Formeln und Namen der Metalloxide

Die übliche Benennung ergibt sich aus dem Metall-Namen und der Endung **–oxid**.

$$\text{Metalloxid-Name} = \text{Metall-Name} + \text{oxid}$$

Beispiele:



Gibt es mehrere Oxide von einem Metall, dann muss die Ladung bzw. Wertigkeit angegeben werden. Diese wird direkt an den Metall-Namen angeschlossen und runden Klammer notiert. Es folgt die übliche Endung, allerdings mit einem Bindestrich abgesetzt.

$$\text{Metalloxid-Name} = \text{Metall-Name}(\text{Wertigkeit}) + \text{-oxid}$$

Beispiele:



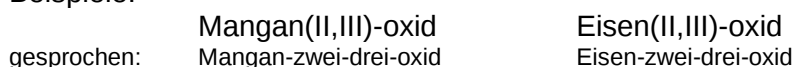
Besonders bei den Nebengruppen-Elementen sind mehrere Wertigkeiten möglich. Mit Hilfe des Tafelwerkes kann man prüfen, ob ein Metall eventuell mehrere Wertigkeiten hat. In der Liste der Elemente findet man eine Spalte Oxidationszahlen. Stehen dort mehrere positive Zahlen, dann gibt es i.A. für diese Wertigkeiten (entspricht hier der Oxidationszahl) auch Oxide.

Die genaue Bedeutung der Oxidationszahlen klären wir später (→).

Manchmal kommen mehrere Metall-Ionen mit unterschiedlicher Wertigkeit in einer Verbindung vor. In diesen Fällen werden die Wertigkeiten direkt hintereinander mit Komma getrennt geschrieben.

$$\text{Metalloxid-Name} = \text{Metall-Name}(\text{Wertigkeit}, \text{Wertigkeit}) + \text{-oxid}$$

Beispiele:



Veraltet – aber in vielen Chemiker-Köpfen oder auf alten Chemikalien-Behältern immer noch präsent – sind Benennungen mit Zahlwörtern.

Hier beginnt der Name des Oxides ebenfalls mit dem Metall-Namen und es folgt die Anzahl notwendiger Oxid-Ionen als griechisches Zahlwort. Dahinter folgt die übliche Endung.

$$\text{Metalloxid-Formel} = \text{Metallname} + \text{Oxid-Ionen-Anzahl} + \text{oxid}$$

Beispiele:



Eventuell muss auch die Anzahl der Metall-Ionen angegeben werden. Dann erfolgt diese ebenfalls als griechisches Zahlwort noch vor dem Metallnamen.

Anzahl	griech. Zahlwort
1	mon(o)
2	di
3	tri
4	tetra
5	penta
6	hex(a)
7	hept(a)
8	okt(a)

$$\text{Metalloxid-Formel} = \text{Metall-Ionen-Anzahl} + \text{Metallname} + \text{Oxid-Ionen-Anzahl} + \text{oxid}$$

Beispiele:

Dieisenoxid

Dieisentrioxid

Der Vorteil der alten Benennung ist die Übereinstimmung mit den Zahlen-Verhältnissen in den Formeln.

Beispiele:

Dieisenoxid
 Fe_2O

Dieisen**tri**oxid
 Fe_2O_3

für das 1. Beispiel würde auch gehen:

Dieisen**mono**oxid
 Fe_2O_1

mon(o) wird oft nicht mitgeschrieben, es ist aber besser / sicherer
! die 1 darf in Formeln **nicht** mitgeschrieben werden

Somit ist es auch am Einfachsten aus den älteren Namen die Formeln abzuleiten. Sind keine Zahlwörter enthalten muss der Name über die Wertigkeit ermittelt werden.

Zur Sicherheit sollte man aber unbedingt im Tafelwerk prüfen, ob es mehrere Oxide gibt.

Die Wertigkeit der Elemente aus den ersten drei Hauptgruppen- (dass sind die Gruppen 1, 2, 13 in der neuen Nummerierung im PSE) gegenüber Sauerstoff entspricht der Hauptgruppen-Nummer – also I, II oder III. Da hier auch immer nur ein Oxid auftritt, kann man auf die Angabe der Wertigkeit verzichten. Im Zweifelsfall wäre der Name für einen Chemiker vielleicht verwirrend, aber zumindestens sachlich nicht falsch.

Für Sauerstoff ist die Wertigkeit in Verbindungen immer II. (Nur in Peroxiden kann auch die Wertigkeit I auftreten.)

Die Wertigkeit des Metall's muss nun mit der des Sauerstoff's so kombiniert werden, dass die Gesamt-Werte von Metall und Sauerstoff gleich gross sind.

Beispiele:

Wertigkeit:

I II
 K_2O
 $\text{I} \cdot 2 = \text{II}$

II II
 MgO
 $\text{II} = \text{II}$

III II
 Al_2O_3
 $\text{III} \cdot 2 = \text{II} \cdot 3$

Hilfsmittel: Baustein-Modell (Lego-Modell)

Aufgaben (ohne Tafelwerk! Nur mit PSE!):

1. Ermittle aus den Formeln die Namen der Oxide!

- | | | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| a) CaO | b) K_2O | c) Al_2O_3 |
| d) SnO_2 | e) SnO | f) MnO_2 |
| g) FeO | h) Fe_2O_3 | i) Fe_3O_4 |

2. Leite aus den Namen die richtigen Formeln ab!

- | | | |
|------------------------|-------------------------|---------------------|
| a) Natriumoxid | b) Lithiumoxid | c) Mangan(VI)-oxid |
| d) Zinn(II,IV)-oxid | e) Quecksilber(II)-oxid | f) Silber(I)-oxid |
| g) Silber(II,III)-oxid | h) Silber(I,III)-oxid | i) Silber(III)-oxid |

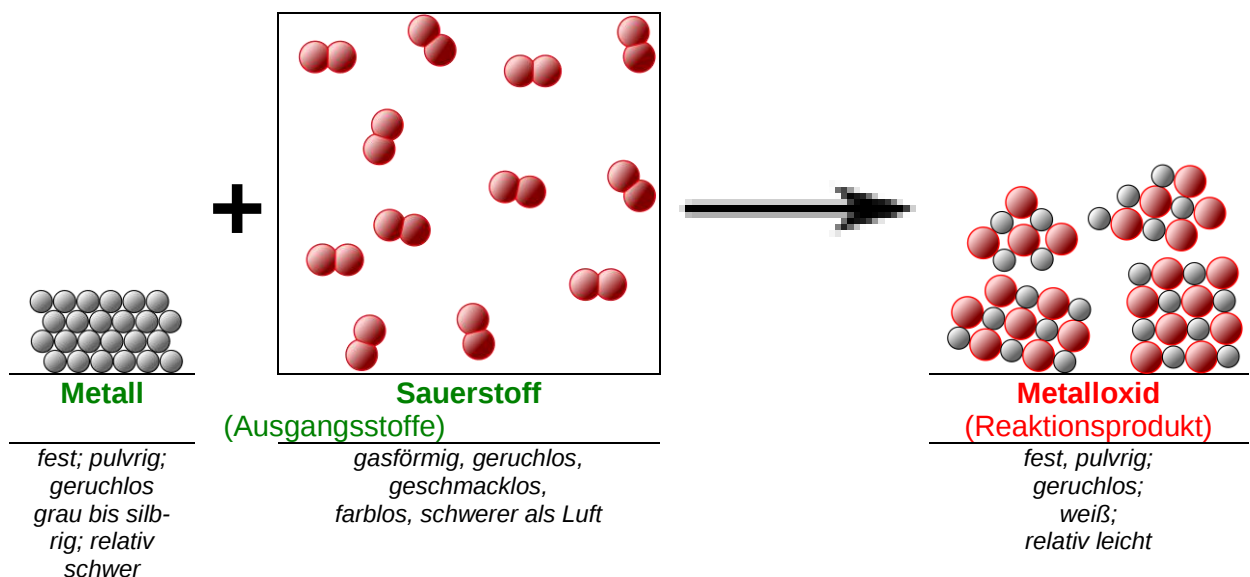
3. Finde die Fehler in den folgenden Formel und / oder Namen für Metalloxide! Gebe, wenn möglich, die / eine richtige Lösung an!

- | | | |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|
| a) BeS | b) Li_3O_2 | c) Sauerstoffmagnesid |
| d) AlO | e) Trialuminiumtetraoxid | f) Ba_6O_2 |
| g) Ferrumoxid | h) PbO_2 | i) OZn |

für die gehobene Anspruchsebene:

4. Ermittle die veralteten Namen zu den Formeln aus Aufgabe 1!

x.y.z. Bildung von Metalloxiden



x.y.z. häufige Eigenschaften der Metalloxide

Metalloxide sind feste, kristalline oder pulverige Stoffe. Die meisten sind weiß, grau oder schwarz gefärbt. Magnesiumoxid kennen wir schon als weißes Pulver. Andere weiße Metalloxide sind . Grau sind Zinkoxid, . Bei den schwarzen Metalloxiden kann man sich als Beispiele merken. Einige Metalloxide haben auffallende Farben. Viele erinnern uns an die Farben unserer Häuser, Wände oder Fenster. Genau diese farbigen Metalloxide sind die Farbpigmente in den Lackfarben. Chrom(II)-Oxid ist z.B. hellgelb,

Beispiele für Metalloxide:

Na_2O
Natriumoxid



MgO
Magnesiumoxid



Al_2O_3
Aluminiumoxid

K_2O
Kaliumoxid

CaO
Calciumoxid

Ga_2O_3
Galliumoxid

(gelb -) rot-braun
 Cu_2O
Cupfer(I)-oxid

schwarz
 CuO
Cupfer(II)-oxid

weiß
 ZnO
Zinkoxid

grün
 MnO
Mangan(II)-oxid

braun-schwarz
 MnO_2
Mangan(IV)-oxid
(Braunstein)

dunkel-rot bis braun
 Mn_3O_4
Mangan(II,III)-oxid

grün
 MnO
Mangan(II)-oxid

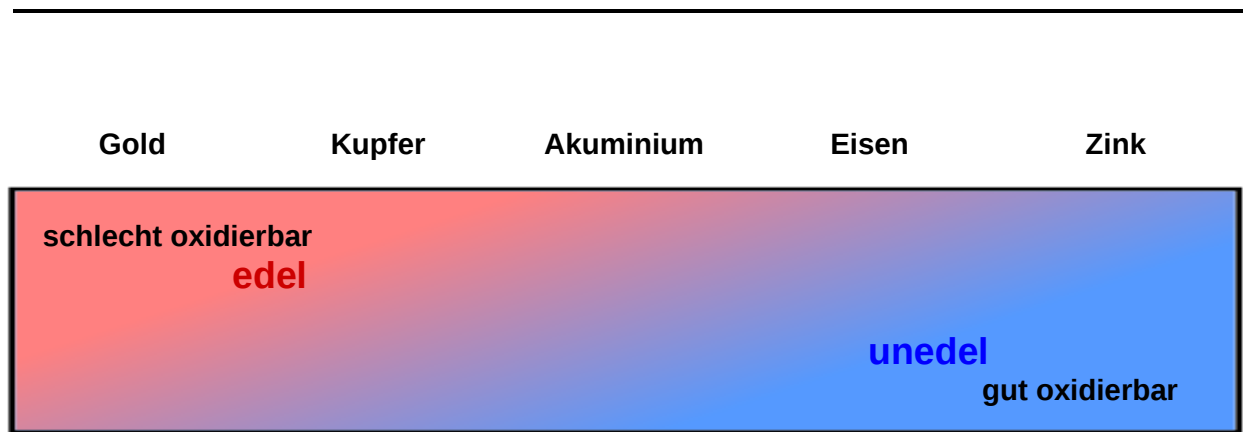
braun-schwarz
 MnO_2
Mangan(IV)-oxid
(Braunstein)

dunkel-rot bis braun
 Mn_3O_4
Mangan(II,III)-oxid

schwarz
 FeO
Eisen(II)-oxid

(dunkel)rot
 Fe_2O_3
Eisen(III)-oxid
()

Bild-Q: de.wikipedia.org (Walkerma, Ondřej Mangl,)



Lösung in Wasser / Reaktion mit Wasser

Innerhalb der Metalloxide gibt es welche, die sich recht gut in Wasser lösen. Dazu gehören z.B. Natriumoxid und Kaliumoxid. Andere Metalloxide lösen sich nur mäßig. Z.B. Calciumoxid und Bariumoxid gehören in diese Gruppe. Viele Metalloxide sind aber schwer oder gar nicht in Wasser löslich. In die Gruppe der schwerlöslichen Metalloxide gehört Aluminiumoxid, Cobalt(II)-oxid und Nickel(III)-oxid.
Allgemein gilt:

die meisten Metalloxide sind unlöslich (Ausnahmen sind die Alkalimetalle, Calcium, Strontium und Barium)

Je besser sich die Metalloxide in Wasser lösen, umso intensiver färben sie Unitest oder Unitestpapier blau. Was das zu bedeuten hat, lernen wir später (→). Hier merken wir uns erst einmal den Fakt.

Selbst mit dem Einsatz von Säuren kann man bei den meisten Metalloxiden die Löslichkeit nicht wirklich verbessern. Von starken Säuren und Basen (Hydroxiden) werden sie aber angegriffen und aufgelöst.

Für Mal-Farben werden die Metalloxide fein gemahlen und in einem Lösungsmittel – häufig ist das Wasser – aufgeschlämmt. In der Farbchemie spricht man von Pigmenten. Mit weiteren Zusätzen entstehen dann die käuflichen Farben für die Gestaltung von Wohnräumen, Häusern, Metall-Konstruktionen usw. usw.

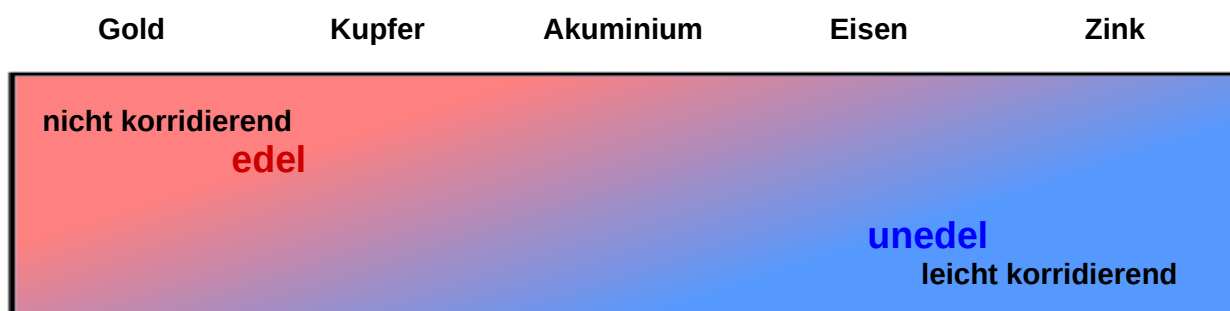


x.y.z.2. Korrosion

Korrosion als langsame Oxidation

aufzeigen, dass mehrere Reaktionswege für bestimmte Reaktionen möglich sind

Korrosion erzeugt das schlechte Image der Metalloxide



x.y.z.2.1. Korrosionsschutz

Farbe, Einölen, Beschichtung z.B. mit Plastik, ...

x.y.z. Verwendung der Metalloxide

x.y.z.z. Pigmente von Farben

klassisch als Metall-Farben bezeichnet (exakter müsste es natürlich Metalloxyd-Farben heißen)

x.y.z.z. verschiedene Metalloxide und ihre spezielle Verwendung

Natriumoxid als Ätzmittel bei der Glasherstellung, als Trockenmittel und bei der Produktion von Plaste

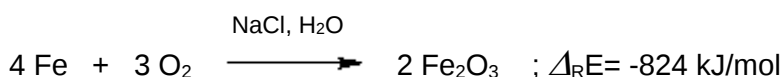
Wärme-Pad's

Eigentlich sind Wärme-Pad's ein Beispiel für die Nutzung von Metallen. Die Wärme-Wirkung entsteht aber über die Oxidation von Eisen zu Eisenoxid.

Die Pad's enthalten Eisen-Pulver, Kochsalz und angefeuchtes Vermiculit (ein Tonmineral) unter Sauerstoff-Abschluss. Wird das Pad aus der schützenden Packung entnommen und etwas bewegt, dann kann Luft-Sauerstoff an das Eisen gelangen. Nun setzt langsam die Oxidation des Eisens ein. Wasser fördert den Vorgang. Die Reaktions-Energie wird als Wärme frei.

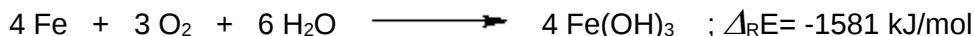
Das Tonmineral sorgt dafür, dass die Wärme länger vorhält. Die feine Verteilung des Eisens in der Packung ermöglicht einen langsamen Vorgang. Energetisch wird die gleiche Wärme-Menge frei, als würde man das Eisen-Pulver verbrennen. Nur wird im Pad die Wärme sehr langsam abgegeben.

Das Kochsalz fördert die Reaktion und liegt am Ende unverbraucht vor. Solch einen Stoff nennt man Katalysator. Man könnte das frei als Aktivator oder Fördermittel verstehen.



Die Reaktion geht aber noch weiter und das Eisen(III)-oxid reagiert letztendlich zu Eisen(III)-hydroxid – einem basischen Stoff (→ [x. Basen / basische Lösungen](#)).

Die Gesamt-Gleichung lautet:



Typische Produkte, die auf der Oxidation von Eisen basieren, sind S-O-S®-Pflaster oder ThermoCare®.

Bei anderen Wärme-Pad's ist dagegen Capsaicin – der Scharfmacher aus Pfeffer und Chili – für die "Wärme-Wirkung" verantwortlich (z.B.: ABC-Pflaster).

Wärme-Pad auf Eisen-Basis

Materialien / Geräte:

Eisen-Pulver; Aktivkohle (frisch und fein!); Kochsalz; Wasser; Becherglas (50 ml)

Hinweise:

Reaktion erzeugt u.U. Temperaturen, die zu Verbrennungen führen können!

Durchführung / Ablauf:

- 3 g Aktivkohle mit 16 g Eisen-Pulver und 3 g Kochsalz im Becherglas mischen
- max. 5 ml Wasser zugeben und verrühren
- Masse locker in eine Porzellan-Schale füllen
- je nach Bedarf in regelmäßigen Abständen (zu Anfang alle 5, dann alle 10 und später alle 20 min) die Temperatur messen (z.B. mit IR-Termometer)

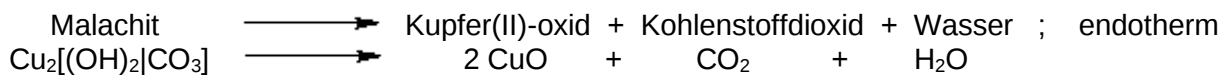
x.y.z.z Herstellung ausgewählter Metalle

Die erste Kupfer-Herstellung erfolgte wahrscheinlich in der Steinzeit. Damals brannten die Menschen Ton-Gefäße. Zu den Farbstoffen, die sie zum Verzieren benutzten, gehörte auch das grüne Mineral Malachit. Beim Brennen bildete sich aus dem aufgetragenen grünen Mineral-Pulver dann eine rote Schicht.

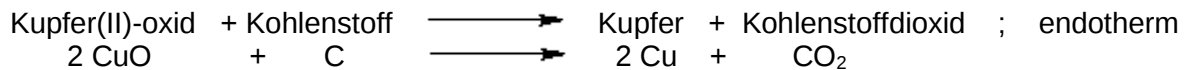
Im Malachit ist Kupfer mit Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff – quasi als ein Salz – verbunden. Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff werden durch die hohen Brenn-Temperaturen ausgetrieben und entweichen als Kohlenstoffdioxid und Wasser.



Mineral Malachit
Q: de.wikipedia.org ()



Das gebildete Kupfer(II)-oxid reagiert dann mit Kohlenstoff (z.B. von der Holzkohle) zu reinem Kupfer und Kohlenstoffdioxid.



Zur groß-technischen Herstellung von Metallen gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Die klassische Variante stellt das Metall aus Erzen oder gediegenen Vorkommen her. Diese Verfahren sind teilweise sehr teuer. Besonders bei seltenen Metallen kann schon die Erz-Vorbereitung immense Kosten verursachen. Dazu kommen noch die Kosten für Beseitigung der Landschaftsschäden (Halden, Tagebaue, ...) und der Belastung der Umgebung im Umfeld von Erzaufbereitungs-Anlagen (Stäube, giftige Lösungs-Mittel, Waschwasser, ...).

Eine kostengünstige und vor allem auch nachhaltigere Variante ist die Nutzung von Altmetalen oder Abprodukten bis hin zum Müll-Recycling.

Einige Metalle sind auf dem Weltmarkt schon so teuer, dass es sich lohnt, alte Abraum- oder Müllhalden durch moderne Verfahren aufzuarbeiten. Dazu gehört z.B. auch die Auslaugung mit Bakterien-Lösungen. Die darin enthaltenen Bakterien-Kulturen sind auf die Sammlung (Akkumulation) bestimmter Metalle spezialisiert.

x.y.z.z.1. der Hochofen-Prozess – Herstellung von Roheisen

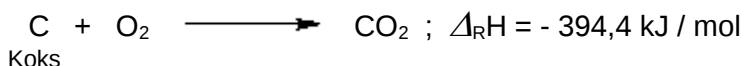
Hochöfen sind weithin sichtbare Apparaturen zur Produktion von Roheisen.

Dazu wird vorrangig Eisen-Erz, Koks und Luft benötigt. Als Zuschlagsstoff – vor allem zur Bindung von Reststoffen in der Schlacke – wird auch noch Kalkstein hinzugefügt.

Als Produkt erhält man das Roheisen. Nebenbei fallen Gichtgas und Schlacke an. Das Gichtgas ist ein Synthesegas, das in anderen chemischen Produktionen eingesetzt wird.

Die Schlacke kann zu Pflaster-Steinen verarbeitet oder gemahlen als Dünger und Mineral-Zusatz in der Bau-Industrie weitergenutzt werden.

Die notwendige Wärme für die Zerlegung des Eisenerzes gewinnt man aus der Verbrennung des Koks:



Bei diesem exothermen Vorgang wird sehr viel Wärme frei. Das Kohlendioxid kann mit weiterem Kohlenstoff (Koks) zu Kohlenmonoxid reagieren:



Dieser endotherme Vorgang wird auch BOUDOUARD-Gleichgewicht genannt. Je nach Reaktions-Bedingungen kann mal die Hin- oder die Rück-Reaktion bevorzugt sein. Im Hochofen stellt sich aber ein Gleichgewicht zwischen beiden ein.

Wasser aus Luft und Erz reagiert mit dem Koks zu Wasserstoff und Kohlenmonoxid. Beide Bestandteile sind im Abgas – dem Gichtgas – enthalten.



Da hierbei die Kohle scheinbar in den Gaszustand übergeht, nennt man diese Reaktion auch Kohle-Vergasung.

Das Kohlenmonoxid verbrennt mit dem restlichen Sauerstoff aus der Luft zu Kohlendioxid.



Auch dieses findet sich reichlich im Gichtgas wieder.



alte Hochofen-Anlage
Q: de.wikipedia.org (smial)

Ausgangsstoff
Reaktionsprodukt
Nebenprodukt
Reaktionsbedingungen
Apparatur

(Hochofen-Prozess)

Gichtgas

Nebenprodukt
Reaktionsbedingungen
Apparatur

Eisen-Erz
Koks
Kalkstein

Trocknungs- und Vorwärm-Zone
200 °C

Reduktions-Zone
400 °C

Kohlungs-Zone
900 °C

Schmelz-Zone
1200 °C

1800 °C

2000 °C

Heiß-Luft

Heiß-Luft
(Wind)

Wärmetauscher

Luft

Gichtgas

Schlacke

Roheisen

Hochofen

$$3 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \longrightarrow 2 \text{ Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2 ; \Delta_R H = + \text{ kJ / mol}$$
$$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} \longrightarrow 3 \text{FeO} + \text{CO}_2 ; \Delta_{\text{RH}} = + \text{ kJ / mol}$$

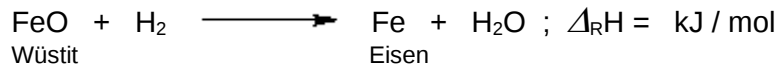
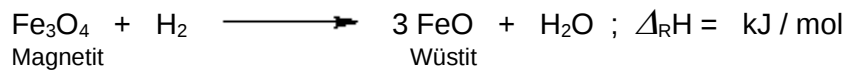
Magnetit Wüstit

$$\text{FeO} + \text{CO} \longrightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2 ; \Delta_{\text{R}}H = + \text{ kJ / mol}$$

Wüstit Eisen

$$\underset{\text{Hämatit}}{3 \text{ Fe}_2\text{O}_3} + \text{H}_2 \longrightarrow \underset{\text{Magnetit}}{2 \text{ Fe}_3\text{O}_4} + \text{H}_2\text{O} ; \Delta_{\text{RH}} = \text{kJ / mol}$$

(c,p) 2015 - 2024 lsp: dre



Das freiwerdende Wasser reagiert – wie oben schon besprochen – mit Koks unter Bildung von Kohlenmonoxid und Wasserstoff (Kohle-Vergasung).

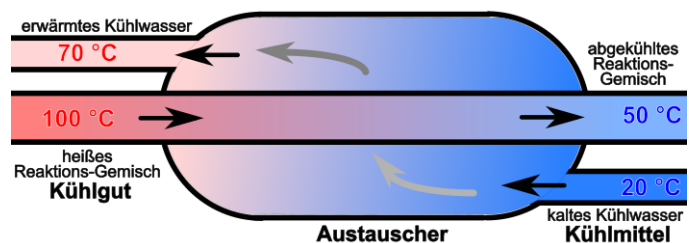
Ein kleiner Teil des Kohlenstoffs reagiert mit dem Roheisen unter Bildung von Eisencarbid.



Dieses sorgt z.B. dafür, dass das Eisen früher schmilzt. Der Kohlenstoff im Roheisen sorgt aber auch wieder dafür, dass das Rohprodukt hart und spöde ist. Dieses Roheisen lässt sich nicht schmieden oder schweißen. Erst wenn der Kohlenstoff-Anteil weiter reduziert wird, erhält man Stahl. Erst dieser ist für die moderne Industrie und Bauwirtschaft interessant.

Als Stahl-Erzeugungs-Verfahren wird heute zumeist das Sauerstoff-Aufblas-Verfahren benutzt. Dabei wird auf eine Roheisen-Schmelze reiner Sauerstoff aufgeblasen. Dieser reagiert mit dem Kohlenstoff und verringert so dessen Anteil in der Schmelze. Durch den Zusatz von rund 30 % Altmetall (Schrott) wird zum Einen der Kohlenstoff-Anteil weiter reduziert und zum Anderen der Stoffkreislauf geschlossen. Bezieht man die anderen Verfahren zur Altmetall-Aufbereitung ein, dann werden heute rund 95 % des Eisen recycelt.

Die heißen Abgase (Gicht-Gas) werden dazu benutzt, um im Gegenstrom-Prinzip Umgebungs-Luft vorzuwärmen. Diese Heiß-Luft – auch Wind genannt – wird von unten in den Hochofen eingeblasen. Dadurch wird gerade dort eine starke Verbrennung der Kohle erreicht, was die notwendigen Temperaturen für die Eisen-schmelze erzeugt.



Gegenstrom-Wärmetauscher (Prinzip)

Hochöfen müssen ununterbrochen betrieben werden. Ein schlagartiger Prozess-Stillstand (z.B. bei fehlenden Ausgangsstoffen oder Strom-Ausfall) würde zum Auskühlen und damit zum Verstopfen des Hochofens führen. Ein solcher Ofen ist dann verloren.

Früher hat man nicht kontinuierlich gearbeitet. Holzkohle und Eisenerz wurden in großen Erdmulden zum Glühen gebracht. Nach dem vollständigen Abbrennen und Abkühlen blieben Eisen-Stücke (z.T. Stahl) übrig, die dann z.B. in einer Schmiede durch Erwärmen und Hämmern zu Damastiner-ähnlichen Stählen verarbeitet wurden.

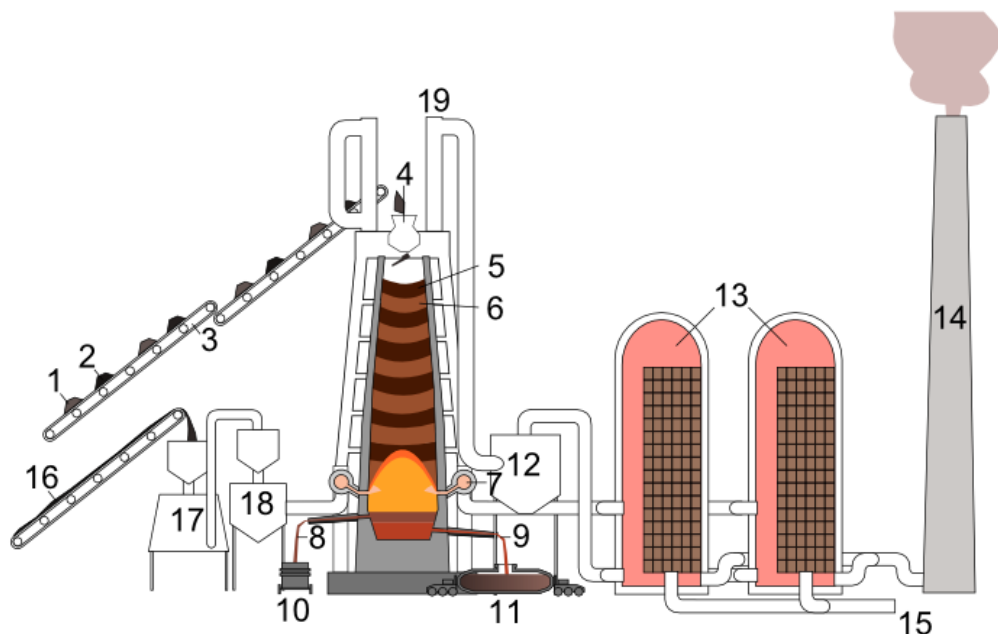
Ein Beispiel für einen nicht-kontinuierlichen Ofen ist der Rennofen. Rennofen wurden schon vor mehr als 3'000 Jahren – in der Eisen-Zeit – zur Herstellung von Metallen genutzt. Den Namen hat der Ofen bekommen, weil bei ihm die Schlacke über eine Rinne abläuft.

Prinzipien

- | | |
|--|--|
| • kontinuierliche Prozess-Führung | ein einmal gezündeter Hochofen wird ununterbrochen betrieben
die Ausgangsstoffe werden gleichmäßig oder in kleinen Portionen zugeführt
die Produkte werden gleichmäßig oder in kleinen Portionen abgeführt / entnommen |
| • Wanderbett-Prozess | nach und nach durchwandern die zugeführten Stoffe alle Schichten des Hochofen's
(würden die Schichten nicht nach unten nachrutschen, dann würde die Reaktions-Zone nach oben wandern) |
| • Gegenstrom-Prinzip | heiße Abprodukte erwärmen kalte Ausgangsstoffe, dabei verlaufen die Stoff-Ströme in entgegengesetzte Richtungen |
| • Wärme-Rückgewinnung | die Abwärme der Reaktion, aber auch die heiße Kühl-Flüssigkeit werden zum Erwärmen der Ausgangsstoffe genutzt, damit möglichst wenig Energie (Wärme) verloren geht |

Aufgaben:

1. *Beschreibe mit eigenen Worten die Vorgänge des Hochofen-Prozesses!
Verwende dazu die Abbildung!*

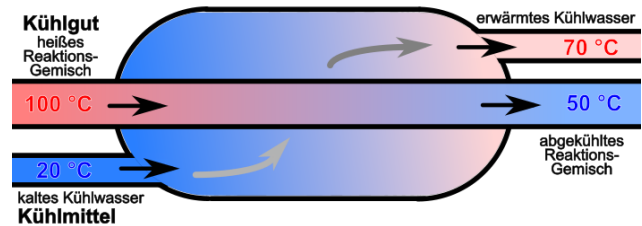


Hochofen-Anlage
(nicht besprochene Teile: 12...Staub-Abtrennung; 17,18...Kohle-Vorbereitung
Q: en.wikipedia.org (Tosaka)

2. *Recherchiere den Aufbau eines Rennofen's! Vergleich den Rennofen mit einem modernen Hochofen!*

3. Für die Herstellung von 10 t Roheisen braucht man 20 t Eisenerz. 3 t Kalkstein und 5 t Koks. Aus 15 t Heiß-Luft, die eingeblasen werden, entstehen 30 t Gichtgas. Prüfe, ob auch für den Hochofen-Prozess das Gesetz von der Erhalt der Masse gilt! Wenn JA, dann erkläre das mit den obigen Daten! Wenn NEIN, dann erläutere, warum das nicht so ist!

4. Der Chemie-Schlaumeier des Kurses schlägt ein verbessertes Wärmetauscher-System vor, dass nach dem Gleichstrom-Prinzip arbeiten soll (s.a. Abb.). Setze Dich mit dem Vorschlag auseinander!



Diskutiere mögliche Vor- und / oder Nachteile!

5. In einem klassischen PKW sind rund 700 kg Eisen verbaut. Berechne wieviel der einzelnen Ausgangsstoffe für die Herstellung einer solchen Eisen-Menge notwendig sind!

Bundeswehr-Wärmekissen im Eigenbau

Materialien / Geräte:

16 g Eisen-Puwer; 3 g frische Aktivkohle (fein); 3 g Kochsalz; Becherglas (50 ml); Wasser; Digital-Thermometer; ev. Daten-Logger

Durchführung / Ablauf:

- Eisen-Pulver, Aktivkohle und Kochsalz mischen
- Gemisch in Becherglas geben und mit (max.) 5 ml Wasser (locker) verühren
- regelmäßiges Messen der Temperatur (alle 3 min)

Bundeswehr-Wärmekissen (II)

Materialien / Geräte:

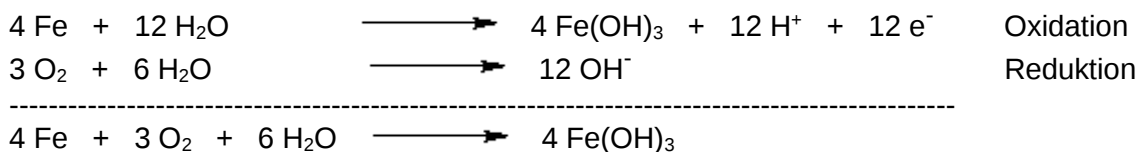
16 g Eisen-Puwer; 3 g frische Aktivkohle (fein); 3 g Kochsalz; ? Wasser; Gefrierbeutel (stabil, 1 l, ev. mit Zip-Verschluss); Digital-Thermometer; ev. Daten-Logger

Durchführung / Ablauf:

- Eisen-Pulver, Aktivkohle und Kochsalz mischen
- ev. mit wenig Wasser 3 – 5 ml Wasser befeuchten / mischen
- Gemisch in Gefrierbeutel geben
- regelmäßiges Messen der Temperatur (alle 3 min) bis Zimmer-Temperatur erreicht wird
- zusätzlich kann immer für 30 min der Beutel geöffnet und dann 30 min verschlossen werden

Abwandlungen / weitere Experimente:

- der Beutel kann mit Sauerstoff befüllt und verschlossen werden

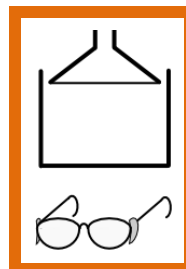


x.y. ausgewählte Reaktionen von Metalloxiden und Metallen

Reaktion von Metallen mit Schwefel

Materialien / Geräte:

Schwefel, gepulvert; Metall (z.B. Eisen, Zink od. Magnesium, gepulvert), Fliese od. Asbest-Gitter, Filterpapier
Abzug, Schutzbrille

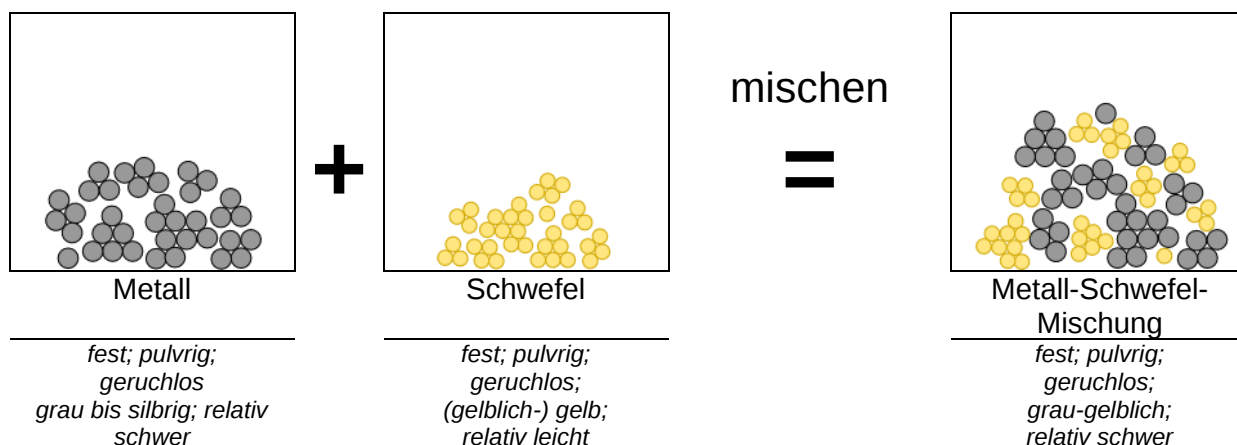


Durchführung / Ablauf:

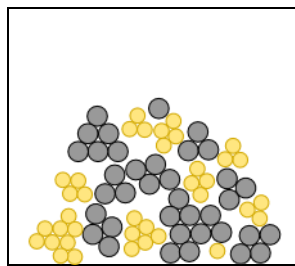
- auf jeweils einem Blatt Filterpapier wird ein kleiner Haufen von Schwefel und des Metalls gegeben
- beobachtbare Eigenschaften der Ausgangsstoffe aufnehmen
- die Stoffe werden durch wechselseitiges Übertragen auf die Filterpapiere gemischt
- beobachtbare Eigenschaften der Mischung aufnehmen
- Stoffgemisch in einem Häufchen in der Mitte der Fliese anordnen
- im Abzug: mit einem Brenner den Rand des Häufchens an einer Stelle erhitzen bis Vorgang von alleine weiter läuft
- Beobachtungen aufnehmen
- abkühlen lassen – auch bis im Abzug reine Luft ist
- beobachtbare Eigenschaften des Reaktionsstoffes aufnehmen

Auswertung:

Was ist hier passiert? Entscheide, ob es sich um einen physikalischen, chemischen oder biologischen Vorgang handelt! Begründe Deine Wahl in schriftlicher Form!

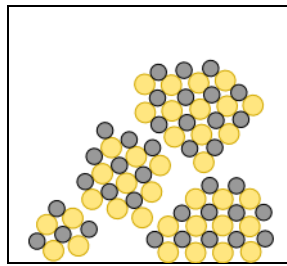


Reaktion



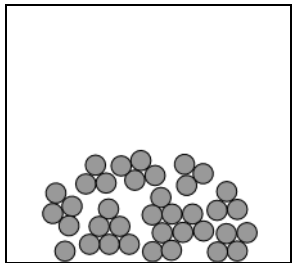
Metall-Schwefel-Mischung

*fest; pulvrig;
geruchlos;
grau-gelblich;
relativ schwer*



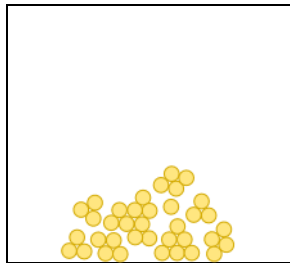
Metallsulfid

*fest, klumpig;
geruchlos;
grau/schwarz;
relativ schwer*



Metall

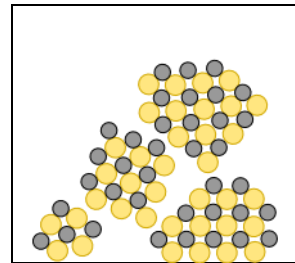
*fest; pulvrig;
geruchlos
grau bis silbrig; relativ
schwer*



Schwefel

*fest; pulvrig;
geruchlos;
(gelblich-) gelb;
relativ leicht*

(Ausgangsstoffe)

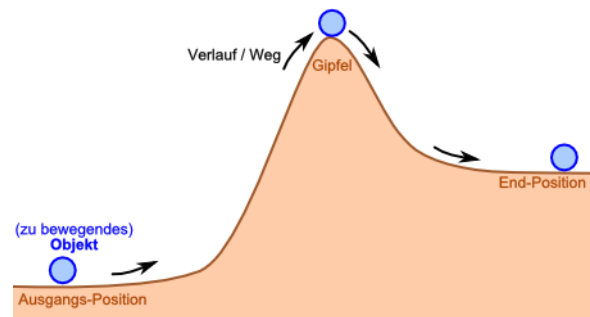
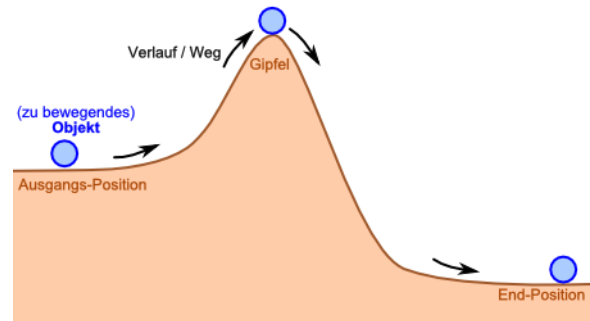


**Metallsulfid
(Reaktionsprodukt)**

*fest, klumpig;
geruchlos;
grau/schwarz;
relativ schwer*

Aufgaben:

1. Beschreibe den Ablauf der Reaktion eines Metalls mit Schwefel sowohl von den Beobachtungen als auch vom Teilchen-Modell aus gesehen!
2. Erläutere, wie sich die Energie im Verlauf der Reaktion verändert!
3. Überlege, ob das Abbrennen einer Wunderkerze ein physikalischer oder ein chemischer Vorgang ist! Begründe Deine Meinung!
4. Als Modell für den energetischen Verlauf wird häufig das Hügel-Modell benutzt. Zeige, welche Elemente der Realität durch welche Modell-Teile dargestellt werden! Was wurde vereinfacht und was kann man mit dem Modell erklären / darstellen? (Wo sind die Grenzen des Modells? Was kann es nicht erklären?)
5. Ein vorlauter Schüler behauptet, dass das Hügel-Modell auch so – wie nebenstehend abgebildet – aussehen könnte. Argumentiere dafür bzw. dagegen!



Sind Metalle in der freien Natur veränderliche oder unveränderliche Stoffe?

Diese Frage können wir uns schon gut mit unseren Alltags-Erfahrungen erklären. Es gibt nur wenige Vorkommen von reinem Metall oder Metall-Legierungen in der freien Natur. Das sind zum Einen die recht seltenen Meteoriten (ursprünglich aus dem Weltall) und die echten irdischen Lagerstätten. Reines Metall als "Gestein" – oder besser Mineral – wird von den Mineralogen als **gediegen** bezeichnet. Besonders die edlen Metalle wie Kupfer, Gold und Silber kommen gediegen vor. Aber auch unedlere Metalle, wie Antimon, Selen und Silicium, sowie Nichtmetalle, wie Schwefel und Kohlenstoff, kommen gediegen vor. Es handelt sich also nicht um ein Phänomen der Edelmetalle.

Die meisten Metall-Erze (Mineralien) sind mehr oder weniger komplexe Oxide, Sulfide, Carbonate oder Silikate. Vielfach kommen sie auch gemischt in speziellen Mineralien vor.

Oxidische Erze sind z.B. Hämatit (Fe_2O_3 , Eisenglanz), Pyrolusit (MnO_2 , Weichmanganerz, Braunstein) und Kassiterit (SnO_2). Sie gehören zu den ionischen Stoffen und enthalten das Oxid-Ion (O^{2-}).

Sulfide enthalten Schwefel (aber kein Sauerstoff!). Zu den sulfidischen Erzen gehören z.B. Chalkosin (Cu_2S , Kupferglanz), Sphalerit (ZnS , Zinkblende) oder Molybdänit (MoS_2). Das diese Salze charakterisierende Sulfid-Ion hat die Formel S^{2-} .

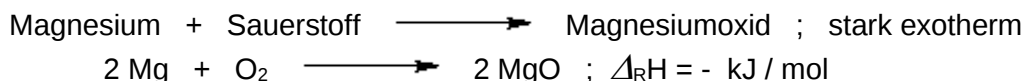
Die Mineralien Magnesit (MgCO_3), Cerussit (PbCO_3 , Weißbleierz) und Siderit (FeCO_3 , Eisensenkalk) enthalten das Carbonat-Ion (CO_3^{2-}).

Silikate sind zumeist sehr komplexe Minerale. Zu den Silikaten gehören z.B. Beryll ($\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$) oder Spodumen ($\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$). Das Silikat-Ion hat die Formel SiO_3^{2-} .

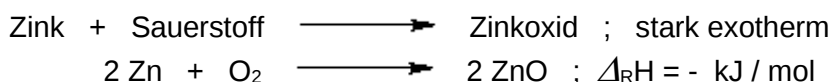
x.y.z. Reaktion von Metallen mit Sauerstoff

Die Reaktionen von Metallen mit Luft oder reinem Sauerstoff sind immer imposante Erscheinungen. Jedes Feuerwerk ist ein Beweis dafür. Vor allem die Farben kommen durch Metalle oder Mischungen von ihnen zustande. Meist sind den Reaktions-Mischungen noch Stoffe enthalten, die Sauerstoff freisetzen können. Mit ihnen wird die Reaktion der Metalle immer sehr intensiv.

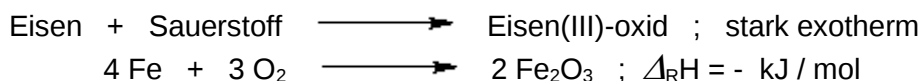
Die bekannteste Reaktion für die Reaktion von Metall mit Sauerstoff ist die Verbrennung von Magnesium an der Luft:



Ein weiteres schönes Beispiel ist die Verbrennung von Zink an der Luft. Besonders gut gelingt die Reaktion mit Zink-Pulver:

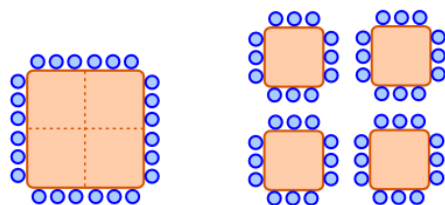


Praktisch kann man jedes Metall verbrennen. Viele lassen sich nur nicht so einfach anzünden. Z.T. sind dazu hohe Temperaturen notwendig und zum Anderen sind einige Metall von Schutzschichten umgeben, die ein Anzünden sehr stark verzögern.



Versucht man ein Stück Eisen anzuzünden, dann gelingt dass nur mit größeren Mühen. Besser funktioniert es mit einem Eisen-Draht (z.B. einer Kugelschreiber-Feder) oder noch besser mit Eisen-Pulver. Aber warum ist die Reaktion immer unterschiedlich?

Im Eisen-Stück liegen die Eisen-Atom vielfach im Inneren. Der Sauerstoff kommt dort gar nicht hin. Zum Anderen ist Eisen ein guter Wärmeleiter. Da wird ein Teil der Energie, die wir zum Zünden einwirken lassen gleich ins Innere des Eisen-Körpers weitergeleitet. Beim Eisen-Draht wird diese Weiterleitung der Wärme schon deutlich verringert. Es stehen ja nur wenige Eisen-Atome in Richtungs des Drahtes zur Verfügung, die die Wärme aufnehmen können.

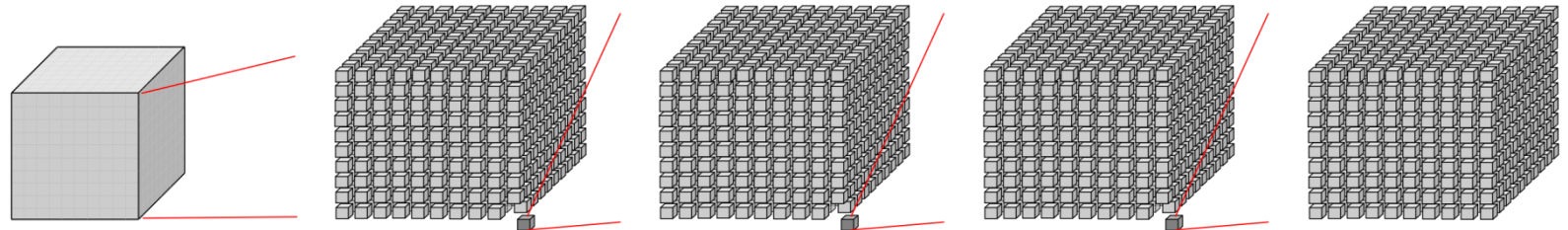


Daneben ist bei einem Draht die Oberfläche – also der Kontakt zur Luft – deutlich größer als bei einem kompakten Eisen-Stück. Jetzt haben vielmehr Sauerstoff-Moleküle eine Chance an die Eisen-Oberfläche zu gelangen und mit den Eisen-Atomen zu reagieren.

Die größte Oberfläche haben wir bei einem Pulver. Das Innere in den Eisen-Partikeln ist recht klein. Mit seiner riesigen Oberfläche reagiert das Pulver am heftigsten.

Ein kleines Modell soll dem Oberflächen-Effekt noch mal deutlich machen. Nehmen wir einen Würfel aus Eisen mit einer Kantenlänge von 1 dm. Die Oberfläche ist dann 6 dm². Die Formel ($A_0 = 6 \text{ a}^2$) finden wir in jedem Tafelwerk oder können sie uns auch schnell ableiten.

Modell zur Veranschaulichung der Oberflächen-Vergrößerung



Gesamtgröße als Würfel	1 dm ³	1 dm ³	1 dm ³	1 dm ³	1 dm ³
Gesamt-Länge einer Kante	1 dm	1 dm	1 dm	1 dm	1 dm
Anzahl Teilungen	- (1 x)	1 x 10 = 10	10 x 10 = 100	10 x 100 = 1'000	10 x 1'000 = 10'000
Länge der Kante eines Einzelwürfel	1 dm	1 cm	1 mm	0,1 mm	0,01 mm
Oberfläche eines Würfels	6 dm ²	6 cm ²	6 mm ²	0,06 mm ²	0,0006 mm ²
Anzahl Würfel	1	1'000	1'000'000	1'000'000'000	1'000'000'000'000
Oberfläche aller Würfel	6 dm ²	6'000 cm ² = 60,0 dm ²	6'000'000 mm ² = 60'000 cm ² = 600 dm ²	60'000'000 mm ² = 600'000 cm ² = 6'000 dm ²	60'000'000'000 mm ² = 6'000'000'000 cm ² = 60'000'000 dm ²
Masse des Gesamt-Würfels	7,87 kg	7,87 kg	7,87 kg	7,87 kg	7,87 kg

Aufgaben:

1. Wie groß ist der Oberflächen-Vergrößerungs-Effekt in Prozent in den einzelnen Stufen, wenn man einer Zentelung der Kanten (siehe oben) ausgeht?
2. Statt viermal zu zenteln möchte eine Schülerin lieber zweimal hundertsteln. Wie verändert sich der Effekt?
3. Ein Mitschüler möchte zweimal hintereinander zuerst zwanzigsteln und dann fünfsteln. Schätze ab, wie groß der Effekt jetzt ist! Berechne in einer Tabelle (vergleichbar zu oben) die exakten Werte!

für die gehobene Anspruchsebene:

4. Bei der Diskussion um die Oberflächen-Vergrößerung in einer Klasse kam es zu einer hitzigen Debatte über die Veränderung der Dichte im Laufe der Zerkleinerung. Von "wird größer", "wird kleiner" und "verändert sich nicht" war alles dabei und wurde leidenschaftlich verteidigt. Was ist richtig? Begründe ausführlich!

x.y. Nichtmetalloxide

x.y.z. Oxide des Kohlenstoff

Kohlenstoffmono- und Kohlenstoffdioxid

- **Bau**
- **Eigenschaften**
- **Reaktionsgleichung zur Bildung**
- **Verwendung und Bedeutung**

Der Zusammenhang zwischen Bau, Eigenschaften und Verwendung ist zu erläutern.

Kohlenstoffmonooxid als Atemgift sowie die Bedeutung als Reduktionsmittel im Hochofenprozess ist zu erarbeiten.

Die Bedeutung und Verwendung des Kohlenstoffdioxids bei der Getränkeherstellung, als Feuerlöschmittel, Kühlmittel, Ausgangsstoff der Fotosynthese, Reaktionsprodukt bei der Atmung und Verbrennungsprozessen und als Treibgas sind herauszuarbeiten.

Die Entstehung der Tropfsteinhöhlen ist zu erwähnen.

Diese Kohlenstoffverbindungen sind unter ökologischen Aspekten zu bewerten.

- **Nachweis von Kohlenstoffdioxid**
- **SE: Nachweis**

x.y.z.a. Kohlen(stoff)dioxid

x.y.z.a. Kohlen(stoff)monoxid

kurz Kohlenmonoxid

selten auch Kohlenstoffmonooxid

auch in der Element-nahen Schreibweise mit C

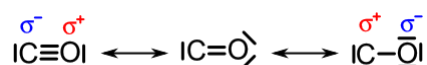
farblos, geruchlos, geschmacklos, giftig

Molekülbau:

im Allgemeinen als Verbindung mit einer Dreifachbindung zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff verstanden



genaue Untersuchungen zeigen aber auch andere – zeitweise vorkommende – Zustände



in der Natur kommen alle Zustände praktisch gleichzeitig und ständig ineinander wechselnd vor

durch unsere Formeln werden nur die Grenz-Zustände (Extrem-Zustände) gezeigt, chemische Gleichungen mit solchen Grenz-Zuständen erhalten auch einen extra Doppel-Pfeil (Mesomerie-Pfeil) Es handelt sich also nicht um chemischen Reaktionen zwischen den Zuständen, sondern "nur" um unterschiedliche energetische (physikalische) Zustände.



Den wirklich existierenden Zustand können wir mit unseren Formel-Symbolen nicht direkt darstellen.

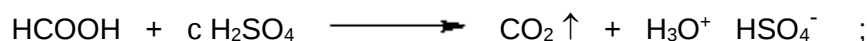
Rote Blutkörperchen (genaugenommen der rote Blutfarbstoff Hämoglobin) binden Kohlenmonoxid rund 300x besser als Sauerstoff. Giftige Wirkung durch fehlenden Sauerstoff. Körper merkt den Sauerstoffmangel nicht direkt, da Atem-Frequenz über Kohlendioxid-Gehalt des Blutes geregelt wird. Der steigt aber wegen des fehlenden Sauerstoffs für die "Verbrennung" der Nährstoffe nicht wirklich. Man wird müde

ungefähr gleiche Dichte wie die Luft (Dichte 1,25 kg/m³)
Schmelzpunkt -205 °C; Siedepunkt -191 °C
Löslichkeit in Wasser sehr gering / unlöslich

brennbar, brennt mit blauer Flamme; sehr hoher Brennwert; relativ hohe Zündtemperatur
brennbare Gasgemische mit Luft müssen mindestens 12,5 % und dürfen höchstens 75 % CO enthalten

Bildung durch / bei unvollständiger Verbrennung von Kohlenstoff

im Labor durch Dehydratisierung von Ameisensäure (Methansäure) mit konzentrierter Schwefelsäure



z.B. bei zu früh verschlossenen Öfen, Schweißbränden
Rauchgas-Vergiftung

groß-technisch durch Kohle-Vergasung (Generator-Gas-Herstellung))

Herstellung von Sythese- bzw. Wasser-Gas durch Erhitzung von Kohle in Anwesenheit von Luft bzw. Sauerstoff und Wasser-Dampf

sehr reaktionsfreudig
reagiert auch mit vielen Stoffen

Brenn- und Leucht-Gas
früher Verwendung als Stadtgas (Zusatz eines Geruchstoffes (Diphosphan), damit Gasaustritte bemerkt werden); heute durch Erdgas ersetzt (Vergiftung praktisch nicht möglich)

Synthese-Gas

Verwendung in der Eisen-Gewinnung als Brenn- und Reduktions-Mittel

bei Zement-Herstellung ebenfalls als Brenn- und Reduktions-Mittel

Aufgaben:

1. Übernehme die nachfolgende Tabelle und fülle sie aus!

Kriterium Merkmal	Kohlenstoffmonoxid	Vergl.	Kohlenstoffdioxid
(Summen-)Formel			
LEWIS-Formel			
Darstellung Bildung			
Eigenschaften			

2. !

x.y.z. Oxide des Schwefel

x.y.z.a. Schwefeldioxid

Bei der einfachen Verbrennung von Schwefel an der Luft oder in reinem Sauerstoff führt zu Schwefeldioxid.

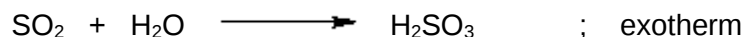


Schwefeldioxid ist stechend riechend und in Verbindung mit Feuchtigkeit oder Wasser ätzend.

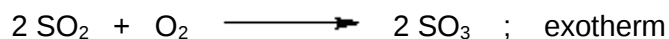
Das Gas wirkt deshalb auch sehr reizend auf unsere Schleimhäute.

Die desinfizierende Wirkung des Schwefeldioxids wird z.B. beim sogenannten "Schwefeln" von Trockenfrüchten genutzt. Auf Packungen von getrockneten Aprikosen oder Weintrauben (→ Rosinen) findet man dann ein entsprechenden Hinweis. Meist sehen Früchte, die mit Schwefeldioxid behandelt wurden, frischer aus.

Auch zum "Uasschwefeln" von Gärgefäßen für die Wein- oder Bier-Herstellung verwendet man traditionell Schwefeldioxid. In modernen Produktions-Anlagen verwendet man gleich die wässrige Lösung des Schwefeldioxids – die schweflige Säure. Die schweflige Säure ist eine recht schwache Säure. Sie hat die gleiche Wirkung wie das Schwefeldioxid.



x.y.z.a. Schwefeltrioxid

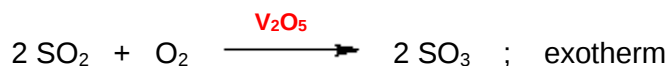


Die Reaktion findet nur dann effektiv statt, wenn ein Hilfsstoff zugesetzt wird. Dieser Hilfsstoff wird Katalysator genannt. Katalysatoren verändern den Verlauf von Reaktionen und damit meist auch die notwendigen Aktivierungs-Energien. Nach dem Ablauf der Reaktion liegen Katalysatoren unverbraucht vor und können wiederholt eingesetzt werden.

In chemischen Gleichungen notiert man Katalysatoren auf dem Reaktionspfeil. Dabei reicht es einen Katalysator (Abk.: Kat.) als solchen anzugeben. Es kann aber auch der konkrete Stoff oder das Stoff-Gemisch aufgeschrieben werden.



oder:



Die wässrige Lösung des Schwefeltrioxids ist die Schwefelsäure. Diese Säure ist sehr stark und darf in der normalen Produktion von Lebensmittel nicht so eingesetzt werden.



Aufgaben:

1. Übernehme die nachfolgende Tabelle und fülle sie aus!

Kriterium Merkmal	Schwefeldioxid	Vergl.	Schwefeltrioxid
(Summen-)Formel			
LEWIS-Formel			
Darstellung Bildung			
Eigenschaften			

2. !

x.y.z. Oxide des Stickstoff

Stickstoff reagiert nur sehr widerwillig mit Sauerstoff
seltsamerweise ergeben sich dann aber sehr viele verschiedene Arten von Oxiden

zur Induzierungen der Reaktion sind entweder hohe Temperaturen oder elektrische Entladungen (Blitze) notwendig

einige Bakterien (die sogenannten Knöllchen-Bakterien) vermögen Stickstoff umzusetzen. Sie erzeugen Ammoniak, der dann wieder von anderen Bakterien und Pflanzen in bestimmte Stickstoffoxide umgesetzt wird.

x.y.z.a. Stickstoffmonoxid

x.y.z.a. Stickstoffdioxid

Aufgaben:

- 1. Harte Diamanten und weicher Graphit (Bleistift-Mine) bestehen aus den gleichen Atomen. Wie geht das?*
- 2. Was sind Modifikationen?*
- 3. Nenne die bekannten Modifikationen von Schwefel, Kohlenstoff und Phosphor!*
- 4. Vergleiche Eigenschaften und Verwendung von Diamant und Graphit!*
- 5. Erstelle Kurz-Steckbriefe für Kohlenstoffmonoxid und Kohlenstoffdioxid!*
- 6. Wie unterscheiden sich die Oxide der verschiedenen Kohlenstoff-Modifikationen? Stelle die chemischen Gleichungen zur Bildung der Oxide auf!*
- 7. Roheisen enthält noch viele ungewollte Stoffe. Dazu gehören Schwefel, Phosphor und Mangan. Sie beeinflussen die Qualität negativ.
Bei der Stahl-Herstellung nach dem Elektrostahl-Verfahren wird Roheisen in einem Lichtbogen-Ofen auf 3'000 °C erhitzt. Dann gibt man in die Schmelze reichlich Alteisen (Schrott, z.T. sehr rostig).
Welche chemischen Reaktionen hier ab? Stelle chemische Gleichungen auf und kennzeichne Oxidation, Reduktion, Oxidationsmittel und Reduktionsmittel!*

x. Wasser

Wasser

- **Verwendung und Bedeutung**

Wasser als Lebensraum, Lösungsmittel, Transportmittel, Wärmespeicher, Wärmeregulation und Lebensmittel ist zu erarbeiten.

Wasserverunreinigung und Gewässerschutz sowie der Wasserkreislauf sind einzubeziehen.

- **Darstellung**
- **Eigenschaften**
- **Nachweis**

SE: Nachweis mit Watesmopapier oder entwässertem Kupfer(II)-sulfat

- **Bau**
 - **Elektronegativitätswerte**
 - **polare Atombindung**
 - **Dipolmolekül**
 - **Formel**
 - **Formel in Elektronenschreibweise**

Zusammenhang zwischen Bau und Eigenschaften

- **Dipoleigenschaften als Voraussetzung für den Lösungsvorgang**

SE: Lösen von verschiedenen Stoffen aus dem Alltag

Bildung und Zerlegung von Wasser

- **Umordnung der Teilchen und Änderung der chemischen Bindung als Merkmale der chemischen Reaktion**

Die unpolare und polare Atombindung sind voneinander abzugrenzen

Der Bau und die chemische Bindungen im Sauerstoff-, Wasserstoff- und Wassermolekül sind zu vergleichen.

Regel, Ähnliches löst sich in Ähnlichem, ist anzuwenden.

DE: Elektrolytische Zerlegung von Wasser

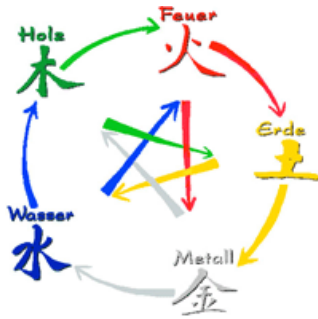
Problem-Fragen für Selbstorganisiertes Lernen

Was macht Wasser zu einem so wichtigen Stoff? Was macht Wasser so besonders?
Hat Wasser auch etwas mit Oxiden zu tun?
Was ist der Unterschied zwischen Wasser und Wasserstoff? Lassen die sich ineinander überführen?
Gibt es verschiedene Arten von Wasser?
Wie ist das Wasser auf atomarer Ebene gebaut?
Warum sind die Moleküle gewinkelt und nicht schön linear gebaut?
Warum wird ein Wasser-Strahl im elektrischen Feld abgelenkt?
Wasser soll ein Dipol sein, geht das überhaupt: zwei Pole in einem Stoff?
Kannst Du auch 15 Eigenschaften des Wasser nennen? Welche?
Warum ist Wasser im Meer blau und im Glas farblos?
Lässt sich Wasser zerlegen?
Welche – vom Üblichen und Erwarteten – abweichenden Eigenschaften hat Wasser? Was sind Anomalien des Wasser?
Was sind Wasserstoff-Brücken(-Bindungen)?
Was sind Hydronium- und Hydroxid-Ionen?
Wie kann man Wasser chemisch herstellen? Macht das Sinn?
Was ist Aqua dest.?
Welche anderen Formen besonderen Wasser's gibt es (aus chemischer Sicht) noch?
Warum lösen sich in Wasser nur bestimmte Stoffe? Kann man Wasser zwingen auch die anderen Stoffe aufzunehmen / zu lösen?
Lösen sich ansonsten alle (löslichen) Stoffe gleich gut?
Wovon ist die Löslichkeit abhängig?
Was sind gesättigte und übersättigte Lösungen?
Wasser filtern mit Haushalts-Filtersystemen wie z.B. von Britta®, bringt das was? Was passiert in diesen Filtern?
Was ist der THYNDALL-Effekt?
Was sind Emulsionen? Was passiert beim Brechen einer Emulsion? Brauchen wir im Haushalt Emulsionen?
Kann man Eis ohne Gefrierschrank usw. kälter machen? Was sind Kälte-Mischungen?
Wie wird Trinkwasser hergestellt?
Kann man aus Abwasser wieder Trinkwasser machen?
Was versteht man unter einem Wasserkreislauf? Welche beiden Arten gibt es?

x.1. Allgemeines zu Wasser

Wasser galt lange als ein Element. Das lag u.a. daran, dass Wasser nur schwer in seine Elemente zerlegbar ist.

Auch die alten Griechen und Chinesen hielten Wasser für einen der vier bzw. fünf Grundelemente der Natur.



chinesische Grund-Elemente
Q: tarot-germany.com



Q: www.flickr.com (NicosFotos)

Bei den Griechen nutzte man ein umgedrehtes Dreieck als Symbol für Wasser. Erst mit Reaktionen, bei denen der Sauerstoff aus dem Wasser entzogen werden konnte, ließ den Schluß zu, dass Wasser aus mehreren chemischen Elementen bestehen muss.

einzigster natürlicher Stoff, der auf der Erdoberfläche in allen drei Aggregatzuständen vorkommt und Bestand hat



Q: www.flickr.com (Anka Albrecht)

x.2. Bau des Wasser-Moleküls

Es gibt wohl kaum jemand, der nicht die Formel von Wasser auf-sagen kann. Selbst Grundschul-Kindern ist sie geläufig, obwohl sie dessen Bedeutung wohl nicht kennen.

Die Formel steht für einen Stoff, der aus zwei Atom-Arten – eben Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O) – zusammengesetzt ist. Die Atom-Arten kommen im Verhältnis 2 : 1 vor. Aus praktischen Gründen wird die 1 bei Sauerstoff nicht mitgeschrieben.

Die Atome müssen miteinander verbunden sein.

Fragt man nach den Bindungen, dann handelt es sich um eine Atom-Bindung. Sie wird durch einen verbindenden Strich zwischen den Element-Symbolen gekennzeichnet.

In vielen Büchern ist die Formel gewinkelt dargestellt. Mit diversen physikalischen Untersuchungs-Methoden kann dieser gewinkelte Bau wirklich beobachtet und gemessen werden. Aber warum kommt der Wasser in Form von gewinkelten Molekülen vor?

Betrachten wir zuerst die einzelnen Atome des Wasser-Moleküls. Zu einem Wasser-Molekül gehören laut Formel H_2O zwei Wasserstoff-Atome und ein Sauerstoff-Atom. Die sechs Außen-Elektronen des Sauerstoff's werden laut LEWIS-Schreibweise zuerst einzeln und dann gepaart oben, unten, links und rechts an das Atom-Symbol notiert. Die Notierung des einzelnen Elektron bei einem Wasserstoff-Atom ist an der Lage der zukünftigen Bindungen orientiert.

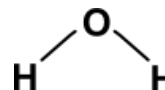
Jedes Wasserstoff-Atom besitzt ein ungepaartes Elektron und der Sauerstoff kann mit zwei davon dienen. Die Atome streben die Paarung der Elektronen und die Bildung jeweils voll besetzten Schalen an. Durch die gemeinsame Nutzung der ungepaarten Elektronen durch zwei Atome entsteht – zu mindestens zeitweilig – genau so eine Situation. Diese ist energetisch deutlich stabiler. Diese gemeinsame Nutzung von Elektronen-Paaren nennen die Chemiker eine Atom-Bindung. Der energetische Vorteil hält die beiden Atome zusammen. Nur durch einen großen Energie-Aufwand lassen sich die Atome nun wieder voneinander trennen. Solche Energie-Mengen können z.B. in chemischen Reaktionen entstehen.

So ein stabiles zweiatomige Gebilde nennen wir Molekül. In Molekülen können auch mehr als zwei Atome – auch unterschiedlicher Elemente – miteinander verbunden sein.

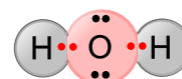
Wir unterscheiden zwischen Bindungs-Elektronen-Paaren, die in den Bindungen "fest" stecken, und den freien Elektronen-Paaren. Die freien Elektronen-Paare sind die Kontakt-Aufnehmer zu anderen Atomen, Molekülen usw.

Die Elektronenpaare stoßen sich trotz des energetischen Vorteils ab. Sie sind ja alle gleichartig geladen. Vielfach werden die Elektronen-Paare dann auch um 120° versetzt gezeichnet.

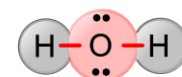
In vielen vereinfachten Darstellungen werden die freien Elektronen-Paare gar nicht mitangezeigt, da sie für das Verständnis des Moleküls eine untergeordnete (aber nicht unwesentliche) Rolle spielen.



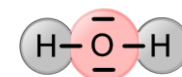
einzelne Atome des Wasser-Moleküls in LEWIS-Schreibweise



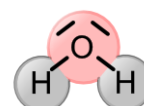
gemeinsame Nutzung der freien Elektronen



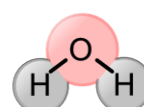
Vorstellung gemeinsam genutzter Elektronen als Bindungen



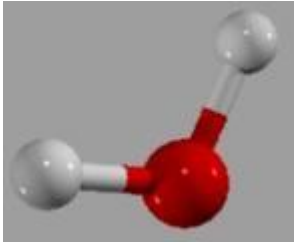
vereinfachte Darstellung



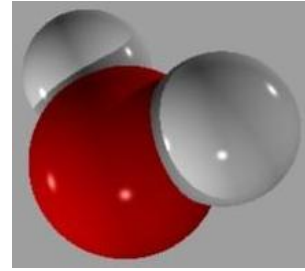
übliche Anordnung der Elektronen-Paare mit Beachtung der Elektronenpaar-Abstoßung



vereinfachte Darstellung



Kugel-Stab-Modell
eines Wasser-Moleküls
Q: www.reciprocalnet.org
(leicht bearb. Drews)



Kalotten-Modell
eines Wasser-Moleküls
Q: www.reciprocalnet.org
(leicht bearb. Drews)

x.3. Eigenschaften des Wassers

x.3.1. physikalische Eigenschaften

geruchs-, geschmacks- und farblose Flüssigkeit

Schmelztemperatur 0°C
Siedetemperatur 100°C

Siedetemperatur vom Umgebungsdruck abhängig; Standard-Werte gelten für 101,325 kPa (= 1 atm = 1 bar = 760 Torr)
bei höheren Drücken siedet Wasser erst bei höheren Temperaturen (Anwendung: Heizkessel; Schnellkochtopf; ...)
bei geringeren Drücken siedet Wasser schon bei Temperaturen unter 100°C

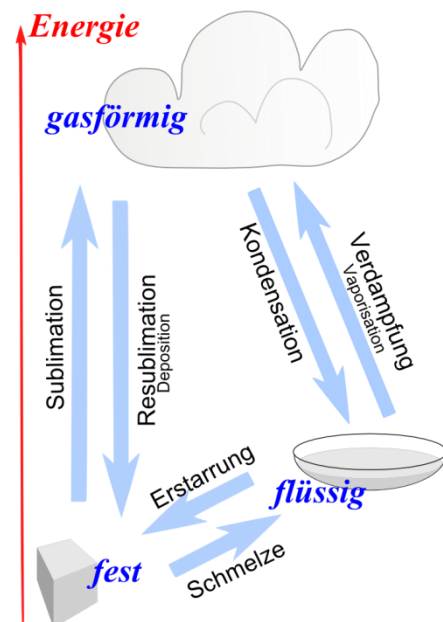
gelöste Stoffe erhöhen die Siedetemperatur ebenfalls (Siedepunkt-Erhöhung)

gelöste Stoffe verringern die Schmelztemperatur (Schmelzpunkt-Erniedrigung)

größte Dichte bei 4°C

bei Standard-Temperatur ist die Dichte exakt
in der Praxis arbeitet man mit 1 g / ml bzw. 1 kg / l
das ist für die meisten Anwendungen und Berechnungen genau genug

relativ schlechte Wärme- und elektrische Leitfähigkeit
reines Wasser leitet den Strom praktisch nicht





Anordnung von Wasser-Molekülen
im flüssigen Zustand
(Wasser-Zelle)
Q: www.3dchem.com

Definition(en): polare Atom-Bindung
Eine polare Atom-Bindung ist eine relativ stabile und feste Verküpfung (Verbindung) von zwei Atomen unter gemeinsamer Nutzung von Elektronen, wobei ein Atom die Bindungs-Elektronen stärker zu sich heranzieht als das andere.
Eine polare Atom-Bindung ist eine Atom-Bindung, bei der das bindende Elektronen-Paar mehr zu einem Atom verlagert ist.

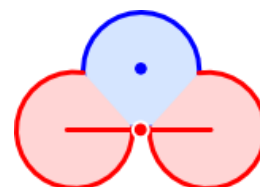
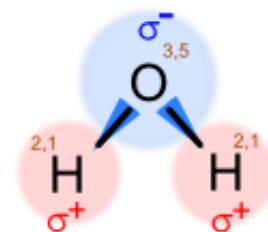
Aufgaben:

1. In der exakten Naturwissenschaft werden Schmelz- und Siede-Temperaturen oft in der KELVIN-Skala angegeben. Berechne, wie die Werte dann tabelliert werden müssten!

für das gehobene Anspruchsniveau:

2. Die Amerikaner verwenden die FAHRENHEIT-Skala zur Angabe von Temperaturen. Weiterhin gibt es noch eine – allerdings kaum noch verwendete – Temperatur-Skala von RÉAUMUR. Berechne, wie die Werte für die Siede- und Schmelz-Temperatur in °F und °R angegeben werden müssten!

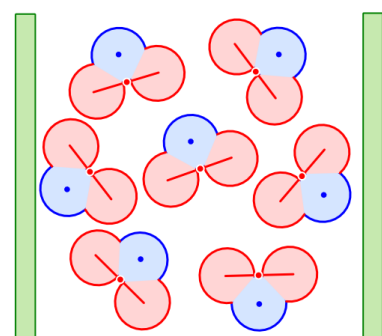
Das Sauerstoff-Atom ist ein sehr Elektronen-liebender Bindungs-Partner. Mit einer Elektronegativität von 3,5 (von max. 4,0) ist es im Vergleich zum Wasserstoff sehr stark Elektronen-ziehend. Die Bindungs-Elektronen werden also vom Sauerstoff stärker als vom Wasserstoff angezogen. Der nur einmal positiv geladene Atom-Kern des Wasserstoff hat gegen die 8 positiven Ladungen von Sauerstoff keine Chance. Die Verschiebung der Bindungs-Elektronen zum Sauerstoff hin bewirkt beim Wasserstoff einen Elektronen-Mangel. Es wird dadurch positiver geladen. Da es sich nicht um einen vollständige Verschiebung der Elektronen handelt entsteht auch keine ganze Ladung. Die Wissenschaftler sprechen von einer Teil-Ladung oder Partial-Ladung. Solche partiellen Ladungen werden mit dem griechischen Buchstaben Klein-Sigma gekennzeichnet. Die Ladungs-Richtung wird als Exponent geschrieben.



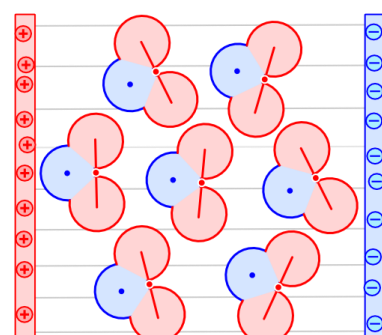
Da der Wasserstoff partiell positiv (= positiver) geladen ist, muss irgendwo im Molekül ein Ausgleich erfolgen. Der liegt eben beim Sauerstoff, der ja die Bindungs-Elektronen zu sich zieht. Er wird dadurch negativer – also partiell negativ geladen.

Betrachtet man nun die Ladungs-Schwerpunkte – also die scheinbaren Mittelwerts-Punkte – dann sind diese für das Molekül gesehen nicht deckungsgleich. Der Ladungs-Schwerpunkt der negativen Ladung liegt fast genau auf dem Atom-Kern. Wegen der starken freien Elektronen-Päarchen ist der Schwerpunkt leicht nach außen verschoben. Deutlich ist aber die abweichende Lage des positiven Ladungs-Schwerpunktes. Er liegt zwischen den beiden Wasserstoff-Atomen und außerhalb des Sauerstoff-Atoms. Entscheidend ist, dass beide Schwerpunkte nicht deckungsgleich sind. In einem elektrischen Feld ordnen sich die Moleküle nun entsprechend ihrer Ladungs-Schwerpunkte aus. Das können wir natürlich nicht sehen, aber man kann die Anziehung zu einem Pol hin auch sichtbar machen.

Die Orientierung wird von der Wärme-Bewegung (Eigen-Bewegung) überlagert. Es ergibt sich eine Vorrangs-Orientierung im elektrischen Feld. Je wärmer das Wasser ist – also je stärker sich die Moleküle bewegen – umso weniger bewirkt das elektrische Feld die Ausrichtung.



frei bewegliche Wasser-Dipole
(kein elektrisches Feld!)



Ausrichtung der Wasser-Dipole
im elektrischen Feld

Definition(en): Dipol

Ein Dipol ist ein Objekt mit zwei entgegengesetzt geladenen, räumlich getrennten Ladungs-Schwerpunkten.

Ein Dipol ist ein Objekt molekularer Größen-Ordnung, bei dem polare Atom-Bindungen vorliegen, das Molekül unsymmetrisch gebaut ist und die Ladungs-Schwerpunkte der negativen und positiven Partial-Ladungen (Teil-Ladungen) nicht räumlich zusammenfallen.

Ein permanenter Dipol liegt vor, wenn in einem Molekül nicht alle Schwerpunkte von Kernen jeweils gleicher Elemente zusammenfallen.

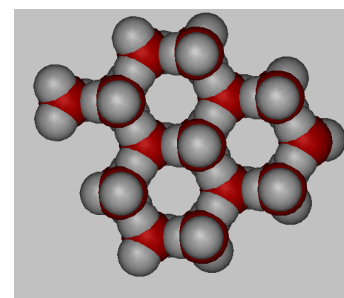
Dipol = polares Molekül

Im Wasser haben die Wasser-Moleküle unmittelbaren Kontakt zu anderen Wasser-Molekülen. Die gleichartigen Ladungs-Schwerpunkte stoßen sich ab und die entgegengesetzt geladenen ziehen sich an. Wenn die Moleküle dann bei niedrigen Temperaturen eben nicht mehr so viel Bewegungs-Energie besitzen, dann ordnen sich die Teilchen schön geordnet an und bilden kristalline Strukturen.

Bei 4 °C ordnen sich die Moleküle besonders dicht zusammen. Wasser hat hier seine größte Dichte. Bei höheren Temperaturen steigt die Dichte. Das hat Wasser mit fast allen Stoffen gemeinsam als Eigenschaft. Die Teilchen bewegen sich immer stärker und benötigen dafür mehr Raum. Die Teilchen liegen dann weiter auseinander – mit anderen Worten weniger dicht.

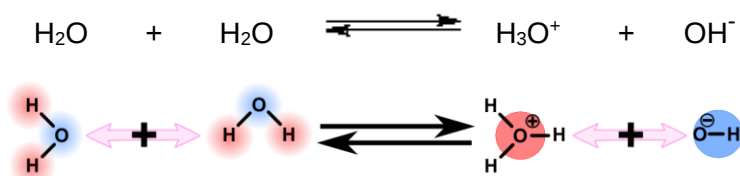
Seltsamer Weise sinkt die Dichte auch bei kleineren Temperaturen. Dieses Phänomen wird i.A. als Anomalie des Wassers bezeichnet. Oft wird auch von der Dichte-Anomalie des Wassers gesprochen.

Betrachtet man zwei interagierende Wasser-Moleküle, dann können quasi "Streitigkeiten" zwischen den Molekülen beobachtet werden. Die teilweise negativ geladenen Sauerstoff-Atome ziehen ein zwischen ihnen angeordnetes Wasserstoff-Atom jeweils zu sich. Mal ist das eine Sauerstoff-Atom dichter dran und somit stärker, mal das andere. In dem Fall zieht dieses das Wasserstoff vom anderen Sauerstoff-Atom ab. Praktisch bleiben die Bindungs-Elektronen zurück und nur das Proton wechselt das Molekül.

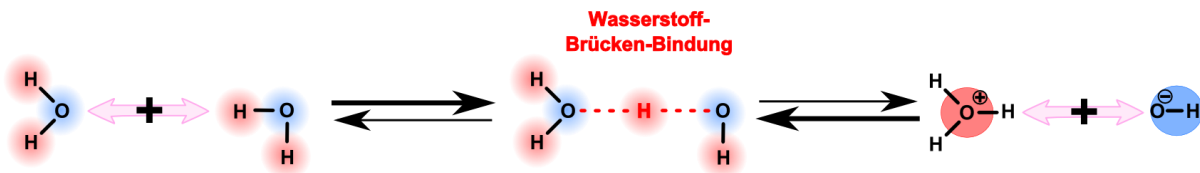


Anordnung von Wasser-Molekülen im festen Aggregatzustand

Q: www.nyu.edu
(leicht bearb.: Drews)



Das aufnehmende Wasser-Molekül wird zum positiv geladenen Hydronium-Ion, das abgebende wird zum Hydroxid-Ion. Dieses zieht sofort wieder den Wasserstoff von einem benachbarten Molekül an und kauft diesem ein Proton. Dieser Übergang von Protonen zwischen den Molekülen findet im Wasser ständig statt. Betrachtet man die Bewegungen über längere Phasen, dann entsteht der Eindruck, das Wasserstoff-Atom liegt – wenn auch leicht gebunden – mittig zwischen zwei Sauerstoff-Atomen. Beide Moleküle ziehen sich durch diese gemeinsame "Nutzung" des Wasserstoff an und sind so leicht miteinander verbunden. Wir sprechen von einer Wasserstoff-Brücken-Bindung.



Diese Wasserstoff-Brücken-Bindung (Abk.: WBB) ist für die Anomalie(n) des Wassers verantwortlich. Bei niedrigen Temperaturen ordnen sich Wasser-Moleküle so an, dass maximal viele Brücken-Bindungen ausgebildet werden. Diese geordnete Struktur braucht Platz – die Dichte ist entsprechend klein. Bei steigender Temperatur brechen einzelne Brücken-Bindungen auf und die Moleküle können auch Lücken zwischen ihnen nutzen. Dadurch wird die Dichte größer – die Teilchen benötigen insgesamt weniger Raum. Mit weiter steigender Temperatur nehmen die Teilchen-Bewegungen so stark zu, dass nur noch wenige Brücken vorhanden sind und die Teilchen insgesamt weiter voneinander entfernt sind. Der Raumbedarf steigt und die Dichte nimmt somit ab.

Den größten Raum-Bedarf unterhalb von 4 °C haben Wasser-Moleküle bei rund -4 °C. Diese Besonderheit – praktisch auch eine Anomalie – ist für die Zerstörung von Wasser-Flaschen oder –Leitungen durch gefrierendes Wasser verantwortlich. Auch die Straßen und Wege werden durch gefrierendes Wasser alljährlich aufgesprengt. Dadurch entstehen neue Risse in die das Wasser immer tiefer eindringen kann und dann bei niedrigen Temperaturen sein Zerstörungswerk weiter fortsetzen kann. Die Erosion des Gesteins in den Gebirgen basiert auf dem gleichen Effekt.

Aufgaben:

1. *Ein Erfinder will ein Spezial-Thermometer für den Temperatur-Bereich 0 bis 10 °C bauen. Aus Kosten-Gründen möchte er gefärbtes Wasser als Thermometer-Flüssigkeit benutzen. Der Farbstoff verändert andere Eigenschaften praktisch nicht. Setze Dich mit der Idee auseinander und bewerte diese! Begründe ausführlich!*
2. *Der Chemie-Schlaumeier behauptet, dass Eiswürfel auf der Cola nur deshalb oben schwimmen, weil es die Dichte-Anomalie des Wassers gibt. Bestätige seine Behauptung durch Angabe von Gründen oder widerlege sie!*
3. *Plane eines oder mehrere Experimente, um die Ursache für das Eiswürfel-Schwimmen in der Cola zu bestätigen!*

x.y.z. weitere Anomalien des Wasser

Insgesamt soll es 38 Anomalien des Wassers geben. Viele sind für Laien kaum nachvollziehbar. Wasser ist so allgegenwärtig und normal, dass wir eher das Wasser als typisch ansehen, als die vielen anderen Stoffe. Wir betrachte das Wasser als "normalen" Stoff und die anderen – weniger bekannten – als "unnormal".

Zu den Anomalien muss man schon den abweichenden Molekül-Bau des Wasser's und die Dipol-Eigenschaft sehen. Den Dipol-Charakter haben wir gerade oben beschrieben.

Der Raum-Winkel zwischen den Wasserstoff-Armen müsste eigentlich $109,5^\circ$ sein. Das gilt zumindest für einen üblichen Tetraeder. Im Wasser liegt der Bindungs-Winkel bei $104,5^\circ$. Ursache sind hier

Einige Anomalien werden erst beobachtbar, wenn man Wasser mit ähnlichen Molekülen vergleicht. Besonders interessant sind z.B. die Nachbar-Elemente des Sauerstoffs mit ihren Wasserstoff-Verbindungen. Wir ersetzen also den einen Bindungs-Partner durch die benachbarten Elemente aus dem PSE. Eigentlich müssten ihre Eigenschaften sehr ähnlich sein oder einer aufsteigenden oder absteigenden Reihe folgen. Aber Wasser fällt regelmäßig aus der Reihe. Ähnlich kann man die Sauerstoff-Verbindungen der Elemente rund um den Wasserstoff untereinander vergleichen.

Vielfach vergleicht man Wasser auch mit anderen Stoffen, die aus ungefähr gleich großen Molekülen aufgebaut sind. Aber auch hier zeigen sich viele Unregelmäßigkeiten.

Siedepunkt / Koch-Punkt / Siede-Temperatur

Der Übergang vom flüssigen in den gasförmigen Zustand ist dadurch gekennzeichnet, dass die Teilchen jetzt soviel Bewegungs-Energie besitzen, dass sie sich von den anderen lösen können. Sie sind so schnell, dass sie sich nun praktisch unabhängig von den anderen im Gas bewegen. Die Energie muss auch ausreichen, um die Teilchen gegen die Erdanziehung zu bewegen.

Die notwendige Energie-Menge ist also auch von der Masse der Teilchen abhängig. Kleine – leichte – Teilchen sollten mit weniger Energie schnell genug werden, während andere – große, schwere – Teilchen mehr Energie benötigen, um sich in einem Gas-Zustand zu bewegen.

Ein gutes Maß für die Teilchen-Größe ist ihre Molekül-Masse.

Sie wird aus den Atom-Massen der beteiligten Atome berechnet, oder man verwendet das Vergleichs-Maß der Chemiker – die molare Masse M .

Diese Größe ist mal als wiegbare Masse einer bestimmten (definierten) Anzahl von Teilchen entstanden. Die definierte Anzahl heißt hier **mol** und entspricht $6 \cdot 10^{23}$ Teilchen.

Die uns gut bekannte Siede-Temperatur von Wasser mit 100°C empfinden wir als ganz normal. Alle anderen – vergleichbaren Stoffe – haben deutlich niedrigere Siede-Temperaturen als Wasser.

Stoff	Formel	M [g/mol]	T _{KP} [°C]	Bemerkungen / Hinweise
Wasserstoff	H ₂	2	-252	
Helium	He	2	-269	
Lithiumhydrid	LiH	8	-	ionisch
Berylliumhydrid	BeH ₂	11	-	zersetzlich
Methan	CH ₄	16	-182	
Ammoniak	NH ₃	17	-34	
Wasser	H₂O	18	100	
Neon	Ne	20	-246	
Fluorwasserstoff	HF	20	19	
Kohlenstoffmonoxid	CO	28	-192	
Schwefelwasserstoff	H ₂ S	34	-62	
Phosphin	PH ₃	34	-88	
Chlorwasserstoff	HCl	36	-85	
Kohlenstoffdioxid	CO ₂	44	-78	sublimiert
Iodwasserstoff	HI	128	-35	

Zum Anderen kann man als Vergleichs-Objekte auch ähnliche chemische Verbindungen heranziehen. Dabei wird der eine Partner durch die benachbarten Elemente aus dem Periodensystem ersetzt. In der nebenstehenden Tabelle (praktisch ein Ausschnitt aus dem PSE) ist es der Sauerstoff, der durch Nachbar-Elemente ausgetauscht wird.

Die ähnlich ungewöhnlich hohe Siede-Temperatur von Fluorwasserstoff entsteht übrigens durch den gleichen Effekt, wie bei Wasser – die Wasserstoff-Brücken-Bindungen zwischen den Molekülen.

Beim Austausch des Wasserstoff durch benachbarte Elemente ergibt ein etwas anderes Bild. Hier sind die Temperaturen der vergleichbaren Oxide deutlich höher als bei Wasser. Die Ursache liegt hier in der ionischen Bindung zwischen den Metall-Ionen und dem Oxid-Ion. Ionische Stoffe sind i.A. immer fest – besitzen also eher hohe Siede-Temperaturen. Die polaren Anziehungskräfte sind um ein Vielfaches stärker als die Haft-Kräfte

(Kohäsion) zwischen den anderen – bisher betrachteten – Molekülen und Atomen.

Siede-Temperatur

Per.	Haupt-Gruppe		
	V	VI	VII
2	NH ₃ -34 °C	H ₂ O 100 °C	HF 19 °C
3	PH ₃ -88 °C	H ₂ S -62 °C	HCl -85 °C

Siede-Temperatur

Per.	Haupt-Gruppe	
	I	II
1	H ₂ O 100 °C	
2	Li ₂ O zersetzlich über 1450 °C	BeO 3900 °C

Schmelzpunkt / Fluss-Punkt / Schmelz-Temperatur

Bekanntlich liegt dieser bei 0 °C. Aus den reinen Molekül-Daten (eben ohne Betrachtung der Wasserstoff-Brücken-Bindungen) erwarten die Physiker eine Schmelz-Temperatur von unter -100 °C. Die Abweichung ist also schon sehr auffällig.

Stoff	Formel	M [g/mol]	T _{FP} [°C]	Bemerkungen / Hinweise
Wasserstoff	H ₂	2	-259	
Helium	He	2	-269	
Lithiumhydrid	LiH	8	688	
Berylliumhydrid	BeH ₂	11	240	
Methan	CH ₄	16	-183	
Ammoniak	NH ₃	17	-78	
Wasser	H₂O	18	0	
Neon	Ne	20	-249	
Fluorwasserstoff	HF	20	-83	
Kohlenstoffmonoxid	CO	28	-205	
Schwefelwasserstoff	H ₂ S	34	-86	
Phosphin	PH ₃	34	-134	
Chlorwasserstoff	HCl	36	-114	
Kohlenstoffdioxid	CO ₂	44	-57	unter Druck
Jodwasserstoff	HI	128	-51	

Für den Vergleich mit chemisch ähnlichen Stoffen bekommen wir ein ähnliches Bild, wie bei der Siede-Temperatur. Wasser fällt deutlich aus dem Muster heraus.

Schmelz-Temperatur

Per.	Haupt-Gruppe		
	V	VI	VII
2	NH ₃ -78 °C	H ₂ O 0 °C	HF -83 °C
3	PH ₃ -134 °C	H ₂ S -86 °C	HCl -114 °C

Schmelz-Temperatur

Per.	Haupt-Gruppe	
	I	II
1	H ₂ O 0 °C	
2	Li ₂ O 1427 °C	BeO 2575 °C

Aggregat-Zustand

Als Konsequenz aus den erhöhten Schmelz- und Siedetemperaturen ergibt sich auch ein – von der Erwartung – abweichender Aggregatzustand. Eigentlich sollte Wasser bei 25 °C gasförmig sein.

Stoff	Formel	M [g/mol]	Aggr.-Zustand	Bemerkungen / Hinweise
Wasserstoff	H ₂	2	gasförmig	
Helium	He	2	gasförmig	
Lithiumhydrid	LiH	8	fest	ionisch
Berylliumhydrid	BeH ₂	11	fest	ionisch
Methan	CH ₄	16	gasförmig	
Ammoniak	NH ₃	17	gasförmig	
Wasser	H₂O	18	flüssig	
Neon	Ne	20	gasförmig	
Fluorwasserstoff	HF	20	gasförmig	
Kohlenstoffmonoxid	CO	28	gasförmig	
Schwefelwasserstoff	H ₂ S	34	gasförmig	
Phosphin	PH ₃	34	gasförmig	
Chlorwasserstoff	HCl	36	gasförmig	
Kohlenstoffdioxid	CO ₂	44	gasförmig	unter Druck
Iodwasserstoff	HI	128	gasförmig	

Wasser ist der einzige natürlich vorkommende Stoff, der auf der Erde in allen Aggregatzuständen existiert.

Aggregatzustand

Per.	Haupt-Gruppe		
	V	VI	VII
2	NH ₃ gasf.	H ₂ O flüssig	HF gasf.
3	PH ₃ gasf.	H ₂ S gasf.	HCl gasf.

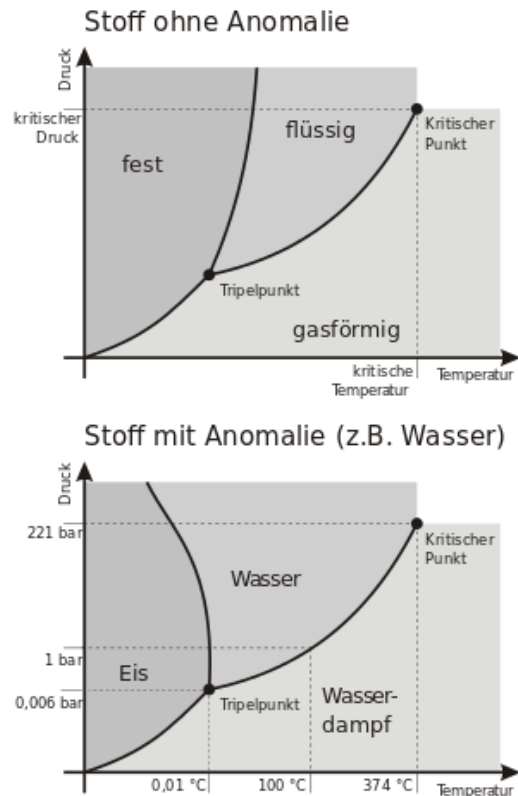
Aggregatzustand

Per.	Haupt-Gruppe	
	I	II
1	H ₂ O flüssig	
2	Li ₂ O fest	BeO fest

Druck-Abhängigkeit der Siede-Temperatur

verändertes / abweichendes Phasen-Diagramm

Für die Druck-Abhängigkeit der Schmelz-Temperatur gibt auch überraschende Forschungs-Ergebnisse aus der aktuellen Forschung. So wurde festgestellt, dass Wasser-Eis bei sehr hohem Druck (2'000 atm) bei -130 °C wieder flüssig wird. Das könnte den Theorien um die Existenz von Leben auf anderen Planeten oder Monden wieder einen neuen Forschungs-Bereich eröffnen.



Phasen-Diagramme eines Stoffes
ohne Anomalie und von Wasser
Q: de.wikipedia.org (JoWi)

Temperatur-Abhängigkeit des Volumens

Bei praktisch allen anderen Stoffen kommt es bei einer Temperatur-Erhöhung zu einer Volumenzunahme und bei sinkenden Temperaturen zu einer Volumen-Abnahme. Eine seltene Ausnahme ist Wolfram – ein Metall, dass sich ebenfalls teilweise bei sinkenden Temperaturen ausdehnt. Das Wasser-Volumen nimmt dagegen – zumindestens bei den ersten Minus-Temperaturen – wieder zu.

Das größte Volumen wird bei rund -4 °C erreicht. Viele Besitzer von einfachen Wassertonnen oder ungeschützten Wasser-Leitungen in Garten-Häuschen haben das schon schmerzlich lernen müssen. Bei tiefen Temperaturen frieren eben Wasser-Leitungen ein. Die Volumen-Zunahme beim gefrorenen Wasser in der Leitung kann ein Rohr zum Platzen bringen. Bei steigenden Temperaturen kann es dann zu Überschwemmungen des Hauses führen. Auch bei der Verwitterung von Gestein im Gebirge ist die tägliche Schwankung der Temperatur ein wesentlicher Faktor. Wasser dringt in kleinste Gesteins-Spalten ein. Bei niedrigen Temperaturen dehnt sich das Eis in der Spalte aus und drückt sie einwenig auseinander. Bei steigenden Temperaturen kann dann das Tauwasser weiter eindringen und mit sinkenden Temperaturen geht das Ganze von vorne los. Irgendwann bricht das Gestein und neue Risse entstehen.

Aufgaben:

1. Meistens kommt es gar nicht beim ersten Gefrieren zum Platzen von Wasser-Leitungen oder zum Bersten der Wassertonnen sondern erst beim wiederholten Einfrieren. Erkläre das Phänomen!

-
- 2.
 - 3.

Wärme-Kapazität

größte Wärme-Kapazität aller Flüssigkeiten

bedeutet, dass aufgenommene Wärme sehr gut gespeichert wird

Wärme-Leitfähigkeit

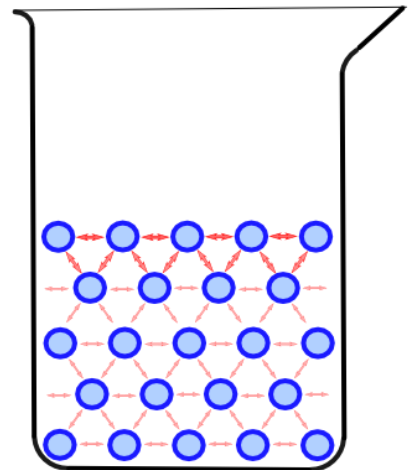
sehr geringe Wärme-Leitfähigkeit

bedeutet, dass Wärme nur sehr schwer innerhalb von Wasser weitergeleitet wird
können wir sehr gut beobachten, wenn z.B. Mittag in der Mikrowelle (auch Konverter) zu schnell erwärmt wird

nur die äußeren Bereiche sind heiß, der Kern bleibt kalt
deshalb mit weniger Energie (Leistung) in kürzeren Phasen erwärmen und dazwischen immer mal umrühren

Oberflächenspannung

größte Oberflächenspannung aller Flüssigkeiten



Exkurs: Leben auf der Erde nur wegen der Anomalien des Wasser?

Das unser Leben auf der Erde nur deshalb möglich ist, weil die Erde so viel Wasser besitzt, ist eine vielfach gemachte Aussage. Aber dass das Leben nur deshalb möglich ist, weil das Wasser die verschiedenen Anomalien hat, scheint auf den ersten Blick etwas überzogen. Aber genau so ist es. Wäre Wasser eine typische polare Atom-Verbindung, dann würden viele Bedingungen für das Leben völlig anders aussehen. Ob das allerdings auch wirklich bedeuten würde, dass es kein Leben auf der Erde geben würde, ist schwer zu sagen. Schauen wir uns aber mal einige Wirkungen der Anomalien bezüglich der Lebens-Vorgänge an.

Bei den aktuellen Bedingungen auf der Erde wäre Wasser ohne seine Wasserstoff-Brücken-Bindungen (WBB) nicht vorrangig flüssig. Die Ozeane wären nicht vorhanden und das Wasser würde als Wasser-Dampf – also in gasförmiger Form – die Luft sättigen. Auch die Zellen wären mit einem Wasser-Gas gefüllt. In diesem könnten sich nur kleine Moleküle lösen und quasi-Gasgemische bilden. Das Lösen von Nährstoff-Ionen oder größeren Nährstoff-Molekülen wäre nicht möglich.

Tiere Gewebe würden wohl eher einem etwas zäheren Schaum ähneln, als einer festen Objekt. Vielleicht wären dann mehr "Schaum-Tiere" in der Welt zu beobachten.

Der Anomalie des Wasser's allerdings die alleine "Gott"-Rolle zuzuordnen, greift deutlich zu kurz.

Andere wichtige Besonderheiten der Erde sorgen für verbesserte Bedingungen für Leben.

Dazu gehören z.B.:

- Atmosphäre (Lebens-Raum; Strahlungs-Schutz; Gas-Austausch; ...)
- Magnetfeld (Strahlungs-Schutz, ...)
- der Mond (Meteroiten-Fänger; Ebbe und Flut; ...)
- Erdachsen-Neigung (saisonales Wetter; ...)
- Trudeln der Erde auf der Umlaufbahn um die Sonne
- ...

Viel über – vielleicht auch ganz andersartiges – Leben werden wir durch Erforschung der Jupiter-Monde erfahren. Einige bieten Bedingungen, die Leben möglich erscheinen lassen. Vielleicht ist Leben was ganz normales, oder aber ein einmaliger (extrem seltener) Zufall auf der Erde. Oder vielleicht hat doch ein Gott eine besonderes Herausforderungs-Situation für uns Menschen erschaffen. Derzeit gibt es keinen Beweis für das Eine oder Andere.

interessante Links:

http://www1.lsbu.ac.uk/water/water_anomalies.html (Auflistung der bekannten Anomalien (engl.))

x.3.3. Lösen von Stoffen und (wässrige) Lösungen

Wasser als Lösungsmittel

wenn der Chemiker das Lösungsmittel nicht näher spezifiziert, dann meint er immer Wasser als Lösungsmittel

Wässrige Lösungen sind quasi das Normale in der Chemie

heißt aber nicht, dass sich alle anderen Stoffe in Wasser lösen

Aufgaben:

1. Welche Stoffe lösen sich in Wasser und welche nicht? Nenne jeweils 5 Stoffe!

nicht für alle Stoffe

Stoffe, die gelöst werden, haben auch Bestandteile mit Ladungen oder Teilladungen, sind also polar

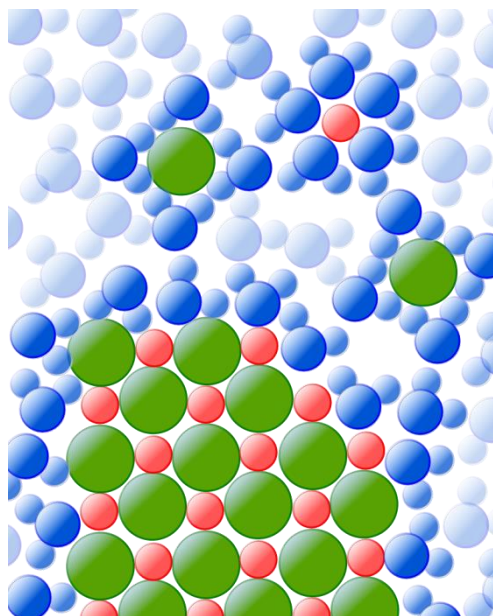
Wasser-Moleküle umlagern polare Teilchen
z.B. polare bzw. polarisierte Moleküle

oder Ionen
werden aus dem Ionen-Gitter (Kristall) herausgebrochen

bilden Hülle → Hydrat-Hülle

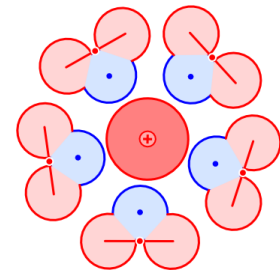
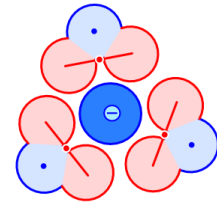
dynamisch

wandern aufgrund ihrer Bewegungs-Energie durch die gesamte Lösung (Wärme-Bewegung der Teilchen, BROWNSche Molekular-Bewegung)

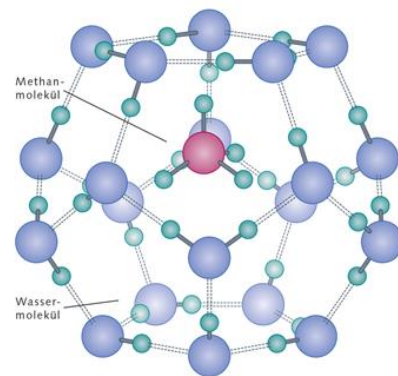


Wasser als polarer Stoff löst vorrangig polare Stoffe.

Unpolare Stoffe werden in Wasser nicht oder nur sehr schlecht gelöst.



Ausnahme z.B. Methan
ist unpolar, die Moleküle sind
aber zufällig genauso groß wie
die typischen Lücken zwi-
schen den Wasser-Molekülen
echte physikalische Lösung
bildet kristalline Struktur
Wasser-Moleküle umgeben ein
Methan-Molekül Käfig-artig



Methanhydrat: Brennstoff (links) Molekül-Struktur (rechts)
Q: <http://worldoceanreview.com> (Dietmar Gust, Berlin)

Wasser und Methan bilden unter Druck Methanhydrat einen kristallinen Feststoff, der in der Tiefsee in riesigen Mengen vorkommt
Methan stammt aus der Verwesung des (toten) Biomaterials
Mensch würde dieses methan gerne Abbauen, Gefahren-Abschätzung aber sehr schwierig
derzeit andere Energie-Quellen noch kostengünstiger

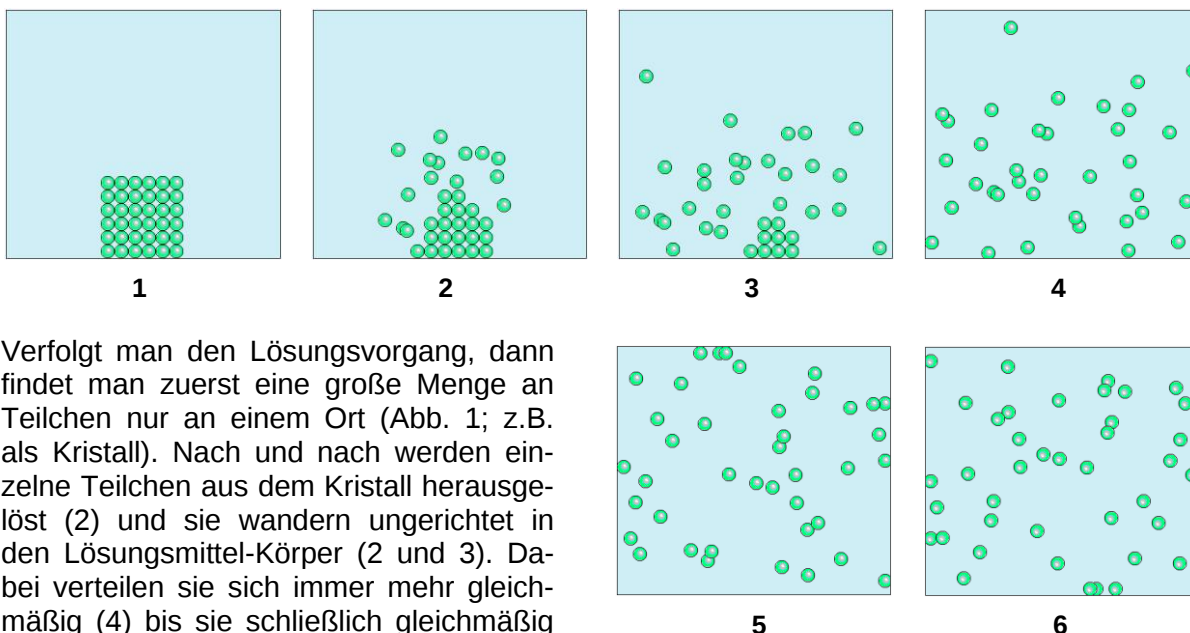
Aufgaben:

1.

x.

für die gehobene Anspruchsebene:

x. *Wie nennt man den geometrischen Grundkörper, den die Wasser-Moleküle im Methanhydrat bilden?*



Verfolgt man den Lösungsvorgang, dann findet man zuerst eine große Menge an Teilchen nur an einem Ort (Abb. 1; z.B. als Kristall). Nach und nach werden einzelne Teilchen aus dem Kristall herausgelöst (2) und sie wandern ungerichtet in den Lösungsmittel-Körper (2 und 3). Dabei verteilen sie sich immer mehr gleichmäßig (4) bis sie schließlich gleichmäßig verteilt sind (5 und 6).

Lokal sind kleine Unterschiede da, die aus der zufälligen Bewegung der Teilchen resultieren, insgesamt sind die Verteilungen aber gleichmäßig. Mal wandern an die eine Stelle (Region) einpaar mehr Teilchen, als z.Z. wegwandern. Das ändert sich aber schnell wieder und die Wanderungs-Bewegungen gleichen sich insgesamt aus. Man spricht von einem dynamischen Gleichgewicht. Von Außen betrachtet sind diese Mengen-Unterschiede letztendlich nicht zu beobachten.

Im Verlauf des Vorgangs kommt es zum Ausgleich von Mengen-Unterschieden (Konzentrations-Ausgleich). Diesen Vorgang nennt man Diffusion.

Definition(en): Diffusion

Die Diffusion ist ein physikalischer Vorgang, bei dem sich durch Eigen-Bewegung (Wärme-Bewegung / BROWNsche Molekular-Bewegung) der Teilchen vorhandene Mengen-Unterschiede ausgleichen.

Aufgaben:

1. *Bereite Dir einen Beutel-Tee zu! (möglichst einen rot gefärbten Tee) Gieße das heiße Wasser dazu vorsichtig in ein Teeglas und gebe dann den Tee-Beutel dazu! Nicht umrühren oder das Glas bewegen! Beobachte den Vorgang ungefähr 5 min! Notiere Deine Beobachtungen! Der Tee darf nach dem Experiment z.B. gesüsst und getrunken werden. Temperatur beachten!*
2. *Erstelle den vorbereitenden Teil eines Protokoll zur Experimentier-Aufgabe:*
Untersuche das Lösen von Süßstoff-Tabletten in kaltem und warmen / heißen Wasser!

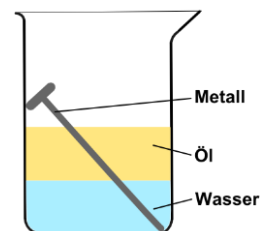
unpolare Stoffe, wie Benzin, Fette und Paraffin werden von Wasser nicht gelöst
 der polare Stoff Wasser löst polare Stoffe ("Gleiches löst sich in Gleichem")

die unpolaren Stoffe bleiben unter sich und setzen sich dann – entsprechend ihrer Dichte über oder unter der Wasser-Schicht ab. Wir sprechen dann von Phasen. Damit meinen wir Stoff-Schichten, die sich nicht mischen. Besonders an der Phasen-Grenze sind die Unver-söhnlichkeiten besonders groß und die Schichten stoßen sich von einander ab.

Aufgaben:

1. Überlege, welche Aggregatzustände und welche Pha-sen bei einem Becherglas mit Wasser, Öl und einem Metall-Nagel zu beobachten sind!

2.



Als Eselsbrücke kann man sich also merken: "Gleiches löst sich in Gleichem!" oder anders "Gleich und Gleich gesellt sich gern." Für die altsprachigen Leser (und die Angeber): "similia similibus solventur" (lat.: Ähnliches löst sich in Ähnlichem).

Neben reinen polaren oder unpolaren Lösungsmitteln gibt es auch solche, die beide Lö-sungs-Eigenschaften enthalten. Typische Beispiele sind Ethanol und Aceton. Sie lösen so-wohl polare wie auch unpolare Stoffe. Sie werden auch Lösungs-Vermittler genannt.

Bisher haben wir die Lösungs-Vorgänge im Wesentlichen qualitativ betrachtet. Vielfach spie-len aber auch quantitative Effekte eine Rolle.

Mit dem Einbringen der ersten Substanz in das Lö-sungsmittel, bzw. mit dem ersten Anlösen der Substanz innerhalb des Lösungsmittels, entsteht eine sogenannte **ungesättigte Lösung**. Das Lösungsmittel hat noch Ka-pazitäten, um weiteres Substrat aufzunehmen.

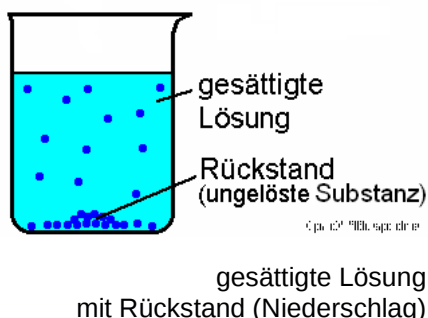
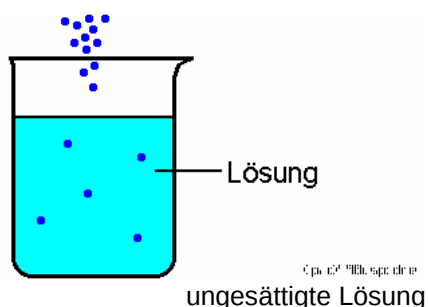
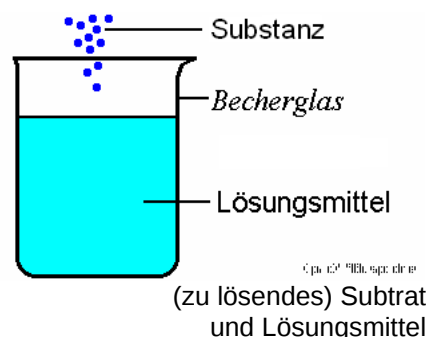
Mit der Zunahme der Substrat-Menge steigt auch die Konzentration der Lösung immer weiter an.

Für jede Substanz gibt es aber eine maximale Menge, die das Lösungsmittel aufnehmen kann. Ist der Punkt der maximalen Lösung erreicht, sprechen wir von einer **gesättigten Lösung**. Wird weitere Substanz dazugege-ben, dann setzt sich diese auf dem Grund ab.

Nur wenige Stoffe schweben ungelöst im Lösungsmittel oder setzen sich – wegen einer geringeren Dichte – an der Oberfläche ab. Das Absetzen von ungelösten Stoffen ist häufiger bei flüssigen Substan-zen zu beobachten.

Der Rückstand löst sich zwar teilweise auch wieder auf, dafür gehen aber wieder andere Teilchen als Nieder-schlag in den Rückstand über. Es herrscht ein dynami-sches Gleichgewicht zwischen Lösen und Ausfällen.

I.A. kann man durch Temperatur-Erhöhung dafür sorgen, dass mehr von dem Stoff gelöst werden kann. Kühlt man eine solche Lösung ab, entsteht eine sogenannte **über-sättigte Lösung**. Für die geringere Temperatur ist zuviel gelöster Stoff in der Lösung. Seltsamerweise bildet sich nicht sofort ein Niederschlag. Für das Auskristallisieren braucht es eines Auslösers. Das können zugesetzte oder vorhandene Kristalle sein oder auch nur Staubkör-ner oder Unebenheiten am Glas. Selbst Erschütterungen reichen als Initialisierung aus. Wenn sich dann die ersten Kristalle bilden, geht die Auskristallisation bis zum Errei-chen des Zustandes einer gesättigten Lösung weiter.



Für die Zucht von großen Kristallen filtriert man die heiße Lösung, um irgendwelche Kristall-Keime zu entfernen. Nachdem die Lösung dann langsam abgekühlt wurde, gibt man einen oder wenige Kristalle als Start-Kristalle in die (übersättigte) Lösung. Je nach Stoff wachsen die Kristalle in den nächsten Stunden, Tagen und Wochen.

(Geübte Kristallzüchter arbeiten nu mit schwach übersättigten Lösungen, damit die Kristalle möglichst langsam – aber dafür schön gleichmäßig – wachsen können.)

Unter der **Löslichkeit** l verstehen wir die größtmögliche Menge (Masse) eines Stoffes (Substanz, S), der sich in einem anderen – dem Lösungsmittel (LsgM, LM) löst (in einer definierten Masse (üblich 100 g = m_{LsgM})). Zumeist wird hier von Wasser ausgegangen. Das Lösungsmittel muss aber eigentlich immer mit notiert werden. Wurde kein Lösungsmittel angegeben, dann geht man i.A. von Wasser als Lösungsmittel aus.

$$l = \frac{m_s}{m_{\text{LsgM}}} \quad \left[\frac{\text{g}}{\text{g}[\text{LsgM}]} \right]$$

Aus dieser Löslichkeit leitet sich die – in der Praxis häufiger verwendete – Angabe in Masse-Prozent ab:

$$l\% = \frac{m_s \cdot 100\%}{m_{\text{LsgM}}} = l \cdot 100\% \quad [\%] \quad \text{od.} \quad [m\%]$$

Dieses ist auch die übliche Ausdrucksweise. Man sagt z.B. dieser oder jener Stoff ergibt maximal eine 30%ige Lösung. Was nichts anderes bedeutet, als dass sich maximal 30 g der Substanz in 100 g Lösungsmittel gelöst haben.

Lösungs-Regeln für Stoffe in Wasser:

1. alle Salze der Alkalimetalle (im PSE: I. HGr, Ia, Gr. 1) sind löslich
2. alle Ammonium-Salze (mit NH_4^+) sind löslich
3. Salze, die Nitrat-Ionen (NO_3^-), Acetat-Ionen ($\text{CH}_3\text{-COO}^-$), Chlorat-Ionen (ClO_3^-) enthalten, sind löslich
4. die meisten Chloride (Cl^-), Bromide (Br^-) und Iodide (I^-) sind löslich (Ausnahmen sind die mit Silber-Ionen (Ag^+), Blei(II)-Ionen (Pb^{2+}) und Quecksilber(II)-Ionen (Hg_2^{2+}))
5. die meisten Sulfate (SO_4^{2-}) sind löslich (Ausnahmen sind die mit Calcium-Ion (Ca^{2+}), Strontium-Ion (Sr^{2+}), Barium-Ion (Ba^{2+}), Quecksilber(II)-Ion (Hg_2^{2+}) und Silber-Ion (Ag^+))
6. alle Carbonate (CO_3^{2-}), Sulfide (S^{2-}) und Sulfite (SO_3^{2-}) sind unlöslich (Ausnahmen sind die in Regel 1 und 2 genannten)
7. die meisten Metalloxide ($\text{M}^{n+} + \text{O}^{2-}$) sind unlöslich (Ausnahmen sind die Alkalimetalle, Calcium-Ion (Ca^{2+}), Strontium (Sr^{2+}) und Barium-Ion (Ba^{2+}))
8. die meisten Hydroxide (OH^-) sind unlöslich (Ausnahmen sind die Alkalimetalle, Strontium (Sr^{2+}) und Barium-Ion (Ba^{2+}))

als "löslich" wird eine Substanz bezeichnet, wenn man von ihr mindestens 1 g in 100 ml (bei 20 °C) lösen kann

Aufgaben:

1. Stelle eine gesättigte Lösung von Haushaltszucker her! Gebe dazu zuerst nur 180 g Zucker in 100 ml Wasser! Wenn sich aller Zucker gelöst hat, dann gib immer jeweils 5 oder 10 g (je nach kleinstem Maß auf der häuslichen Küchenwaage) dazu, solange bis sich der Rückstand auch nach längerer Zeit nicht auflöst! Notiere die Masse des gelösten Zuckers und die Arbeitstemperatur!
2. Erwärme nun die Zucker-Lösung vorsichtig und gib weiteren Zucker hinzu! Achte darauf, dass sich alle Zucker löst! (Ev. ein paar Tropfen Wasser ergänzen!)
3. Hänge möglichst mittig einen Woll-Faden in die Lösung (z.B. mittels Holzstäbchen oder Löffel) und lasse sie abkühlen! Notiere Deine Beobachtungen über die nächsten Tage hinweg!
4. Mit 100 g Lösungsmittel wird eine 30 %ige Lösung des Stoffes A hergestellt. Welche Masse hat die fertige Lösung? Gib eine ordnungsgemäße Rechnung an!
5. Vom Stoff B werden 45 g in 100 g Lösungsmittel gegeben. Berechne das Volumen der Lösung, wenn die Dichte einer 10 %igen Lösung 1,05 g/ml und bei einer 45 %igen Lösung 1,25 g/ml beträgt!
6. Bei einem Mineralwasser (medium) sind die folgenden gelösten Ionen deklariert. Erstelle eine Tabelle in der Anionen und Kationen getrennt aufgeführt werden! Neben der Masse an gelösten Ionen in 100 g trage in die Tabelle auch den Massen-Anteil in % ein!

Ion	enthalten sind ... [g / 100 g [Lsg.]]	Ion	enthalten sind ... [g / 100 g [Lsg.]]
Calcium	10,60	Magnesium	0,99
Chlorid	2,86	Natrium	1,20
Hydrogencarbonat	24,30	Sulfat	9,40

7. Notiere die Zusammensetzung / Inhaltsstoffe Deines Lieblings-Mineralwasser und erstelle eine zur Aufgabe 6 vergleichbare Tabelle! Vergleiche die beiden Mineralwasser!
8. Recherchiere die gelösten Ionen in Meer-Wasser! Erstelle eine Tabelle, in der die Ionen nach Ladung getrennt mit ihrer Löslichkeit und ihrem Massen-Anteil erfasst sind!

für die gehobene Anspruchsebene:

9. Erstelle für Ostsee-Wasser (z.B. Standort Hiddensee mit einem Salzgehalt (Salinität) von 8 ‰) eine zu Aufgabe 8 vergleichbare Tabelle! (Wir gehen vereinfacht davon aus, dass sich die Verhältnisse zwischen den Ionen nicht verändert haben!)

Angaben der Löslichkeit meist in g [Stoff] / 100 g [Wasser]

häufig werden die stofflichen Angaben in den eckigen Klammern weggelassen

also schreibt man nur $L_{\text{Stoff}} = x \text{ g} / 100 \text{ g}$

exakt handelt es sich um einen Massenanteil (Formelzeichen: w), der auch in % (exakt: m% (Masse-Prozent)) ausgedrückt werden kann

bei vielen praktisch erstellten Lösungen (hauptsächlich Flüssigkeit in Wasser) ist eine Messung als Volumen wesentlich einfacher als die sonst notwendige Wägung in kg oder g. Deshalb gibt es auch die Angabe in V% (Volumen-Prozent) für den Volumenanteil besonders häufig z.B. bei alkoholischen Getränken zu finden

Umschreibung der Löslichkeit (lt. Europ. Arzneibuch)	(notw.) Volumen pro g Substanz [ml [H ₂ O] / g [S]]	Masse pro Volumen [g [S] / l [H ₂ O]]	
sehr leicht löslich	< 1	> 1'000	
leicht löslich	1 – 10	100 – 1'000	
löslich	10 – 30	33 – 100	
wenig löslich	30 – 100	10 – 33	
schwer löslich	100 – 1'000	1 – 10	
sehr schwer löslich	1'000 – 10'000	0,1 – 1	
praktisch unlöslich	> 10'000	< 0,1	

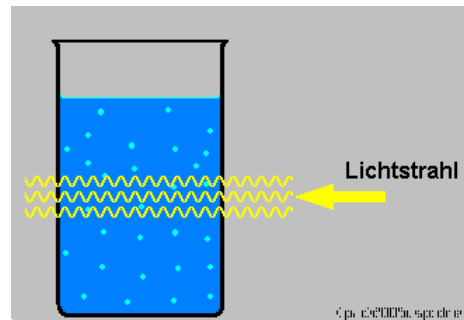
Substanz	Löslichkeit [g / 100g [H ₂ O]]	
Aceton	unbegrenzt mischbar	
Benzen (Benzol)	0,07	
Calciumcarbonat (Kalk)	0,001'5	
Calciumsulfat (Gips)	0,2	
Ethanol (Alkohol)	unbegrenzt mischbar	
Kaliumnitrat	31,7	
Kohlenstoffdioxid-Gas	0,17	
Kupfersulfid	0,000'033	
Natriumcarbonat (Soda)	21,7	
Natriumchlorid (Kochsalz)	35,9	
Saccharose (Rohrzucker)	203,9	
Sauerstoff-Gas	0,004'3	

bestimmte Stoffe werden nur scheinbar gelöst, sie schwimmen praktisch entweder als grössere Partikel-Pakete (z.B. Gold, ...) oder in Form grosser Moleküle (z.B. Stärke, Eiweiße (z.B. Albumine), ...) im Wasserkörper, fast so wie kleine U-Boote

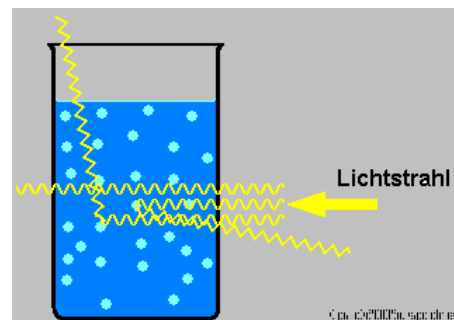
relativ ähnliche Dichte, wie Wasser
werden durch die Wassermoleküle hin- und her bewegt / gestoßen

unechte Lösungen → kolloidale Lösungen

ist die "Lösung" dicker, dann sprechen wir auch von Emulsionen (z.B. Milch (Fett-in-Wasser-Emulsion))



zeigen THYNDALL-Effekt



Aufgaben:

1.

2. *Gibt es auch Wasser-in-Fett-Emulsionen? Recherchiere!*

für das gehobene Anspruchsniveau:

x. Das unpolare Gas Methan löst sich entgegen der Regel sehr gut in Wasser. Wie kann das gehen? Recherchiere den Sachverhalt und erkläre ihn anhand von Skizzen!

Abhängigkeit der Löslichkeit von der Temperatur

Löslichkeit in g / 100 g [H₂O]

Temp. [°C]	NaCl	KCl		KNO ₃		K ₂ SO ₄	CuSO ₄	Na ₃ PO ₄
0	35,5	28,1		13,2			14,3	1,5
10	35,7	31,3		21,5			17,4	4,1
20	35,8	34,3		31,5			20,7	11,0
30	36,1	37,3		45,5			25,0	20,0
40	36,4	40,3		63,9			28,5	31,0
50	36,7	43,1		85,7			33,3	43,0
60	37,0	45,6		108,9			40,0	55,0
70	37,5	48,3		138,0			47,2	67,5
80	38,5	51,0		168,0			55,0	81,0
90	38,7	53,4		202,0			64,7	94,0
100	39,2	56,2		245,2			75,4	108,0

Aufgaben:

1. *Erstelle für drei selbst gewählte Salze ein exaktes Diagramm (auf Millimeter-Papier) über die Temperatur-Abhängigkeit der Löslichkeit in Wasser!*
2. *Welches Salz hat die größte Veränderlichkeit in der Löslichkeit im Bereich von 0 bis 100 °C? Begründe Deine Auswahl!*
- 3.

Herstellen einer Kälte-Mischung

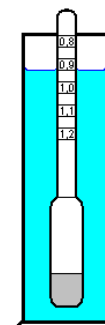
Materialien / Geräte:

Crash-Eis oder Eis-Würfel, Kochsalz, Thermometer (mit Anzeige negativer CELCIUS-Temperaturen)

Durchführung / Ablauf:

- Eis in eine Schale geben und antauen lassen
- Temperatur messen
- nun mit reichlich Kochsalz bestreuen und gut umrühren
- Temperatur messen

Abhängigkeit der Dichte einer Lösung von der Menge des gelösten Stoffes



Quelle: Wikipedia, spezial

Dichte der Lösung in g / cm³ bzw. g / ml oder kg / dm³ bzw. kg / l

m%	NaCl (Kochsalz) in Wasser					
5	1,0359					
10	1,0726					
15	1,1105					
20	1,1498					
25	1,1991					
30						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
95						
99						

Dichte der Lösung in g / cm³ bzw. g / ml oder kg / dm³ bzw. kg / l

V%						
5						
10						
15						
20						
25						
30						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
95						
99						

Dichte der Lösung in g / cm³ bzw. g / ml oder kg / dm³ bzw. kg / l

?%	Ethanol in Wasser					
5						
10	0,9837					
15						
20	0,9702					
25						
30	0,9556					
40	0,9371					
50	0,9147					
60						
70						
80						
90						
95						
99						

interessante Links:

<http://wissen.science-and-fun.de/tabellen-zur-chemie/loslichkeit-anorganischer-verbindungen-2/>
(diverse Löslichkeits- und Lösungs-Dichte-Daten)

Aufgaben:

x.4. Wasser als chemischer Stoff

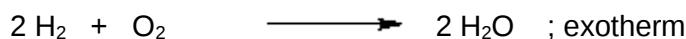
Wasser ist so allgegenwärtig, dass wir es gar nicht so als chemischen Stoff wahrnehmen. Interessanterweise sind viele chemische Reaktionen in unserem Körper Wasser-bildend oder Wasser-verbrauchend. Schon unsere Ernährung wäre nicht möglich, wenn nicht die Nährstoffe (Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße) durch Hydolyse (Zerlegung / Auflösung mit Wasser) in ihre Bausteine zerlegt werden würden. Nur diese Bausteine (Einfachzucker, Glycerol, Fettsäuren, Aminosäuren) können im Darm aufgenommen (resorbiert) werden.

x.4.1. Darstellung von Wasser

Stoffe lassen sich i.A. aus ihren Elementen synthetisieren. Das geht auch für Wasser. Dazu verbrennt man Wasserstoff in oder mit Sauerstoff oder auch nur an der Luft.



Als chemische Gleichung wird das dann so ausgedrückt:

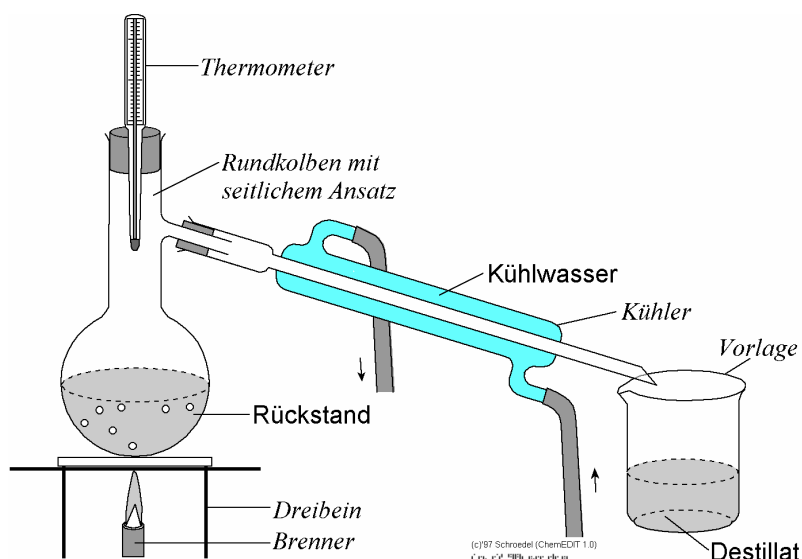


Will man auf diese Weise nur 1 Liter Wasser herstellen, dann benötigt man rund 1,25 m³ Sauerstoff und 2,5 m³ Wasserstoff. Selbst, wenn man davon ausgeht, dass beide Gase vielleicht noch recht günstig zu bekommen sind, wird die Wasser-Herstellung so ein recht teures Geschäft.

Da praktisch (Trink-)Wasser in großen Mengen vorhanden ist, stellen sich Chemiker lieber daraus besonders reines Wasser durch Destillation oder Demineralisierung her.

Bei der Destillation wird z.B. unreines oder normales Leitungs-Wasser zum Sieden gebracht. Der gebildete Wasser-Dampf kondensiert in Kühlern und übrig bleibt sehr reines Wasser als Destillat.

Es wird **aqua destillata** (kurz: **aqua dest.**) genannt und gehört in analytischen Labors zur Grundausstattung. Schließlich will man ja die Inhalte der angelieferten Proben erkunden, und nicht die gelösten Stoffe im Labor-Wasser.



Leitungs- oder Quell-Wasser ist eigentlich schon sehr rein. Meist stören dann nur bestimmte gelöste Ionen. Da das Destillieren sehr teuer (Energie-aufwendig) ist, nutzt man heute eine andere Technik Diese nennt sich Demineralisieren. Das bedeutet, dass die Mineralien – also die gelösten Ionen – entfernt werden. Manchmal spricht man auch von Vollentsalzung (Abk.: VE). Das so gereinigte Wasser wird als demineralisiertes oder deionisiertes oder VE-Wasser bezeichnet.

Bestimmte Mineralwasser (Selters, ...) werden mineralisiert, d.h. ihnen werden bestimmte Mineralien zugefügt, um Geschmack und andere Eigenschaft zu verbessern.

Vielleicht kennt der eine oder andere Ionen-Austauscher von zu Hause. Bekannt sind die Wasser-Filter von Britta® oder anderen Herstellern.

Viele Menschen filtern ihr Trinkwasser noch einmal zusätzlich zu Hause. Besonders bei Tee- und Kaffee-Trinkern ist diese nachträgliche Wasser-Filterung sehr beliebt. Das Wasser ist weicher und soll angenehmer schmecken.

Eigentlich handelt es sich nicht um ein Filtern, sondern um Ionen-Austausch-Reaktionen.

In den Filter-Patronen bzw. den großtechnischen Reaktoren sind Aluminium- und Silicium-Oxid-Kristalle (Aluminiumsilikate) verbaut. Die Kristalle bilden Käfig-artige Strukturen. In den verschiedenen großen Poren können sich besonders gut Ionen einlagern. Sie werden praktisch darin gefangen gehalten. Die verschiedenen Ionen setzen sich in den microporösen Strukturen fest. Die Fachbezeichnung für die Einlagerung heißt **Adsorption**.

Die Aluminiumsilikate werden in gekörnter Form unter dem Namen Zeolith verkauft.

Viele Zeolithe sind besonders rein und enthalten gebundene Wasserstoff- und Hydroxid-Ionen. Diese werden gegen die Fremd-Ionen ausgetauscht. Daher der Name Ionen-Austauscher.

Die Wasserfilter können aber auch schnell gefährlich werden. Benutzt man die Filter-Patronen zu lange (- und da sie nicht ganz billig sind, passiert dieses sehr schnell -), dann können sich auch Bakterien in und an den Zeolithen anhaften. Die Bakterien lieben die idealen Bedingungen: reines und mineral-haltiges Wasser. Bei den Lebensvorgängen oder beim Absterben werden aber viele Giftstoffe freigesetzt, die dem Menschen sehr gefährlich werden können.

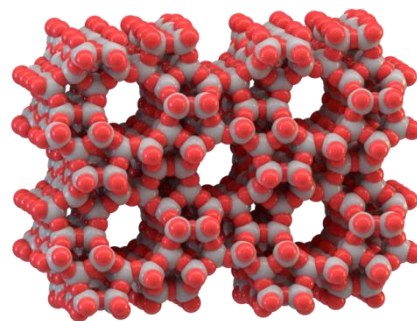
Ist das Zeolith verbraucht, muss es ausgetauscht oder gereinigt und regeneriert werden. Dazu werden starke Säuren und / oder Basen benutzt. Sie laden die Zeolith-Kristalle wieder mit Wasserstoff- oder Hydroxid-Ionen auf und lösen die gefangen gehaltenen Fremd-Ionen heraus.

Neben reinen Zeolithen werden auch Aktivkohle-Filter oder Mischungen eingesetzt.

Aktivkohle eignet sich besonders für die "Herausfilterung" von organischen Stoffen. Die Aktivkohle nimmt diese Stoffe an seine großen Oberfläche auf und bindet sie hieran. Wir nennen diesen Vorgang **Adsorption** (Anlagerung).



Kannen-Filter zur
Trinkwasser-Nachbereitung
Q: de.wikipedia.org (Smial)



Ausschnitt aus einem Zeolith-Kristall
Q: de.wikipedia.org (Thomas Splettstoesser
(www.scistyle.com))

Aufgaben:

1. Definiere Adsorption und Absorption!

2. Zeolithe haben eine begrenzte Lebensdauer. Erkläre dieses Phänomen!

x.

für die gehobene Anspruchsebene:

x. Was ist eigentlich schweres Wasser? Wie wird es hergestellt? Wofür braucht man es?

x.4.2. Wasser als Reaktions-Produkt

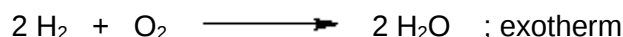
Auch bei anderen Reaktionen fällt Wasser als Reaktions-Produkt an. In den meisten Fällen lässt es sich aber nicht so einfach abtrennen, damit man es als chemischen Stoff verwenden könnte.

Oft ist die Entstehung von Wasser gar nicht zu beobachten. Beim autogenen Schweißen oder Schneiden von Stahl wird die Brennerflamme durch die Verbrennung von Wasserstoff mit reinem Sauerstoff erzeugt. Die Flamme erreicht Temperaturen bis zu 4000 °C. Da schmilzt dann auch der Stahl und das gebildete Wasser als Reaktions-Produkt verdampft sofort.



Handbrenner

Q: de.wikipedia.org (Jonas Boni
(flickr.com (Chalumeau)))



Wasserstoff und Sauerstoff bilden ein sogenanntes Knallgas. Fast alle Gemische aus diesen Gasen explodieren bei Zündung. Dafür reicht z.B. schon ein kleiner elektrischer Funke. Als Begleiterscheinung ist fast immer ein kurzes, scharfes Knallen zu hören. Das gab dem Gasgemisch auch seinen Namen.

(Es gibt auch Knallgase, die andere miteinander reagierende Stoffe enthalten. Man spricht im Zweifelsfall besser von einem Wasserstoff-Sauerstoff-Knallgas.)

Wird reiner Wasserstoff an der Luft verbrannt, dann fällt die Reaktion weniger heftig aus. Der Wasserstoff brennt dann in einer bläulichen Flamme ab.

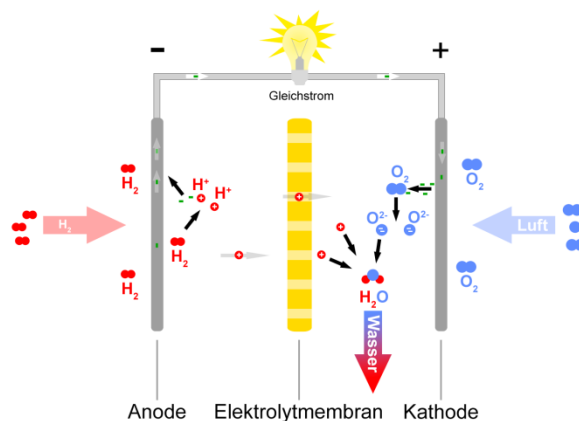
Aufgaben:

1. In welchem Volumen- oder Stoffmengen-Verhältnis ist das beste Knallgas zu erwarten? Erklären Sie genau!

⌘.

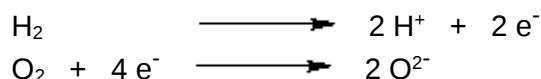
In den letzten Jahren nimmt das Interesse an der Reaktion zwischen Wasserstoff und Sauerstoff wieder zu. Man möchte diese Reaktion zur direkten Erzeugung von Strom nutzen. Man nennt diese Art Batterie Brennstoffzelle. Wasserstoff und Sauerstoff werden durch bestimmte technische Tricks an Elektroden gezwungen, Elektronen abzugeben (Wasserstoff) und aufzunehmen ((Luft-)Sauerstoff).

Die wandernden Elektronen bilden dann den nutzbaren elektrischen Strom zwischen den Elektroden.



Prinzip einer H₂-O₂-Brennstoffzelle

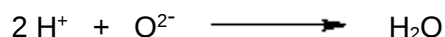
Q: de.wikipedia.org (Christoph Lingg)



Anoden-Reaktion

Kathoden-Reaktion

Die gebildeten Ionen ziehen sich an und treffen sich in der Lösung. Dabei entsteht Wasser:



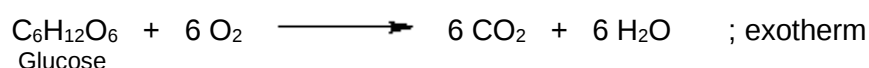
Das Reaktions-Produkt Wasser ist völlig unbedenklich und kann in die Umwelt abgegeben werden.

Aufgaben:

1. Ich habe mich schon immer gefragt (-), ob die Reaktionen in einer Brennstoffzelle eigentlich (insgesamt) endo- oder exotherm ist? Welche Meinung hast Du dazu? Begründe Deine Meinung!

x.

In der Biologie spielt vor allem die Zell-interne "Verbrennung" von Glucose (Traubenzucker) eine Rolle:



Das gebildete Wasser wird praktisch über die Atmung (Wasser-Dampf) bzw. den Urin abgegeben.

Alle brennbaren organischen Stoffe vom Methan bis zum hochkomplizierten Medikament verbrennen zu Wasser und je nach Sauerstoffangebot zu Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid. In den Zellen hängt die Abbaubarkeit von speziellen Stoffen – den Enzymen – ab. Wenn der Stoff in den Zellen mit Sauerstoff abbaubar ist, dann entsteht letztendlich immer Kohlendioxid und Wasser.

x.4.3. Wasser als Ausgangsstoff

Nachdem wir Wasser synthetisiert haben, stellt sich für den Chemiker auch gleich die Frage: Lässt sich Wasser analysieren – also zersetzen? Ja, das geht.

Zum Einen kann man Wasser-Dampf sehr hoch erhitzen. Wie andere Stoffe auch zerfallen die Wasser-Moleküle dann und bilden die Element-Verbindungen Wasserstoff und Sauerstoff.

Aufgaben:

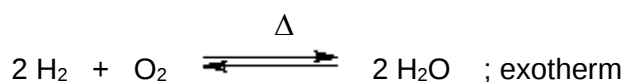
1. Stelle die Wort- und Reaktions-Gleichung für die termische Zersetzung von Wasser auf! Als Zeichen für das Erhitzen setzt man ein Dreieck auf den Reaktions-Pfeil. Überlege, ob es sich um eine endotherme oder exotherme Reaktion handelt und begründe Deine Meinung!

x.

Die termische Zersetzung ist nicht sehr effektiv, weil sich auch gleich wieder der Wasserstoff mit dem Sauerstoff zu Wasser zurück verbindet.

Chemiker nennen das eine umkehrbare chemische Reaktion. Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass alle Stoffe in einem bestimmten Verhältnis während der Reaktion vorliegen.

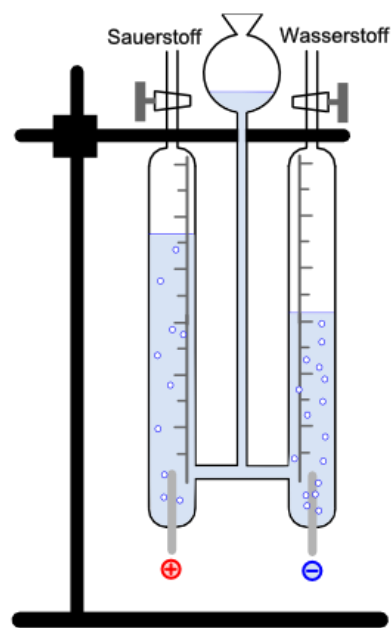
Es handelt sich dann um ein chemisches Gleichgewicht. Dafür nutzen die Chemiker in ihrer Zeichensprache den Doppelpfeil.



Bei den umkehrbaren Reaktionen wird immer nur für die Hinreaktion die Energie-Veränderung notiert! Mittels elektrischen Strom lässt sich Wasser ebenfalls in seine Elemente zerlegen. Die klassische Apperatur ist der HOFMANNsche Wasser-Zersetzer (1866). An Platin-Elektroden zerfällt das Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff. In den – über den Elektroden angeordneten – seitlichen Röhren werden die gebildeten Gase gleich aufgefangen. Meist sind auch Skalen vorhanden, die ein Ermitteln der Gas-Volumen leicht machen.

In die Apperatur gibt man entweder leicht angesäuertes oder leicht basisches Wasser. Das dient nur dazu die Leitfähigkeit des Wassers zu verbessern. Benutzt man reines Wasser, muss mit einer höheren Spannung gearbeitet werden, da Wasser ja bekannterweise ein schlechter elektrischer leiter ist. Nur so wird der notwendige Stromfluss erreicht (→ OHMSches Gesetz).

Mit dem HOFMANNschen Zersetzungs-Apparat können auch andere Lösungen einer Elektrolyse unterzogen werden. Nicht immer bilden sich dann Gase in den Röhren.



Wasser-Zersetzer
nach HOFMANN

Aufgaben:

1. Ein Experimentator benutzt statt der üblichen Gleichspannung Wechselspannung für die Wasser-Zersetzung. Mit welchen Beobachtungen muss der Experimentator rechnen? Welche Gefahren-Hinweise sollte man ihm geben?

x.4.4. Wasser-Nachweis

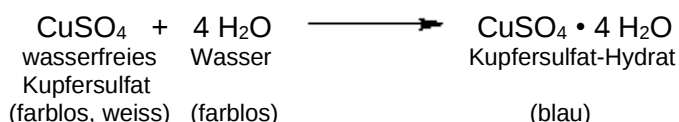
Als Nachweis-Mittel nutzt man die Eigenschaft einiger Salze, dass sie farbig sind. Diese Farbigkeit tritt häufig nur dann auf, wenn im Salz-Kristall Wasser mit eingelagert ist. Solche Salze werden auch Hydrate genannt.

Besonders gut eignen sich Kupfersulfat und Cobaltchlorid als Nachweismittel für Wasser.

Nachweis von Wasser:

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Probe	wasserfreies Kupfersulfat (farblos, weiss)		Blau-Färbung	Wasser vorhanden
			anders	wahrscheinlich kein Wasser vorhanden

Die Reaktions-Gleichung für den Nachweis sieht so aus:



Früher wurde Cobaltchlorid als Geheimtinte benutzt. In seiner wässrigen Lösung ist es rosa-farrend. Nach dem Schreiben auf Papier ist kaum etwas von der Farbe zu erkennen. Trocknet man allerdings das Papier, z.B. durch Erhitzen über einer Kerze, dann bildet sich das wasserfreie Salz. Dessen blaue Farbe ist gut zu erkennen. In feuchter Luft gelagert verliert die Geheimschrift bald wieder ihre Farbe.

Nachweis von Wasser:

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Probe	wasserfreies Cobaltchlorid(-Papier) ((hell-)blau)		Rosa- bis Violett-Färbung	Wasser vorhanden
			anders	wahrscheinlich kein Wasser vorhanden

Dieser Nachweis basiert auf der folgenden chemische Reaktion:



Wasserfreies Cobaltchlorid lässt sich auch gut auf bzw. in das Papier übertragen. Test-Streifen auf Wasser bestehen aus solchen Papieren mit wasserfreiem Cobaltchlorid.

Die Papiere und auch das Salz kann man wieder regenerieren, indem man es bei 35 °C trocknet, bis es vollständig die blaue Farbe angenommen hat.

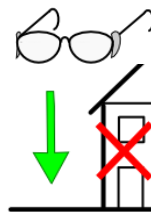
Cobaltchlorid wird als Farbstoff auch im Kiesel-Gel der Trocknungs-Tütchen in den Verpackungen von empfindlicher Elektronik (z.B. Handy's etc.) verwendet. Kiesel-Gel zieht die Luftfeuchtigkeit an und der Packungs-Inhalt ist so vor Kondenswasser geschützt. Auch diese Tütchen sind durch Trocknung – z.B. im Backofen (bei höchsten 50 °C) regenerierbar.

Da Cobaltchlorid als ev. krebserregend und fruchtschädigend gilt, darf das Trocknungs-Gel nicht verschluckt werden oder in die Hände von Kleinkindern gelangen.

Feuer durch Wasser (?,!)

Materialien / Geräte:

Ammoniumchlorid (, , getrocknetes (!) Ammoniumnitrat (, ,
Zink-Staub (frisch) (, ); Wasser (Pipetten-Flasche) od. Eis-Würfel; Keramik- od. Metall-Platte zum Unterlegen (!); Becherglas (100 ml)



Durchführung / Ablauf:

- ev. vorher das Ammoniumnitrat im Exsikator (mit konzentrierter Schwefelsäure oder Phosphorpentoxid trocknen)
- je 1 Esslöffel Ammoniumchlorid und Ammoniumnitrat im Becherglas mischen
- Mischung auf Unterlage aufhäufeln
- ½ Esslöffel Zink-Staub vorsichtig untermischen (auf Selbstzündung achten!)
- Eis-Würfel auf Gemisch legen oder wenige Tropfen Wasser auf Gemisch geben; SOFORT entfernen !

x.5. Bedeutung des Wassers für den Menschen

In unserem Land ist sauberes Wasser i.A. eine Selbstverständlichkeit. Leider ist das nicht überall auf der Erde so. Wenn man genauer hinschaut ist Wasser sogar – international gesehen – eher eine Mangelware. Was in den Industrie-Nationen normal ist, ist für Entwicklungsländer ein großes Problem – die Versorgung der Bevölkerung, Landwirtschaft und Industrie mit sauberem Wasser.

Eigentlich sollte Wasser auf dem blauen Planet kein Problem sein, schließlich heißt er ja so, weil über 70 % seiner Oberfläche mit Wasser bedeckt ist. Nur ist das meiste Wasser eben Salzwasser. Dieses ist für die Nutzung als Trinkwasser oder als Nutzwasser für Landwirtschaft und Industrie nicht nutzbar. Es wird Süßwasser gebraucht. Nur rund 1% der Wassermassen auf der Erdoberfläche sind Süßwasser. Aber auch dieses ist nicht vollständig nutzbar. Von diesen 1 % sind wiederum nur 1 % als Trinkwasser nutzbar.

Das meiste Süßwasser ist in Gletschern oder den polaren Eispansern gebunden.

Süßwasser ist also eine der wirklich bedeutsamen Ressourcen.

Für das Leben und die Lebensvorgänge ist Wasser eine zentrale und unbedingt notwendige Voraussetzung. Irdisches Leben – so wie wir es kennen – ist ohne Wasser nicht möglich.

biologische Bedeutung des Wasser

- **Lösungsmittel** löst Nährstoffe, einige Vitamine und Mineralstoffe z.B. im Blut im Zellplasma sind vor allem Proteine gelöst, nur in diesem (beweglichen) Zustand können sie ihre Funktionen erfüllen (z.B. Enzyme)
- **Energie-Überträger** die Temperatur ist ein Ausdruck der Intensität der Teilchenbewegungen und der Zusammenstöße mit der Gefäßwandung oder irgendwelchen anderen Objekten
viele große Moleküle werden in den Zellen nur deshalb bewegt, weil Wasser-Moleküle sie anstoßen, sie werden so in bestimmte Richtungen (entsprechend der Strömung) getrieben
als Kühlmittel bei der Transpiration oder der einfachen Verdunstung auf der Oberfläche
- **Reaktionsmittel** Ausgangsstoff (z.B. für Zerlegungs-Vorgänge bei Vielfachzuckern (auch Polysaccharide genannt (z.B. Stärke))
Reaktionsprodukt (z.B. bei der Bildung von Vielfachzuckern, Fetten und Eiweißen)
- **Strukturgeber
(Aufrechterhaltung
des Zellinnendrucks)** tierische Zellen haben keine Zellwände oder ähnliche stabilisierende Teile
der Wasser-Gehalt lässt die Zellen prall oder weich sein
für Bewegungen sind feste (gut mit Wasser gefüllte) Zellen notwendig
- **Transportmittel** mit Körperflüssigkeiten, die meist auf Wasser basieren (z.B. Blut) werden die Stoffe oder deren Transportmittel (z.B. Rote Blutkörperchen) im ganzen Körper verteilt
weiterhin wird Wärme (Abwärme der Stoffwechsel-Vorgänge aus dem Körperinneren nach außen zur Haut transportiert
- **Lebensraum** die Meere (aber auch die Seen und Flüsse) sind Lebensräume für unzählige Arten (man denke nur an die Korallenriffe)

Um die Wasser-Ressourcen optimal zu nutzen haben viele Länder ausgeklügelte Systeme zur Mehrfach-Nutzung von Wasser entwickelt. Dabei wird Süßwasser aus irgendwelchen Quellen (z.B. Flüsse, Seen, Quellen, Grundwasser, ...) so aufgearbeitet, dass es Trinkwasser-Qualität hat. Die Vielzahl der verfahren und Möglichkeiten fassen wir im Bereich Trinkwasser-Aufbereitung zusammen (→).

Gebrauchtes Wasser wird zuerst einmal gereinigt und entweder wieder in die Natur zurückgeleitet oder wieder aufbereitet. Die hier benutzten Verfahren gehören zur Abwasser-Reinigung (→).

interessante Links:

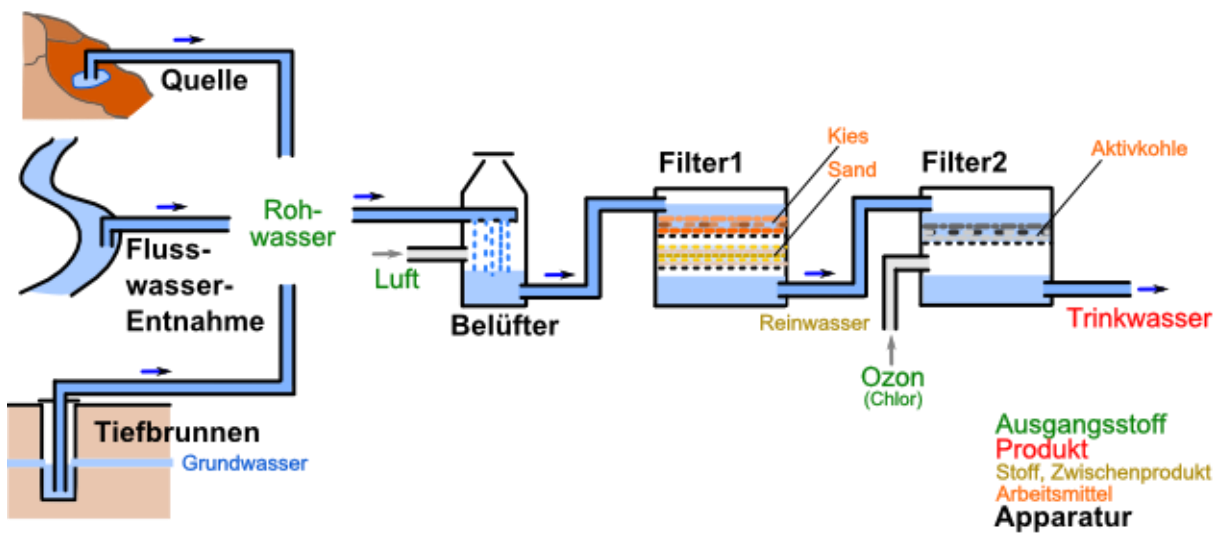
http://medien.wdr.de/m/1340724413/quarks/wdr_fernsehen_quarks_und_co_20120626.mp4

(WDR-Mediathek Quarks & Co: Lebensquelle Wasser)

x.5.1. Wasser-Aufbereitung für die Haushalte und die Industrie

Nur selten kann das aus der Natur entnommene Wasser sofort und unbehandelt genutzt werden. Nur Quellen bieten eine entsprechende Qualität.

x.5.1.1. Trinkwasser-Aufbereitung



x.5.2. Abwasser-Reinigung

Wir werden hier die Abwasser-Reinigung am Beispiel der zentralen Rostocker Klär-Anlage (EUROWASSER Aufbereitungs- und Entsorgungs GmbH) vorstellen. Sie gehört zu den modernsten Anlagen in Europa und kann im Wesentlichen auch als Ablauf-Vorbild für andere Anlagen dienen. Viele Kommunen mussten und in der letzten Zeit ihre Anlagen deutlich aufgerüstet und verbessert.

Das Abwasser kommt per Sammel-Leitung aus den Stadtgebieten und anderen Abwasser-Produzenten. Die Entleerung privater Kläranlagen erfolgt per Tankwagen. Diese liefern das Schmutzwasser in der zentralen Kläranlage an.

Als erstes wird eine mechanische Reinigung vorgenommen. Dabei werden vor allem die Dinge entfernt, die eigentlich gar nicht im Abwasser sein dürften. Von Knöpfen, Bierdeckeln, Damen-Hygiene-Materialien bis zur Zahnbürste oder dem Plaste-Gestell für den Toiletten-Reinigungs-Stein ist alles dabei.

Das Abwasser wird dabei über Siebe unterschiedlicher Lochung (Rechen genannt) von den größeren festen Bestandteilen befreit. Das übrig bleibende Schmutzwasser verdient seinen Namen. Es sieht dunkelgrau und trüb aus.



mechanische Filter-Anlage



abgetrennte Festbestandteile

In großen Becken erfolgt nun eine weitere physikalische Abtrennung von Sand und Fett. Dazu verweilt das Wasser relativ lange in den Becken. Die Sand-Partikel können sich bei einer relativ geringen Fließ-Geschwindigkeit absetzen. Das Fett setzt sich an der Oberfläche ab und verbindet sich zu einem beigen Wasser-Fett-Gemisch, dass über einen speziellen Abfluss von der Oberfläche entfernt wird.

Das vorgereinigte Abwasser enthält jetzt nur noch Verunreinigungen im gelöstem Zustand bzw. als Schwebstoffe.



Vorklärung (Fett- und Sand-Abscheider)

Nun geht es in die biologische Reinigung. Neben Mineralien sind es vor allem die Unmengen organische Abfälle aus der Toilette, die im vorbehandelten Abwasser noch gelöst sind.

Für Mikroorganismen ist das die ideale Lebensgrundlage. Was sie noch brauchen ist Sauerstoff. Dieses wird über Turbo-Pumpen in Form von Luft in die Becken gepresst, Riesige Schrauben rühren die Brühe ständig um. Die Bakterien betreiben unter diesen idealen Bedingungen für sie intensiven Stoffwechsel. Organische Stoffe werden zerlegt und zu anorganischen umgewandelt.

Die Bakterien nutzen auch die vielen verschiedenen Nährstoffe (für sie), um für sich die notwendige Energie (ATP-Energie) für ihrer Lebensvorgänge zu erzielen. Innerhalb weniger Stunden vermehren sich die Bakterien mehrfach durch Spaltung.

Am Ende werden die Bakterien wieder von anderen Mikroorganismen gefressen oder zerlegt.

Übrig bleiben vor allem anorganische Stoffe (H_2S , NH_3 , NO_x), die immer noch im Wasser gelöst sind.

In großen Becken erfolgt nun wieder eine physikalische Reinigung.



1. Biologische Behandlungsstufe

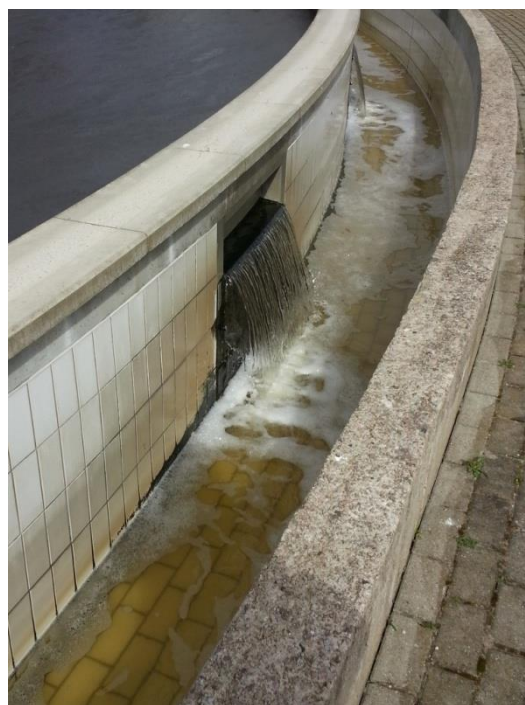


Belebungs-Becken



Nachklärung (Absetzbecken für Klärschlamm)

Die noch lebenden Bakterien und Mikroorganismen und die Reste abgestorbener Mikroorganismen sammeln sich auf dem Grund der Becken als Schlamm. Durch den trichterförmigen Bau der Becken wird der Schlamm im Zentrum gesammelt und dann abgeleitet.



vorgereinigtes Wasser aus der Nachklärung

Das abfließende Wasser ist schon recht "sauber". Bei meiner Besichtigungs-Tour in der Rostocker Kläranlage fühlten sich im Nachklär-Becken mehrere Stockenten scheinbar sehr wohl. Und das, obwohl die Oberfläche mit einem recht schmutzigen Schaum bedeckt war. Dieser wird ebenfalls getrennt und weiter behandelt.

In einer weiteren Reinigungsstufe, die sowohl biologische, chemische als auch physikalische Reinigungs-Prinzipien ausnutzt, wird das aufbereitete Wasser noch weiter von gelösten Stoffen befreit.

Dazu gehören vor allem die Stickstoff- und Phosphor-Verbindungen.

Vor dem Eintritt in die BIOFOR-Anlage wird das Klär-Wasser eventuell nochmals über Feinrechen von größeren Schwebeteilchen befreit. Durch eine sogenannte Koagulation werden in einem nachfolgenden Becken verschiedene Mineralien entfernt. Dazu setzt man ein Fällmittel ein, dass sich mit diesen Mineralien verbindet und große, leicht abzufilternde Flocken bzw. Niederschläge bildet.

Im Nitrifikations-Bereich wird nun durch Bakterien vor allem Ammoniak (als Ammonium-Ion gelöst) in Stickstoff oder Nitrat umgewandelt.

Der nachfolgende Denitrifikations-Bereich wandelt dann Nitrat in Stickstoff um. Die Arbeit in beiden Bereichen übernehmen immer spezielle Bakterien.

Damit diese nicht in bedenklichen Mengen im gereinigten Wasser verbleiben werden sie mit Methanol abgetötet und dann abfiltriert.

Das Wasser ist am Ende dieser Reinigungs-Stufe so sauber, dass es in den umliegenden Fluß (hier die Warnow) gepumpt werden kann.

Ein Teil des Wassers wird für Spül- und Reinigungs-Läufe betriebsintern genutzt und dann wieder in die Abwasser-Reinigung eingespeist.

Der Schlamm aus den Absetz-Becken und der biologischen Nachreinigung werden gesammelt und nach einer Entwässerung (Schlamm-Eindickung) in riesige Faultürme verbracht.

In den Faultürmen verarbeiten Methan-Bakterien den Schlamm. Wie der Name es schon andeutet produzieren sie als Abfall-Produkt Methan. Methan-Bakterien können nur unter Luft-Abschluss leben. Sie sind Anaerobier.



Koagulation und 2. biologische Behandlungsstufe (Nitrifikation)



2. biologische Behandlungsstufe (Denitrifikation)



Schlamm-Eindickung (Entwässerung)

Das Biogas (hauptsächlich Methan) wird aufgefangen und in großen Druck-Behältern gesammelt.



Biogas-Reaktor



Zwischenspeicher (Druckbehälter) für Biogas

Das Methan ist ein sehr guter Brennstoff, der im Klärwerk zur Energie- und Wärme-Gewinnung genutzt wird. Das Methan wird als Antriebsmittel für spezielle Verbrennungsmotoren oder Gasturbinen genutzt. Sie sind mit Generatoren gekoppelt, die Strom erzeugen.

Die Abwärme wird für verschiedene Heiz-Zwecke und die Warmwasser-Bereitung genutzt. Eine Verbrennungs-Anlage, die gleichzeitig Strom und Wärme produziert, wird Block(heiz)-Kraftwerk genannt. Die gekoppelten Strom- und Wärme-Produktionsanlagen erreichen sehr hohe Ausnutzungen (25 – 35 %) der Energie des Ausgangsstoffes. Als Abfallprodukte entstehen relativ unbedenkliche Stoffe:



Die Verbrennung ist – wie jede Oxidation – exotherm.

Im Falle des Rostocker Klärwerkes wird rund 70% des Firmen-Energiebedarfs über das Blockheiz-Kraftwerk gewonnen.

Nach den Faul-Prozessen bleibt nur noch unbrauchbarer Schlamm übrig. Dieser kann teilweise kompostiert werden oder wird in Müllverbrennungs-Anlagen entsorgt.

Der Großteil der Abwasser-Reinigung erfolgt automatisch und praktisch von alleine. Natürlich werden alle Vorgänge von einer Leitwarte aus kontrolliert und gesteuert.

Z.B. kann durch die Beeinflussung von Zu- und / oder Abfluss die Verweilzeit des Abwassers in den einzelnen Stufen reaguliert werden.



Blockheizkraftwerk



Klärschlamm-Sammlung für die Entsorgung

Ist das Wasser stärker verschmutzt, lässt man es länger in der jeweiligen Stufe. Dazu könnte z.B. der Ablauf reduziert werden.

Die meisten Anlagen sind mindestens doppelt vorhanden. Fällt einmal eine Anlage aus, oder muss sie gereinigt werden, dann muss eine Reserve-Anlage die ganze Arbeit übernehmen.

Praktisch haben wir es mit einem kontinuierlichen Verfahren zu tun. Der Durchlauf des Abwassers bis zum gereinigten Wasser dauert rund 3 Wochen.

Link:

<http://www.eurawasser-nord.de/geschaeftskunden/abwasser/wissenswertes/klaieranlage-rostock/>

Wasserstoff

- **Verwendung und Bedeutung**
- **Darstellung**

SE: Darstellen mit pneumatischem Auffangen

- **Eigenschaften**
- **Nachweis**

SE: Knallgasprobe

- **Bau**
 - **Molekül**
 - **Atombindung als chemische Bindung**
 - **Formel**
 - **Formel in Elektronenschreibweise**

x. Wasserstoff

x.1. Allgemeines

Der Name Wasserstoff – bei den Alchemisten noch Hydrogenium genannt – bedeutet soviel wie "Wasser-Bildner". Vom lateinischen Namen leitet sich auch das Symbol H ab.

Im Weltall ist Wasserstoff das häufigste Element (77 m% (m% .. Masse-Prozent; prozentuale Masse)). Insgesamt wird aber ein noch größerer Anteil vermutet. In unserem Sternen-System kommt es am häufigsten vor. Der Anteil wird mit rund 93 m% angegeben. Wasserstoff ist in der Erde mit einem Gesamt-Masseanteil von 0,15 % nicht unter den zehn häufigsten Elementen.

In der Atmosphäre der Erde kommt es gerade mal mit einem Anteil von 0,000'05 % vor. Das ist also zu vernachlässigen.

Allerdings kommt Wasserstoff auf der Erde fast gar nicht elementar vor, sondern fast ausschließlich gebunden. Das Wasser ist dabei die häufigste Verbindung. Weit abgeschlagen folgen die organischen Verbindungen. Zu diesen gehören Erdöl, Erdgas, Kohlenhydrate, fette, Eiweiße usw. usf.

In unserem Körper ist es aber wieder das häufigste Element, wenn man von der reinen Atom-Anzahl (Stoffmenge) ausgeht. Masse-mäßig ist es das dritthäufigste. Diese hohen Anteile resultieren vorrangig aus dem vielen Wasser, das unserem Körper ausmacht.

1, la	
1	1,01
2,1	H
Wasserstoff	
1	
g	NMe

Aufgaben:

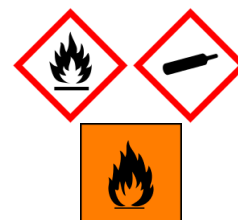
- 1. In der Erdkruste (oberste Erdschicht) kommt Wasserstoff als 9.-häufigstes Element (nach der Masse) vor. Es hat einen Anteil von 1,02 m%. Erkläre, warum das Element häufiger in der Erdkruste vorkommt, als in der ganzen Erde! Ist das nicht unlogisch?**
- 2. Informiere Dich darüber, wie gross der Anteil des Wasser in einem menschlichen Körper ist! Berechne dann, aus wieviel Wasser Du selbst bestehst!**

Im Jahre 1766 entdeckte der englische Wissenschaftler Henry CAVENDISH Wasserstoff, als er mit verschiedenen Metallen und Säuren experimentierte (→ Darstellung von Wasserstoff). Bei hieß der Wasserstoff noch "inflammable air" ("entflammbare Luft"). Den Namen erhielt das Element dann erst 1787 von Antoine Laurent DE LAVOISIER. Von ihm stammt auch der Nachweis von Wasserstoff mittels Knallgas-Probe.

Die heute üblichen Gefahrenzeichen deuten die Brennbarkeit deutlich an.

Wasserstoff ist aus den einfachsten Atomen aufgebaut, die wir kennen. Mit einem Proton im Kern verfügt das Element über die Kernladungs-Zahl (KZ) von 1. In der Atom-Hülle wird ein Elektron beobachtet. Somit ist es auch das kleinste bekannte Atom.

Die Atom-Masse von Wasserstoff wird mit 1,01 u angegeben. Recherchiert man den exakten Wert, dann findet man 1,00795 u. Die Summe der Massen von Proton und Elektron ergibt aber gerade mal 1,00783 u. Ursächlich dafür ist das Phänomen, dass Wasserstoff in drei Isotopen vorkommt. Zum Einen ist das oben beschriebene Protium. Wenn wir von Wasserstoff-Atomen



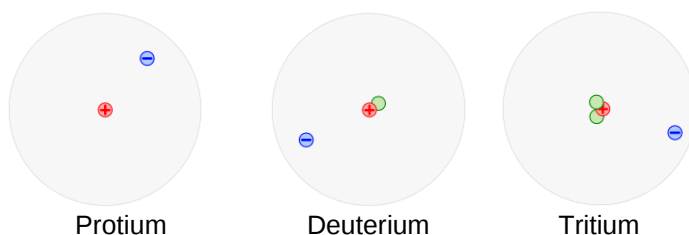
Wasserstoff-Atom

sprechen, dann meinen wir i.A. genau dieses Isotop.

Die Atom-Masse beträgt 1,00783 u. Zum anderen gehört das Deuterium dazu. Hier ist neben dem Proton noch ein Neutron im Kern vorhanden. Damit ergibt sich eine absolute Atom-Masse von 2,01649 u. Als drittes Isotop ist das Tritium bekannt. In seinem Kern befinden sich 2 Neutronen. Folglich ist die Atom-Masse 3,02515 u.

Nun würde man vielleicht auf die Idee kommen, dass der Mittelwert aller drei Atom-Massen doch rund 2,0 u ergeben müsste und dieser Wert dann auch tabelliert sein sollte. Den Durchschnitt der Atom-Masse kann man aber nicht als einfaches arithmetisches Mittel berechnen.

Wir müssen hier beachten, dass die Isotope in ganz bestimmten Mengen-Verhältnissen in der Natur vorkommen.



Element	Nuklid Isotop	Häufigkeit [%]	Masse [u]	(durchschnittliche) Atom-Masse [u]	molare Atom-Masse [g/mol]
Wasserstoff	¹ H	99,9886	1,00783	1,00795 ≈1,01	1,00795 ≈1,01
	² H D	0,0116	2,01649		
	³ H T	10 ⁻¹⁵	3,02515		

Die Berechnung muss als sogenannter harmonischer Mittelwert erfolgen. Dabei werden die Anteile der einzelnen Isotope in der natürlichen Mischung beachtet. Ist ein Isotop häufiger hat es einen größeren Effekt auf den Mittelwert, als ein seltenes Isotop.

$$m_{abs}[H] = \frac{H_1 \cdot m_1 + H_2 \cdot m_2 + H_3 \cdot m_3}{100\%}$$

$$m_{abs}[H] = \frac{99,9886\% \cdot 1,00783 \text{ u} + 0,0116\% \cdot 2,01649 \text{ u} + 10^{-15}\% \cdot 3,02515 \text{ u}}{100\%}$$

$$m_{abs}[H] = \frac{100,77151 \%u + 0,0233913\%u + 3,01215 \cdot 10^{-15}\%u}{100\%}$$

$$m_{abs}[H] = \frac{100,79490 \text{ u}}{100}$$

$$m_{abs}[H] = 1,00795 \text{ u}$$

Der offizielle Wert von 1,01 u ist also gut gerundet. Praktisch macht das bei den üblichen chemischen Rechnungen aber nichts aus. Selbst bei der Rundung auf 1,00 u für irgendwelche Berechnungen liegt der Fehler nur bei rund 1%. Das ist für chemische Verhältnisse ein akzeptabler Wert. Bei längeren Rechnungen muss man allerdings beachten, dass sich Fehler dann ev. auch multiplizieren und entsprechend deutlich größer werden können. Es ist i.A. besser, zuerst mit vielen Nachkommastellen zu arbeiten und erst am Schluss zu runden.

x.2. Bau des Wasserstoff-Moleküls

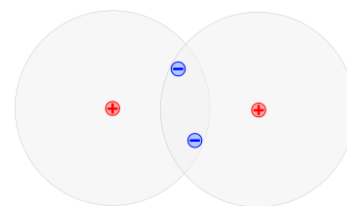
In der irdischen Natur kommt Wasserstoff nur molekular vor. Das bedeutet, dass sich im Fall des Wasserstoffs zwei Atome zu einem Molekül verbunden haben.

Jedes Atom für sich hat mit einem einzelnen (Außen-)Elektron einen sehr instabilen Zustand inne. Beide Atome kommen dann zu einem energetisch stabileren Zustand, wenn sie sich zusammenlagern und die beiden Elektronen gemeinsam nutzen. Dadurch erreichen beide Wasserstoff-Atome – zumindestens zeitweise – eine volle Elektronenschale – denn auf die innerste Schale finden ja maximal zwei Elektronen Platz. Die Besetzung der Schale mit zwei Elektronen entspricht der einfachsten Edelgas-Elektronen-Anordnung (Edelgas-Konfiguration).

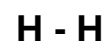
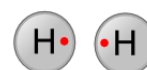
Das entsprechende Edelgas wäre das Helium.

Im Wasserstoff-Molekül haben die Elektronen in der Bindung quasi den äußerst stabilen Energie-Zustand eines Helium-Atoms. Stabil bedeutet auf dem Niveau der Elementarteilchen, dass sie sich in einen möglichst geringen Energie-Zustand befinden.

(Modell-mäßig können wir uns das bei uns Menschen an möglichen Haltungen verdeutlichen. Wenn wir stehen, sind wir am beweglichsten, haben die meiste Energie und sind aber auch am instabilsten. Setzen wir uns hin, ist die Beweglichkeit eingeschränkt, wir haben weniger Energie und haben schon eine recht stabile Position. Die stabilste Position haben wir im Liegen, dafür brauchen wir auch keine Energie mehr, dafür ist die Beweglichkeit deutlich begrenzt.)



Wasserstoff-Molekül
in der Atom-Modell-Darstellung



Die beiden – gemeinsam genutzt – Elektronen stellen die Bindung zwischen den beiden Atomen dar. In der Chemie schreiben wir dafür den waagerechten Strich (LEWIS-Formel).

Das Formelzeichen für ein Wasserstoff-Molekül ist deshalb auch H₂. Unter natürlichen Bedingungen finden wir Wasserstoff immer so vor. Das ist besonders beim Aufstellen von Gleichungen usw. zu beachten.

Das Elektronen-Päarchen ist mittig angeordnet, da keines der beiden beteiligten Atome eine stärkere Elektronegativität besitzt. Es handelt sich also um eine typische Atom-Bindung.

Das Molekül zeigt keine Polaritäten – es ist nach außen neutral. Wir sprechen auch von einer unpolaren (Atom-)Bindung.

Aufgaben:

1. Vergleiche Helium-Atome, Wasserstoff-Atome und Wasserstoff-Moleküle in einer Tabelle mit deutlich gekennzeichneten Gemeinsamkeiten und Unterschieden!

für die gehobene Anspruchsebene:

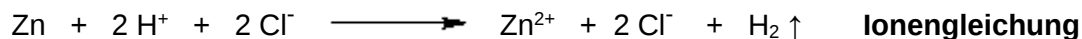
2. Wissenschaftler versuchen seit langem es der Natur gleichzumachen und wie in der Sonne zwei Wasserstoff-Atome zu Helium zu machen. Dieser Vorgang ist besonders interessant, weil dabei eine riesige Menge an Energie frei wird. Beurteile, ob es sich hier um eine chemische Reaktion handelt! Begründe Deine Meinung durch Gleichungen, Modelle, Prozess-Abläufe usw.!

x.3. Herstellung von Wasserstoff

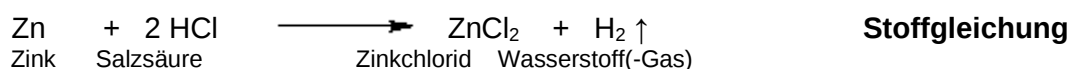
x.3.1. Darstellung im Labor

Reaktion von unedlen Metallen mit Säuren

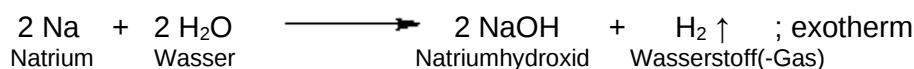
Zink mit Salzsäure (Chlorwasserstoffsäure)



Die Zink- und Chlorid-Ionen sind natürlich nur in der wässrigen Lösung existent. Verdampft man das Wasser, dann bleibt Zinkchlorid zurück. Vielfach wird deshalb auch die folgende Gleichung verwendet:

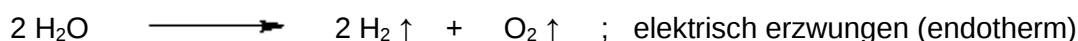


Spektakulär ist die Reaktion des Metalls Natrium mit Wasser:



Das Natrium reagiert so heftig mit dem Wasser, dass die Wasserstoff-Bläschen gar nicht schnell genug abwandern können. Das relativ leichte Natrium schwimmt quasi auf einem Blasen-Teppich über dem Wasser. Es wird dabei so heiß, dass der Wasserstoff sich entzündet und mit Zischen oder kleinen Knallen abreagiert. Die Reaktion ist zumindestens bei Anwesenheit von Luft-Sauerstoff nicht zur Herstellung von Wasserstoff geeignet. Natrium ist auch ein relativ teures Metall. Noch reaktiver ist z.B. Kalium.

Die elektrische (elektrolytische) Wasser-Zerlegung im HOFMANNschen Wasserersetzer oder einer ähnlichen Elektrolyse-Zelle haben wir schon erläutert (→):



Aufgaben:

1. *Stelle die Reaktionsgleichungen für die Wasserstoff-Bildung durch die Reaktion von Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure)*
 - a) *mit Magnesium*
 - b) *mit Eisen**auf!*
2. *Mit Gold, Silber und Kupfer funktioniert die Wasserstoff-Herstellung mittels Säure nicht. Suche eine Erklärung für dieses Phänomen!*

x.3.2. großtechnische Herstellung

x.3.2.1. Elektrolyse

Bei einem Überangebot billiger elektrischer Energie kann man diese für die Zerlegung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff verwenden. Die Gase werden getrennt voneinander in Druckbehältern gespeichert. Bei Bedarf werden sie dann wieder zur Reaktion gebracht und produzieren dann reichlich (Wärme-)Energie. In sogenannten Brennstoffzellen gelingt sogar die direkte Erzeugung von Strom aus den Gasen.

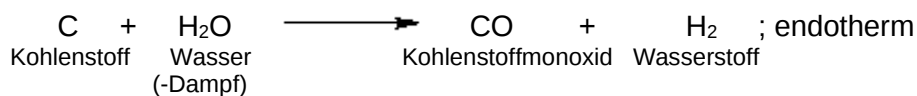
Die Elektrolyse wird heute vor allem in Ländern mit billigem Strom u.a. zur Erzeugung von schwerem Wasser verwendet. Dieses wird in Kernkraftwerken als Moderator und Kühlmittel gebraucht.

Aufgaben:

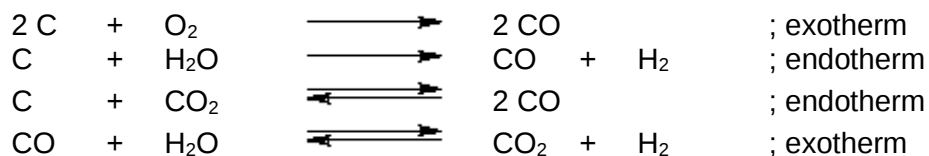
- 1. Was ist schweres Wasser? Stelle diese Verbindung in einem kleinem Vortrag vor!*
 - 2. Informiere Dich darüber, wieviel (normales, natürliches) Wasser zur Herstellung eines Liters schweres Wasser (theoretisch) gebraucht werden!*
- für das gehobene Anspruchsniveau:
- 3. Es soll auch superschweres und halbschweres Wasser geben. Wie kann das gehen?*

Vergasung der Kohle (Wassergas-Herstellung)

Steht billige Kohle zur Verfügung, dann wird diese zur Wasserstoff-Herstellung mit Wasserdampf (1000 °C) zur Reaktion gebracht:



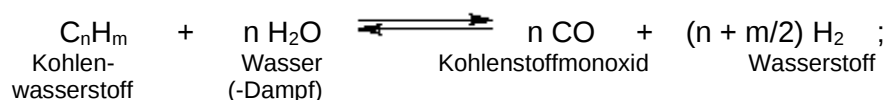
Was hier in einer Gleichung so einfach und übersichtlich aussieht, ist in der Praxis ein kompliziertes System von Reaktionen. Die wichtigsten Teil-Reaktionen sind:



Energetisch ist das Reaktions-System fast ausgeglichen, die für die endothermen Vorgänge benötigte Energie entstammt den exothermen Reaktionen. Da Kohle aber noch viele Begleitstoff enthält, muss man das Synthesegas (Wassergas) aufwendig reinigen. Die Begleitstoff oder deren Oxide würden in nachfolgenden Synthesen die Prozesse stören oder die verwendeten Katalysatoren (Kontakte) unbrauchbar machen (vergiften).

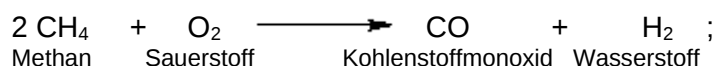
Dampf-Reforming

Hierbei werden organische Stoffe (z.B. Erdöl-Produkte, ...) mit Wasser-Dampf unter hohen Temperaturen und Drücken umgesetzt.



Es entsteht ein Synthese-Gas für viele nachfolgende chemische Synthesen. Das Synthesegas besteht vorrangig aus Kohlen(stoff)monoxid und Wasserstoff.

Auch Erdgas lässt sich zur großtechnischen Herstellung von Wasserstoff verwenden. Hierbei wird mit Sauerstoff gearbeitet. Durch eine fein-dosierte Sauerstoff-Gabe wird die Oxidation nur teilweise (nur beim Kohlenstoff) durchgeführt. Man spricht dabei auch von einer partiellen oder unvollständigen Oxidation (/ Verbrennung).



x.4. Eigenschaften von Wasserstoff

x.4.1. physikalische Eigenschaften

Wasserstoff ist ein farbloses, geruchloses und geschmackloses Gas. Es ist das leichteste bekannte Gas und wird deshalb auch immer noch für die Füllung vieler Gas-Ballons oder Zeppeline verwendet. Wasserstoff ist rund 14x leichter als Luft.

Bei $-252\text{ }^{\circ}\text{C}$ (21 K) wird Wasserstoff flüssig und bei $-259\text{ }^{\circ}\text{C}$ (14 K) fest. Es bildet dann eine kristallinen Körper.

Der Tripel-Punkt – also der Punkt, an dem alle drei Aggregatzustände gleichzeitig vorkommen – liegt bei 13,8 K ($= -259,35\text{ }^{\circ}\text{C}$) und ist einer der wichtigen internationalen Eichpunkte für Temperatur-Skalen.

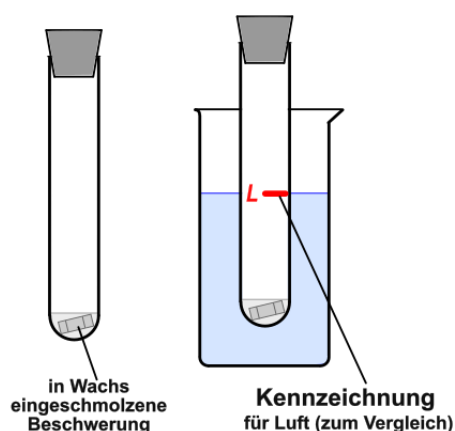
In Wasser ist Wasserstoff schlecht löslich. Wegen der geringen Größe der Moleküle ist Wasserstoff deutlich besser in Metallen "löslich". Es passt dort gut in die Lücken zwischen den meist großen Metall-Atomen. Praktisch handelt es sich nicht um eine klassische flüssige Lösung. Bessere wäre es von Absorption (Einlagerung) zu sprechen. Dieser Effekt sorgt z.B. für eine starke Versprödung von Metall-Röhren in chemischen Anlagen.

Bei $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ bewegen sich Wasserstoff-Moleküle mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von $1'770\text{ m/s}$. Dadurch hat Wasserstoff die größten Wärme-Leitfähigkeit und das größte Diffusions-Vermögen aller Gase.

Wasserstoff verhält sich schwach antimagnetisch (die Dichte der magnetischen Feld-Linien nimmt im Wasserstoff ab).

Wasserstoff ist ein elektrischer Isolator. Es fehlen freie Elektronen bzw. lassen sich die Moleküle kaum polarisieren. Somit gibt es praktisch keine freien Ladungsträger. Ein Transport von elektrischen Ladungen (Strom) ist damit auch nicht möglich. Wasserstoff kann den elektrischen Strom nicht leiten.

Normalerweise ist das Elektron nur 37 pm ($= 10^{-12}\text{ m} = 10^{-9}\text{ mm} = 0,000'000'000'1\text{ mm}$) vom Atom-Kern (Proton) entfernt. Durch Energie-Zufuhr lässt sich das Elektron soweit anregen, dass es sich bis $0,34\text{ mm}$ von diesem entfernt. Man kann dann schon fast annehmen, das Elektron hätte sich vom Kern getrennt. Das ist aber nicht so. Praktisch umkreist es den Kern in einer für Atome gigantischen Entfernung. Gibt das Elektron seine überschüssige Energie wieder ab, dann kehrt es auch wieder auf die ursprüngliche Bahn um den Kern zurück.



Aufgaben:

1. Berechne die Geschwindigkeit der Wasserstoff-Moleküle bei $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ in km/h !

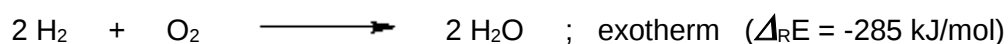
x.4.2. chemische Eigenschaften

da ein Wasserstoff-Atom nur ein einzelnes Elektron besitzt kann es maximal eine Bindung zu einem anderen Atom eingehen
damit kommt dem Wasserstoff immer eine endständige Rolle in Molekülen zu

besonders reaktionsfähig ist elementarer / naszierender (nascierender) Wasserstoff; Wasserstoff-Radikale

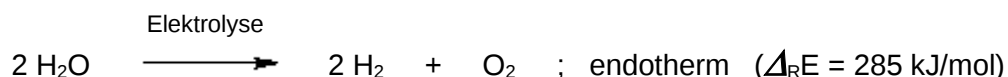
molekularer Wasserstoff gilt aber als insgesamt beständig und wenig reaktiv

Verbrennung von Wasserstoff



Aber hatten wir die Gleichung – nur umgekehrt – nicht gerade erst bei der Herstellung von Wasserstoff durch elektrische Zersetzung von Wasser? Ja, scheinbar sind zumindestens einige / einzelne Reaktionen umkehrbar. Wenn die eine Reaktion exotherm abläuft, dann muss die andere endotherm sein.

Es gilt der Energie-Erhaltungssatz. Die abgegebene Energie-Menge der einen Reaktion ist genauso groß wie die aufgenommene Energie-Menge der umgekehrten Reaktion.



Die Oxidation von Wasserstoff kann sehr schnell und explosiv ablaufen (Knallgas-Reaktion). Unter kontrollierten Bedingungen – also z.B. Mischung der Gas erst kurz vor bzw. während der Verbrennung – kann die Reaktion auch sehr nutzbringend (autogenes Schweißen) ablaufen.

Ist der Wasserstoff sehr rein und als Reaktions-Partner Sauerstoff – quasi verdünnt in der Luft – verfügbar, dann brennt der Wasserstoff auch recht ruhig in einer bläulichen Flamme ab. Und selbst in unserem Körper, wie auch in den Zellen aller höheren Organismen – läuft die Verbrennung von Wasserstoff im großem Stil ab. Hier sorgen die Enzyme (Bio-Katalysatoren) der Mitochondrien dafür, dass die Reaktion in sehr sehr kleinen Schritten abläuft und die Energie sofort auf biologische Energie-Träger (z.B. ATP) übergeben wird. Durch die Kleinschrittigkeit werden auch immer nur kleine Energie-Mengen freigesetzt. Neben biologisch verfügbaren Energie-Trägern wird auch Wärme-Energie frei. Die Abwärme ist die Energie, die unsere Körper heizt. Die Gesamt-Menge der freigesetzten Energie ist aber genauso gross, wie bei einer Knallgas-Reaktion mit der gleichen Stoffmenge.

Wir Chemiker sagen (eigentlich stammt die Aussage mehr aus der Physik), dass die Energie-Veränderung nur von Ausgangsstoffen (Anfangssituation) und Endprodukten (Endsituation) abhängt, und nicht vom Weg zwischen den beiden Zuständen (Satz von HESS).

Die Knallgas-Reaktion wird als einfacher Wasserstoff-Nachweis benutzt.

Hinweis auf Wasserstoff (Knallgas-Probe):

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Gas- Probe	in kleines Gefäß (z.B. Reagenzglas) leiten	Zünd- Versuch	Verpuffung (Knall; Pfeifen)	wahrscheinlich Was- serstoff vorhanden
			bläuliche Flamme (ev. schwacher Blupp)	sehr wahrscheinlich reiner Wasserstoff
			anders	wahrscheinlich kein Wasserstoff vorhanden

Das Bilden von Knallgas-Gemischen ist keine spezielle Eigenschaft von Wasserstoff und Sauerstoff. Z.B. bilden auch Chlor und Wasserstoff Knallgas-Gemische. Ein Knallgas-Gemisch ohne Wasserstoff ist z.B. die Mischung aus Ethin mit Luft bzw. Sauerstoff.

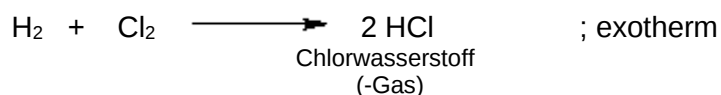
Eine unbestimmte Knallgas-Reaktion ist also kein absoluter Beweis für Wasserstoff. Meist können aber aus der Situation heraus andere Gemische ausgeschlossen werden.

Die Knallgas-Probe wird aber dazu benutzt, um zu prüfen, ob es sich bei dem Gas aus einem Gas-Entwickler um ein reines Gas handelt. Dieses brennt dann ab. Solange noch Sauerstoff in der Anlage ist, handelt es sich noch um ein Knallgas-Gemisch, dass für die meisten Versuche **nicht** benutzt werden darf. Es besteht dann **Explosions-Gefahr!** Erst bei negativer Knallgas-Probe kann mit dem hergestellten Gas gearbeitet werden!

Brennt Wasserstoff auch ohne Zündung / Erwärmung?

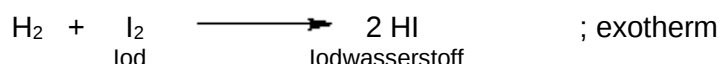
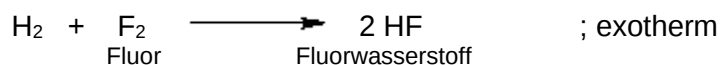
überleiten über Platin-Netz

Kommen wir auf die eben erwähnte Kombination von Wasserstoff und Chlor zurück. Wasserstoff kann in Chlor oder Chlor in Wasserstoff verbrannt werden. Ja das ist kein Irrtum, die beiden Stoffe brennen ineinander.

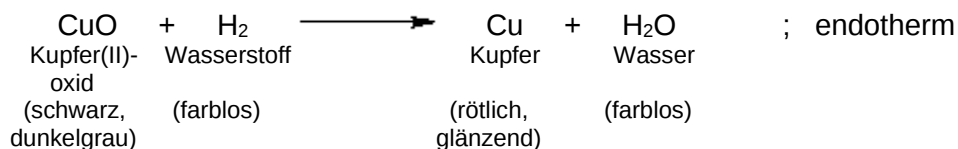


Ein Gemisch von Wasserstoff und Chlor ist leicht entzündlich und brennt dann explosionsartig (Knallgas-Reaktion) ab. Zum Zünden reicht schon ein kleiner Funke oder ein starker Licht-Blitz.

Auch die anderen Elemente (Fluor, Brom, Iod), die mit Chlor in der VII. Hauptgruppe des PSE stehen, reagieren mit Wasserstoff. Die Reaktivität nimmt aber innerhalb der Gruppe ab. Am heftigsten reagiert also das Fluor. Die Elemente der VII. Hauptgruppe werden Halogene genannt und somit heißen die Reaktionsprodukte zusammen : Halogenwasserstoffe.



Chemisch besonders interessant sind die Reaktionen von Oxiden mit Wasserstoff. Der Wasserstoff ist nämlich in der Lage den Sauerstoff auch den meisten Oxiden herauszuholen und an sich zu binden. Wir sprechen von einer hohen Affinität (Zuneigung).



Aus einem (Metall-)Oxid wird hier ein Element und aus dem Wasserstoff wird sein Oxid – das Wasser (Wasserstoffoxid). Der Sauerstoff wechselt quasi zwischen den Reaktions-Partnern. Da Wasserstoff die höhere Affinität zu Sauerstoff hat, als in unserem Fall das Kupfer, verbleibt der Sauerstoff letztendlich beim Wasserstoff. Der Wasserstoff wird also ganz klassisch oxidiert. Für das Kupferoxid ist eine sogenannte **Reduktion**. Wasserstoff reduziert das Oxid zum Element. Reduktionen sind die Umkehrungen der **Oxidation**. Da Oxidationen immer exotherm sind, müssen Reduktionen immer endotherm sein. Ansonsten hätten wir ein Problem mit dem Energie-Erhaltungssatz.

Wasserstoff ist das Reduktions-Mittel, das in der technischen Chemie am häufigsten verwendet wird. Er ist relativ einfach und kostengünstig zu erzeugen.

Wichtig ist es bei solchen Reaktionen, darauf zu achten, dass kein freier Sauerstoff (z.B. in Form von Luft) beteiligt ist. Ansonsten kann es zu explosions-artigen Neben-Reaktionen kommen.

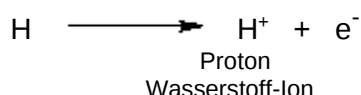
Definition(en): Reduktion

Eine Reduktion ist die chemische Reaktion, bei der einem Stoff Sauerstoff entzogen wird.

Eine Reduktion ist die Umkehrung der Verbrennung eines Stoffes.

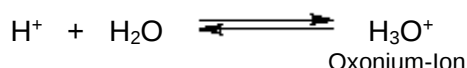
Eine Oxidation ist die Zerlegung eines Oxides in die entsprechenden Elemente und / oder ein anderes Oxid (mit geringerem Sauerstoff-Anteil).

Wasserstoff-Atome können in zwei Richtungen ionisieren. Die erste Möglichkeit ist die **Abgabe eines Elektrons**.



Elektronen-Abgabe

Das Wasserstoff-Ion, welches nun praktisch nur noch ein einzelnes Proton ist – und deshalb meist auch nur so bezeichnet wird, kommt nur im gasförmigen Zustand so frei vor. In flüssigen Medien – und dabei meinen wir besonders das Wasser – kommt es nur in gebundener Form vor.

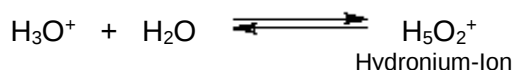


Protonen-Aufnahme

Die Formel H_3O^+ wird man in sehr vielen chemischen Gleichungen – besonders im Bereich der Säuren und Basen – finden. Den Namen Oxonium dagegen sehr selten. Alle nennen das Ion Hydronium-Ion. Hierbei handelt es sich wieder mal um eine nicht ganz exakte, aber historisch entstandene und weit verbreitete Vereinfachung.

(Ganz exakt müsste man das Ion laut der IUPAC – der Standardisierungs-Organisation der Chemie eigentlich Oxidanium) genannt werden. Dieser Name wird in der Praxis gar nicht verwendet.)

Das Oxonium-Ionen bleibt nämlich auch nicht alleine oder frei im Wasser. Es reagiert mit weiteren Wasser-Molekülen. Dabei entstehen immer größere Teilchen (Gruppen, Cluster).



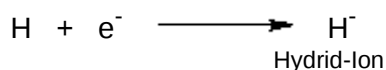
Der Vorgang der Wasser-Anbindung (Cluster-Erweiterung) setzt sich weiter fort:



Hinsichtlich des Namens werden keine Unterschiede gemacht. Da das zusätzliche Wasser weder für die Reaktionen noch für irgendwelche Erklärungen eine Rolle spielt, wird es weggelassen und man bleibt bei der Formel des Oxonium-Ions. Als Name hat sich Hydronium eingebürgert.

In einigen Literatur-Quellen findet man auch leicht abweichende Schreibweisen: $\text{H}^+ \cdot \text{H}_2\text{O}$ oder $\text{H}^+(\text{aq})$ oder H^+_{aq} . Das aq steht dabei für aquatisiert – also in Wasser (aufgelöst).

Die zweite Möglichkeit für die Ionisierung ist die **Aufnahme eines Elektrons**.



Elektronen-Aufnahme

Die Hydrid-Ionen bilden sich nur, wenn besonders elektropositive Metalle mit Wasserstoff reagieren und "unbedingt" ihre ein, zwei Außen-Elektronen loswerden wollen, um eine stabile Achter-Schale (Edelgas-Konfiguration) zu erreichen.

x.5. Verwendung von Wasserstoff

Energie-Träger

Die enorme Energie, die bei der Verbrennung von Wasserstoff frei wird, haben wir schon mehrfach erwähnt. Für normale Anwendungen wäre die Verbrennung aber einfach zu unökonomisch. Unter bestimmten Bedingungen ist die Wasserstoff-Wirtschaft mit Wasserstoff-Gewinnung, -Speicherung und bedarfsgerechter Verbrennung eine sinnvolle Alternative. Besonders bei der erhöhten Verfügbarkeit von billigerem Windstrom (ev. auch zu ungünstigen Zeiten) kann die Wasserstoff-Erzeugung auch in dezentralen Anlagen sehr ökonomisch werden. Lange Transport-Wege fallen dann weg und die Energie kann passgenau wieder freigesetzt werden. Dabei hat man nach dem Stand der Dinge heute die Möglichkeit Wärme oder elektrischen Strom zu erzeugen.

Der Gewinnung von elektrischer Energie aus Wasserstoff in einer sogenannten Brennstoffzelle wird für die Zukunft ein großes Potential vorausgesagt.

Brennstoffzellen kann man in fast allen Größen bauen, vom Mini-Gerät für den Laptop bis zum Antrieb für U-Boote (der Deutschen Marine) ist alles zu haben.

Kohlehydrierung

Die Kohle ist heute nicht mehr der Brennstoff der Wahl. Besonders großer Bedarf besteht an flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen, da sie besser zu transportieren und universeller zu benutzen sind. Neben reinen Öfen lassen sich auch Motoren usw. mit solchen Brennstoffen betreiben.

Noch größer – und auch viel sinnvoller ist die Nutzung von Kohlenstoff für organische Produkte, wie Plastik, Fasern, Chemikalien, Farbstoffe, Herbizide usw. usf.

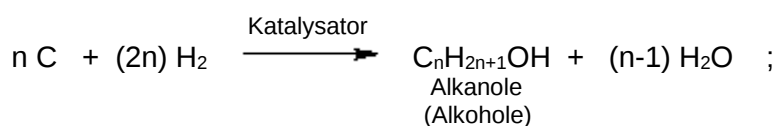
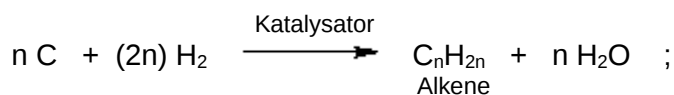
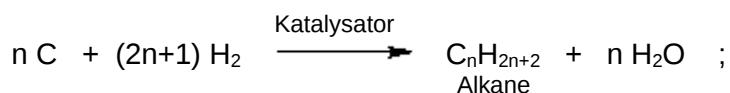
Aus Kohle – oder Kohlenstoff – lassen sich solche Produkte nicht direkt herstellen. Das ist angesichts der großen Mengen an Braun- und Steinkohle eigentlich schade. Die moderne Chemie bietet mit der Kohlehydrierung eine Möglichkeit, Kohle für die organische Chemie verfügbar zu machen. Da viele Reaktions-Produkte der Kohlehydrierung flüssig sind, spricht man auch von der Kohleverflüssigung.

Häufig wird die Kohlevergasung noch vorgeschoben. Dadurch erhält man zum Einen ein sehr gutes Synthesegas und zum Anderen bleiben viel mehr Möglichkeiten für die Weiterverarbeitung. Die Kohlevergasung führt zu Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff. Als Ausgangsstoff dienen Kohle (Kohlenstoff) und Wasser.



Die notwendige Energie für die Reaktion wird aus der Verbrennung von anderer Kohle gewonnen. Das gebildete Gasgemisch heißt in der Chemieindustrie Wassergas. Es ist das am häufigsten genutzte Synthesegas.

Die eigentliche Kohleverflüssigung setzt Kohle mit Wasserdampf um:

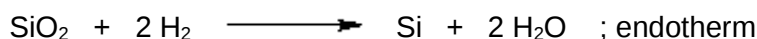


Es entstehen also viele verschiedene Reaktions-Produkte, die nach der Trennung in unterschiedliche Produktions-Linien eingeleitet werden. Die Zusammensetzung des Reaktions-Produkte-Gemisches kann teilweise durch die verwendeten Katalysatoren bzw. deren Gemische beeinflusst werden.

Reduktionsmittel

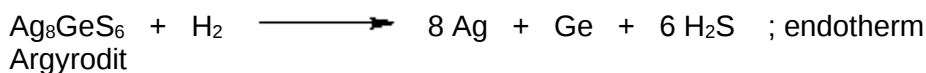
Wasserstoff wird in der chemischen Industrie zu einem sehr großen Anteil als Reduktionsmittel genutzt. Man will z.B. aus Metalloxiden wieder reine Metall machen oder auch Nichtmetalloxide in Nichtmetalle überführen. Für die verschiedenen Elemente gibt es viel mehr Anwendungszwecke und Synthese-Wege, als für die Oxide. Sie haben häufiger mehr den Charakter von Abfall-Produkten oder Rest-Stoffen.

Um z.B. reine Halbleiter-Metall wie Silicium oder Germanium zu gewinnen, braucht man Wasserstoff zum Entzug des Sauerstoffs aus den Oxiden.



Man könnte natürlich auch Kohlenstoff als Reduktionsmittel verwenden, die Metalle wären dann aber deutlich unreiner. Der Kohlenstoff ist in Halbleitern ein sehr unbeliebter Stoff. Man benötigt hochreine Metalle, die dann durch Umschmelzen und Umkristallisieren nochmals gereinigt werden. Wasser lässt sich viel leichter aus der Produktions-Linie entfernen als Kohlenstoff und seine Oxide.

Im Fall des Germaniums ist es nicht das Oxid, was reduziert wird, sondern z.B. ein Sulfid, welches Mineralogen Argyrodit nennen.



Lebensmittel-Zusatzstoff

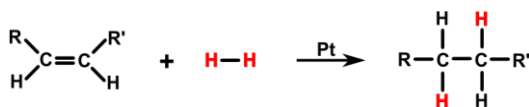
Wasserstoff ist nicht wirklich in vielen Lebensmittel in freier Form enthalten. Vielmehr wird er für die Füllungen von Packungen (Packgas) oder als Treibgas benutzt. Bei der Füllung von Verpackungen will man nicht wirklich den Wasserstoff haben, sondern vielmehr will man andere Gase, wie Sauerstoff oder Kohlendioxid raus drängen. In Sauerstoff-haltiger Luft oder auch in Kohlenstoffdioxid können viele Mikroorganismen gut existieren. Reinen Wasserstoff mögen sie dagegen garnicht. Er wirkt eher wie ein Gift für sie.

Imn der Verordnung über die Lebensmittel-Zusatzstoffe ist Wasserstoff als E 949 verzeichnet.

Fett-Härtung

Schon seit über 150 Jahre verwendet man Wasserstoff zur Produktion von Margarine. Früher fand man öfter die Firmen-Bezeichnung "Margarine- und Hydrierwerk" an den Fabrik-Gebäuden.

Margarine-Fabriken stellen – vereinfacht gesagt – aus flüssigem Pflanzen-Öl feste Streichfette her. Dabei werden in den Fettsäuren der Öle eine oder mehrere Doppelbindung hydriert. D.h. es wird Wasserstoff angelagert. Die Doppelbindungen, welche für die flüssigen Eigenschaften verantwortlich sind, werden in Einfachbindungen umgewandelt.



Fettsäuren mit Einfachbindungen sind eher fest als solche mit Doppelbindungen. Aus einer Flüssigkeit wird hier also durch Hydrierung ein Feststoff – man spricht eben auch von Fett-Härtung. Je mehr Doppelbindungen in Einfachbindungen umgewandelt werden, umso fester werden die Fette.

Der Nachteil dieser Methode liegt darin, dass eben die Doppelbindungen, weswegen pflanzliche Fette so gesund und für unsere Ernährung auch unverzichtbar (essentiell) sind, auf diese Weise aus dem Fett verschwinden. Es bleiben zwar immer noch genügend Doppelbindungen in der Margarine übrig, aber es könnten eben mehr sein.

Vor rund 150 Jahren war die Herstellung von billigen Streichfetten als Butterersatz aber eine Kriegs-Notwendigkeit. NAPOLEON III. lobte eine Wettbewerb aus und den gewann der französische Chemiker Hippolyte MÈGE-MOURIÈS.

Kühlmittel

Wasserstoff hat eine sehr gute Wärmeleitfähigkeit. Das liegt daran, dass sich die kleinen Moleküle bei einer bestimmten deutlich schneller bewegen als die Teilchen größerer Moleküle. (Die Temperatur ist eigentlich eine populäre Umschreibung von Teilchen-Geschwindigkeiten und den daraus folgenden ausgeübten Drücken.)

Durch die großen Teilchen-Geschwindigkeiten wird Energie schneller von der wärmeren zur kälteren Seite transportiert. Bevor es billigere und einfachere zu benutzende Kühlmittel (wie z.B. Helium) gab, war der Wasserstoff das Kühlmittel. Mit Wasserstoff als Kühlmittel konnten Physiker sogar Temperaturen bis -250 °C erreichen. Physiker nennen solche Kühlmittel auch Kryogene (kryos = griech.: Frost, Eis; generae = lat.: zeugen, schaffen).

Trag-Gas

Kein Gas ist leichter als Wasserstoff. Es bietet sich also an einen Ballon damit zu füllen. Um 1 kg zu heben bedarf es rund $0,83\text{ m}^3$ des rund 14x leichteren Gases als Luft.

Die große Gefahr, die von Wasserstoff in Ballon's oder Zeppelinen ausgeht, ist dessen leichte Entzündbarkeit. Da es bei mehreren Ballon- und Zeppelin-Fahrten (z.B. 1937: Hindenburg-Katastrophe) zu schweren Unfällen kam, wurde diese Technik bald ausgesetzt. Heute verwendet man eher Helium oder Heißluft. Helium hat fast die gleiche Trag-Leistung, ist aber deutlich teurer.

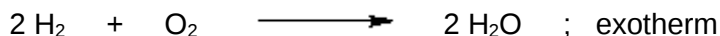
Für Heißluft-Ballon muss die Luft im Ballon auf 70 bis 150 °C erwärmt werden. Ein Kubikmeter Heißluft trägt dann durchschnittlich 0,35 kg. Da die Luft ständig neu erwärmt werden muss, geht viel Nutzlast für die Brenner und Gasflaschen drauf.

interessante Links:

<https://www.youtube.com/watch?v=CgWHbpMVQ1U> (Video der Hindenburg-Katastrophe)

x.y. Wasserstoff - die Energie-Quelle der Zukunft?

Wäre es nicht toll, Wasserstoff als Brennstoff zu nehmen. Bei der Verbrennung wird nur ein völlig unbedenklicher Stoff produziert – Wasser.



Man spricht deshalb auch gerne von sauberer Energie. Die Verbrennung liefert auch sehr große Mengen an Energie – die Reaktion kann ohne weiteres als stark exotherm beschrieben werden.

Die Probleme stecken aber – wie wohl immer – im Detail. Was dabei wirklich hinderlich ist oder die Einführung von Wasserstoff als allgemeinen Brennstoff förderlich ist, hängt von vielen Rahmen-Bedingungen ab. Einige werden im folgenden näher beleuchtet.

Derzeit fahren die Massen an Auto und LKW's mit Verbrennungsmotoren, die Benzin oder Diesel erwarten. Auch die Turbinen der Flugzeuge brauchen Kerosin (ein besonders leicht entzündliches Benzin). Nur die wenigsten Verbrennungsmotoren lassen eine unkomplizierte Umschaltung auf Wasserstoff oder Erdgas zu. Besonders leistungsfähige Antriebs-Aggregate, wie die Flugzeug-Turbinen lassen sich gar nicht umstellen. Sie müssten bei einer Umstellung auf Wasserstoff vollständig ausgetauscht werden. Bei Kosten von mehreren Millionen für ein Triebwerk wird das kaum so einfach möglich sein. Hier sind auch noch Neuentwicklungen notwendig, was ebenfalls enorme Kosten verursacht.

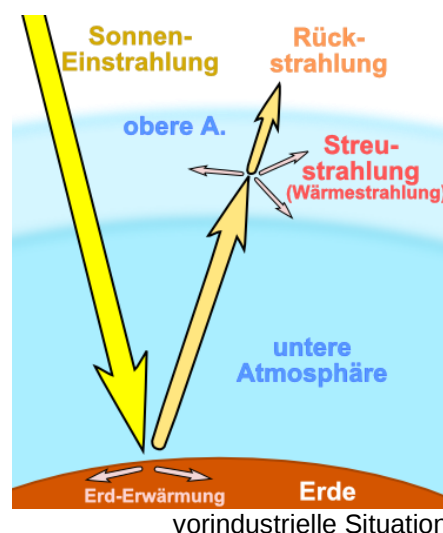
Auch für die einzelne Familie wird ein Austausch des aktuellen Autos gegen ein neues, wohl auch teureres Wasserstoff-Auto nicht so einfach zu realisieren sein.

Viele – zum Teil sogar recht neue – Heizwerke zur Erzeugungen von Warmwasser und Heizungs-Wasser verbrennen Heizöl. Ähnlich ist es bei modernen Heizungsanlagen in Einfamilienhäusern. Niemand kann ernsthaft fordern, dass nur wenige Jahre alte Anlagen schon wieder verschrottet werden.

Andererseits ist das derzeitige System der Verwendung von fossilen Brennstoffen z.B. für Autos ist langfristig nicht haltbar. Die Ressourcen gehen zur Neige; Erdöl und Erdgas werden tendenziell teurer.

Schätzungen sehen einen deutlichen Mangel bis hin zum Versiegen der fossilen Energie-Träger um das Jahr 2050. Derzeit gehen die Schätzungen allerdings von deutlich späteren Jahreszahlen aus. Zum einen wird bei steigenden Preisen weniger Erdöl und Erdgas verkauft und zum Anderen werden Lagerstätten (z.B. Ölschiefer) wieder interessant, die bei kleinen Verkaufspreisen nicht wirtschaftlich nutzbar waren. Wird das Öl nun teurer, dann lohnen sich auch Investitionen in die Ausbeutung solcher Lagerstätten.

Die Öko-Bilanz der fossilen Brennstoffe (Benzin, Diesel, Heizöl) ist katastrophal. Es entsteht eine Unmenge an Kohlenstoffdioxid. Diese CO_2 ist ein starkes Treibhausgas. Das bedeutet, dass das Gas in der Atmosphäre dafür sorgt, dass sich diese schneller erwärmt. Eine CO_2 -arme Atmosphäre lässt die Wärmestrahlung der Erde in das Weltall.



Kohlenstoffdioxid nimmt die Wärmestrahlung in sich auf – wir sagen, es absorbiert sie. Irgendwann wird die Energie wieder abgegeben – aber zusätzlich als Wärmestrahlung. Die Energie bleibt insgesamt länger in der Atmosphäre und diese erwärmt sich dabei. Da Kohlenstoffdioxid vorrangig in den unteren Luftschichten vorkommt, hält sich hier die Wärme besonders stark. Das CO_2 wirkt wie das Dach eines Treibhauses. Durch die zunehmende Erwärmung der Atmosphäre verändert sich das Wetter und das Klima. Wetter-Unbilden werden häufiger und stärker.

Die Pol-Kappen und Gletscher schmelzen stärker. Dadurch steigt der Wasserspiegel in den Ozeanen. Erste Inseln in den Philippinen sind schon überflutet und damit unbewohnbar.

Die verschiedenen Wege der Wasserstoff-Herstellung verbessern die Situation nicht. Meist erhöhen sie noch den CO_2 -Gehalt in der Luft.

Wir haben schon die Gewinnung von Wasserstoff aus Stoffen (Erdgas od. Erdöl) oder Kohle besprochen (→). Dabei wird immer auch CO_2 frei. Damit ist die derzeitige H_2 -Produktion aus organischen Stoffen (Erdgas, Erdöl oder Kohle) nicht nachhaltig.

Auf den ersten Blick sieht es vielleicht so aus, als wenn nur Kohlenstoffmonoxid entsteht, dass die Atmosphäre weniger belastet. Aber meist wird das Kohlenmonoxid verbrannt und dabei entsteht dann doch CO_2 .

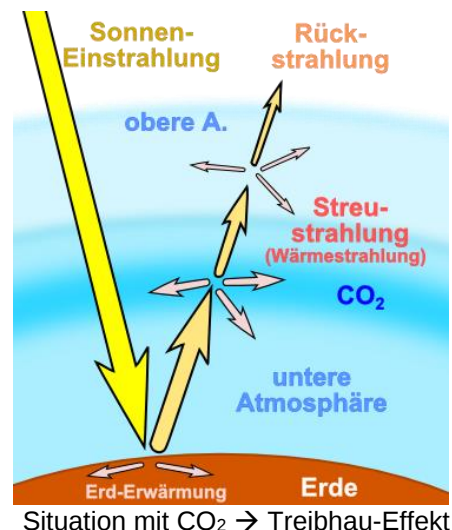
Als Alternative ist die H_2 -Gewinnung auf elektrolytischem Weg interessant. Häufig kommt der Strom dafür aus nicht-ausgelasteten Kohle- oder Kern-Kraftwerken. Beide Energie-Gewinnungsarten belasten die Umwelt sehr stark. In den Kern-Kraftwerken wird zwar kein CO_2 frei, dafür entstehen aber riesige Mengen an radioaktivem Abfall, dessen Entsorgung weltweit nicht geklärt ist.

Eine interessante Möglichkeit ist die Nutzung von Überkapazitäten von Wind-Kraftanlagen und Solar-Anlagen. Die Sonne scheint oft nur sporadisch und auch nicht gerade, wenn Strom gebraucht wird. Ähnlich ist es mit dem Wind. Der weht vor allem dann, wenn die Sonne scheint. Sonne und Wind zählen zu den erneuerbaren (regenerativen) Energie-Quellen. Überschüssiger Strom aus solchen regenerativen Energie-Quellen sind aber nur schwer speicherbar. Speicher-Techniken mit speziellen Akkumulatoren sind derzeit noch nicht mas-sentauglich. Die zeitweilige Zerlegung von Wasser mit diesem Strom in Wasserstoff und Sauerstoff ist eine Kompromiss-Lösung. In Bedarfs-situationen können dann Wasserstoff und Sauerstoff in Gas-Kraftwerken zur Strom-Erzeugung genutzt werden. Die beiden Gase lassen sich in speziellen Gas-Speichern auch längerfristig speichern und z.B. auch über ein Rohrleitungs-System landesweit verteilen. Leider existieren bis jetzt nur wenige solcher Leitungen. Ein Neubau ist kostspielig und nur langfristig realisierbar.

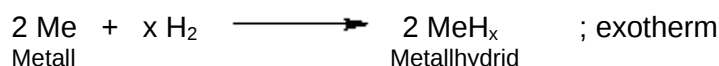
In den nächsten Jahren wird Strom aus Windanlagen aber immer stärker im Überangebot sein – damit wahrscheinlich auch billiger. Das drückt den Preis für die Wasserstoff-Erzeugung und macht die Wasserstoff-Technologie attraktiver.

Für Wasserstoff gibt es verschiedene Speicherungs- und Transport-Möglichkeiten. Üblich sind Druck-Gas-Flaschen. Diese sind sehr schwer, was ein großer Nachteil ist. Wasserstoff wird auch vom Metall absorbiert bzw. entweicht teilweise auch durch die Hüllen der Druck-Behälter. Neuere Gas-Behälter aus Faser-verstärkten Kunststoffen zeigen eine geringe Absorption. Die Kunststoffe bestehen selbst aus kleineren Atomen, die insgesamt dichter beieinander liegen. Dadurch hat der Wasserstoff weniger Chancen durch das Material hindurch zu diffundieren.

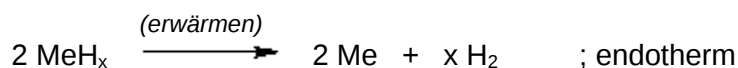
Bei Wasserstoff ist auch Verflüssigung möglich. Dazu wird aber auch wieder Energie für die Pumpen gebraucht. Man hat dann mit der Flüssigkeit ein Brennstoff mit einer besonders hohen Energie-Dichte. Allerdings ist eine ständige Kühlung notwendig, was wiederum Energie erfordert.



Eine weitere moderne Speicher-Möglichkeit sind Metallhydride. Metallhydride sind Verbindungen aus einem Metall und Wasserstoff. Sie sind ebenfalls durch eine sehr hohe Energiedichte gekennzeichnet. Als Metalle eignen sich Magnesium oder Lithium. Auch mit Legierungen aus Natrium und Bor sowie aus Lithium und Aluminium wird gearbeitet. Das Speicher von Wasserstoff ist die Reaktion von Metall und Wasserstoff:



Das Metallhydrid enthält jetzt gebundenen Wasserstoff. Bei Bedarf wird das Metallhydrid erwärmt und es gibt den gebundenen Wasserstoff wieder frei:



Nachteilig ist auch das große Gewicht des Metall-Pulvers bzw. des Metallhydrid-Pulvers. Der Speicher-Kern wiegt immer etwas. Sowohl im mit H_2 geladenen Zustand oder im entladenen Zustand kommen große Massen zusammen. Die Entnahme ist noch relativ träge und es treten starke Temperatur-Schwankungen auf. Das führt zu schneller Material-Ermüdung. Ein Transport aus anderen Erdteilen z.B. über Wasserstoff-Tanker ist zwar denkbar, aber z.Z. wegen der erwähnten Probleme noch nicht realisiert. Derzeit erfolgt der Transport – wenn überhaupt - nur als Flüssigkeit.

Bei Bedarf kann der Wasserstoffs an der Luft oder mit dem Sauerstoff verbrannt werden. Hier ist die Öko-Bilanz sehr gut, da nur Wasser gebildet wird. Wasserstoff hat einen hohen Heizwert. Aus einer kleinen Masse kann viel Wärme produziert werden. Holz z.B. hat einen eher geringen Heizwert.

Ein völlig neuer Weg zur Wasserstoff-Nutzung sind moderne Brennstoffzellen. Hier gelingt sogar die direkte Erzeugung von Strom aus Wasserstoff und Sauerstoff. Das ist energetisch günstiger als die Strom-Erzeugung in Gas-Kraftwerken. Hier wird der heiße Abgas-Strom bei der Verbrennung von Wasserstoff zum Antreiben einer Turbine genutzt. Erst diese erzeugt dann über ein Dynamo nutzbaren Strom. Durch die mehrfache Energie-Umwandlung sind solche Anlagen ungünstiger. Noch schlechter ist Energie-Ausbeute in Kohle-Kraftwerken. In diesen wird Wasser zum Verdampfen gebracht. Der Dampf treibt dann Turbinen und Dynamos an. Um wieder mit dem Wasser arbeiten zu können, muss es abgekühlt werden. Dafür sind übrigens die riesigen Kühltürme neben den Kraftwerken.

Bei allem Hantieren mit Wasserstoff bleibt immer ein mulmiges Gefühl. Praktisch immer besteht die Gefahr der Bildung von explosiven Gas-Gemischen (Knallgas). Das ist zwar technisch beherrschbar, aber man muss ja auch immer mit der unglücklichen Häufung von Fehlern oder Fehlbedienungen rechnen. Dann ist eine Katastrophe nicht weit. Und in Wasserstoff steckt viel Energie.

Derzeit ist der Wasserstoff-Antriebe in Nahverkehrs-Bussen einiger großer Städte realisiert. Auch im Fabrik-Verkehr bzw. bei Innendienst-Fahrzeugen lässt sich die Wasserstoff-Technik gut nutzen.

Besonders der Brennstoffzellen-Technologie wird heute ein großes Potential zugeschrieben. Erste Brennstoffzellen sind sogar schon für Laptops verfügbar.

Neue technologische Entwicklungen verbessern die Wirkungsgrade bei den Energie-Umwandlungen. Dadurch werden die Energie-Verluste gesenkt.

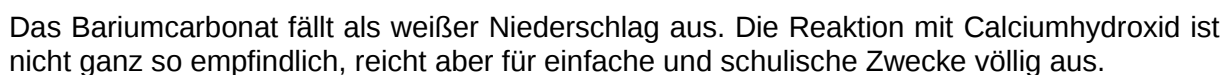
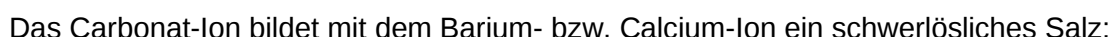
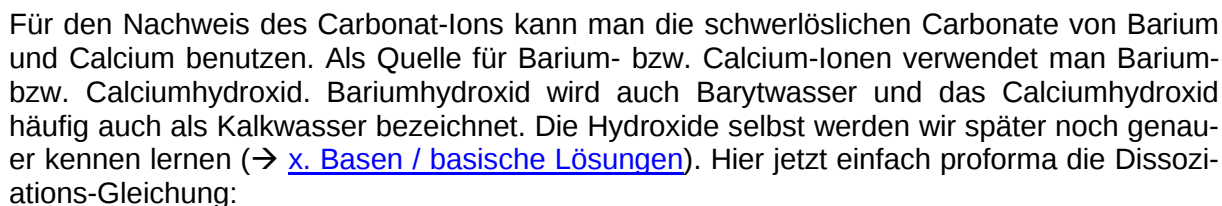
Ganz moderne Stapelsolarzellen des Forschungszentrum Jülich produziert direkt Wasserstoff und Sauerstoff aus Sonnen-Licht. Derzeit ist aber der Wirkungsgrad noch zu gering.

interessante Links:

<https://www.youtube.com/watch?v=sli37fk9374> ("Wasserstoff – Energieträger der Zukunft?")

https://www.youtube.com/watch?v=NWEe_BqCZ88 ("Wasserstoff – Die energet(h)ische Alternative"))

Carbonat-Ionen sind die Säurerest-Ionen der Kohlensäure:



	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
(1 ml) Probe +	 (3 – 5 Tropfen) Bariumhydroxid-Lösung (ersatzweise Calciumhydroxid)		weißer Niederschlag	Carbonat-Ionen vorhanden
	(farblos)		anders	wahrscheinlich keine Carbonat-Ionen

Aufgaben:

1. Stellen Sie die Gleichung für den Carbonat-Nachweis mit Calcium-Ionen auf!

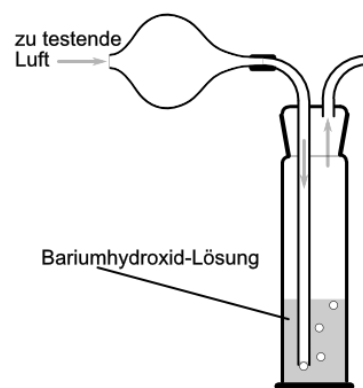
für die gehobene Anspruchsebene:

γ. Müsste es bei der Verwendung von Bariumchlorid-Lösung und vorhandenen Carbonat-Ionen (in der Probe) nicht auch einen weißen Niederschlag geben? Wie sichert man den Nachweis i.A. ab?

Nun könnte man auch auf die Idee kommen Bariumchlorid-Lösung als Quelle für Barium-Ionen zu verwenden. Das funktioniert aber nicht, weil ein ev. zwischenzeitig gebildetes Bariumcarbonat von den Chlorid-Ionen gleich wieder zerlegt wird (Merksatz: Die stärkere Säure verdrängt die schwächere aus ihren Salzen!). Das Bariumcarbonat wird durch die – quasi anwesende – Salzsäure aufgelöst.

Die Reaktion von Barytwasser ist sehr empfindlich. Man kann mit Bariumhydroxid sogar Kohlen(stoff)dioxid (CO₂) nachweisen. Dazu bläst man z.B. Ausatem-Luft durch eine mit Bariumhydroxid gefüllte Waschflasche oder direkt über ein Glasrohr in die Lösung ein.

Das Kohlendioxid löst sich in Wasser und bildet Carbonat-Ionen. Diese reagieren dann sofort mit den Barium-Ionen zum schwerlöslichen Bariumcarbonat.



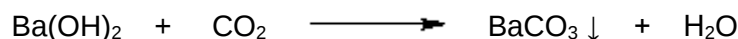
Kohlendioxid-Nachweis in der Ausatem-Luft mit Barytwasser

böse Frage zwischendurch:

Was passiert eigentlich, wenn man die Anschlüsse an der Gas-Wasch-Flasche verwechselt?

Aufgaben:

1. In einem Buch findet sich die folgende Gleichung für den Kohlendioxid-Nachweis mit Barytwasser. Prüfen Sie, ob diese Gleichung den Vorgang ordnungsgemäß darstellt!



Der Nachweis der anderen Säurerest-Ionen, besonders des Nitrat- und des Sulfit-Ions sind komplizierter. Der Nachweis von Nitrat erfolgt mit Hilfe der sogenannten Ring-Probe und ist chemisch gesehen eine recht komplexe Redox-Reaktion.

Für die Sulfit gibt es auch die Möglichkeit, mit einer Redox-Reaktion, einen –allerdings nicht spezifischen – Nachweis zu führen. Daneben gibt es noch einen Nachweis, der auf der Basis einer Komplex-Reaktion mit Nitroprussid-Natrium und Zink funktioniert.

Aufgaben:

1. *In einer Lösung könnten einzeln oder gemeinschaftlich Carbonat-, Chlorid- und / oder Sulfat-Ionen enthalten sein. Erarbeiten Sie sich einen Experimentierplan, um die Anwesenheit der Ionen in der Lösung zu ermitteln! Stellen Sie eine Liste der benötigten Geräte und Chemikalien zusammen!*
2. *Diskutieren Sie die Experimentierpläne in Ihrer Tisch-Gruppe! Wählen Sie den besten Plan aus, der die Aufgabe erfüllt und am wenigsten Chemikalien verbraucht!*
3. *Bereiten Sie ein oder mehrere passende Protokolle vor!*
4. *Führen Sie unter Aufsicht des Kursleiters den ausgewählten Experimentierplan aus! Protokollieren Sie Ihre Beobachtungen!*
5. *Werten Sie das Experiment / die Experimente aus! (als Protokoll)*
6. *Aus Industrie-Abwässern mit verschiedenen gelösten Silbersalzen sollen die Silber-Ionen entfernt werden.*
 - a) *Machen Sie einen Vorschlag, wie man vorgehen könnte! Erklären Sie Ihre Methode!*
 - b) *Gibt es eine billige Chemikalie mit der man eine solche "Säuberung" (auch) durchführen könnte?*

x. Stöchiometrie (III)

Beziehungen zwischen den wichtigen Größen der Stöchiometrie (Minimal-Übersicht (Teil A: Einzelstoffe++))

Beispiel-Gleichung:



$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{n_1 \cdot M_1}{n_2 \cdot M_2}$$

1,2 .. XX, YY od. ZZ

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dichte ρ

Masse m
→ abs. Atom-bzw.
Molekül-Masse

$$M = \frac{m}{n}$$

**molare
Masse M**

Bsp.-Formel:

$QqRr...Ss$

$$m_M = q \cdot m_Q + r \cdot m_R + \dots + s \cdot m_S$$

$$m_M = m_{A_1} + m_{A_2} + \dots + m_{A_n}$$

$$m_A = OZ \cdot m_{p^+} + OZ \cdot m_n + OZ \cdot m_{e^-}$$

**absolute Atom- bzw.
Molekül-Masse m_A, m_M**

OZ ... Ordnungszahl (des Elementes); e^- ... Elektron; n ... Neutron; p^+ ... Proton

Volumen V

**molares
Volumen V_M**
(Gase: = 22,4 l/mol)

$$V_M = \frac{V}{n}$$

Konzentration c

$$c = \frac{n}{V}$$

1 M = 1 mol/l

Stoffmenge n

**Stoffmengen-
Verhältnis**

$$\frac{n_{XX}}{n_{YY}} = \frac{x}{y}$$

Stoffmenge n

AVOGADRO-Konstante
 $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

$$N_A = \frac{N}{n}$$

Teilchen-Anzahl N

Lösungen und Mischungen

Massenanteil ω :

$$\omega = \frac{m_S}{m_L}$$

Volumenanteil φ :

$$\varphi = \frac{V_S}{V_L}$$

$$m_L = m_{LM} + m_S$$

L ... Lösung / Mischung; LM ... Lösungsmittel / Stoff2;
S ... (zu lösender / gelöster) Stoff/ Stoff1 / Substrat

Stöchiometrie (Minimal-Übersicht (Teil B: chemische Reaktion))

Gesetz von der Erhaltung der Masse

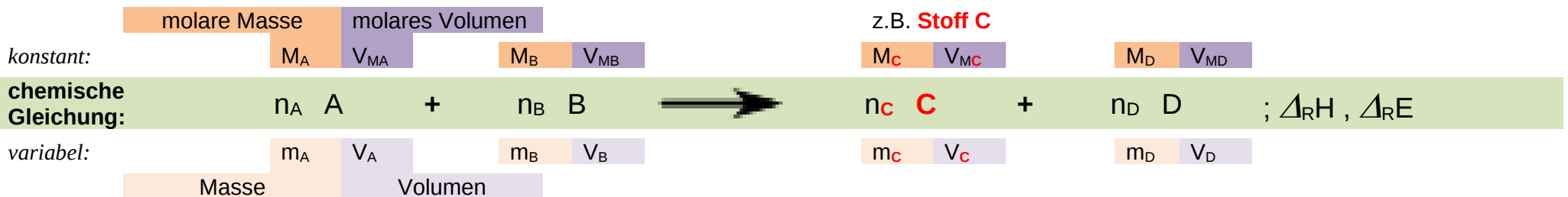
$$m_{AS} = m_{RP}$$

$$m_A + m_B = m_C + m_D$$

Es gibt KEIN Gesetz von der Erhaltung des Volumens !

$$V_A + V_B \stackrel{?}{=} V_C + V_D$$

$$V_A + V_B \stackrel{<}{>} V_C + V_D$$



$$\text{konstant: } \frac{n_A \cdot M_A}{m_A} = \frac{n_B \cdot M_B}{m_B} = \frac{n_C \cdot M_C}{m_C} = \frac{n_D \cdot M_D}{m_D} = k_{\text{Reak}} = \frac{n_A \cdot V_{MA}}{V_A} = \frac{n_B \cdot V_{MB}}{V_B} = \frac{n_C \cdot V_{MC}}{V_C} = \frac{n_D \cdot V_{MD}}{V_D}$$

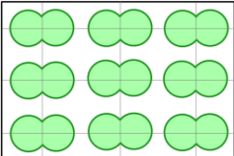
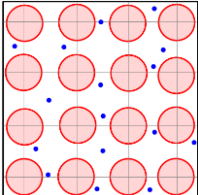
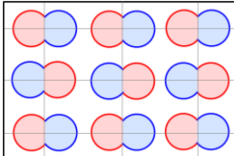
konstant für eine spezielle **Reaktion**
und die aktuellen Stoffproben

$$\begin{array}{ccccccc} \text{variabel} & & \text{konstant} & & \text{variabel} & & \text{konstant} \\ \frac{m_X}{m_Y} & = & \frac{n_X \cdot M_X}{n_Y \cdot M_Y} & = & k_{\text{Reak}} & = & \frac{V_X}{V_Y} \\ & & & & & & \text{variabel} & & \text{konstant} \\ & & & & & & \frac{m_X}{m_Y} & = & \frac{n_X \cdot M_X}{n_Y \cdot M_Y} \\ & & & & & & & & \text{variabel} & & \text{konstant} \\ & & & & & & \frac{V_X}{V_Y} & = & \frac{n_X \cdot V_{MX}}{n_Y \cdot V_{MY}} & = & k_{\text{Reak}} & = & \frac{m_X}{m_Y} & = & \frac{n_X \cdot M_X}{n_Y \cdot M_Y} \end{array}$$

X und Y können beliebige Stoffe (A, B, C, D, ...) aus der chemischen Gleichung sein

x. Systematisierung

Überblick: Bindungs-Arten

Bindungs-Art	(unpolare) Atom-Bindung	Metall-Bindung	polare Atom-Bindung
Merkmal / Kriterium			
Bauteile	Moleküle / (Atome)	Metall-Kationen (Atom-Rümpfe) und frei-bewegliche Elektronen	Moleküle
Bau Skizze			
Kristall-Typ	Molekül-Kristall	Metall-Kristall	Molekül-Kristall
Beispiele	Iod Brom (unter -7 °C) Saccharose (Haushaltszucker) Kohlenstoff Schwefel Phosphor	Silber Aluminium Gold	Wasser (unter 0 °C)
innere Bindung (in Bauteilen)	gemeinsam genutzte Elektronen-Paare	polare Kräfte zwischen Metall-Kationen und Elektronen	gemeinsam genutzte Elektronen-Paare; verschoben zum elektronegativeren Bindungs-Partner
Bindung zwischen Bauteilen	VAN-DER-WAAHLS-Kräfte	mittlere polare Kräfte	VAN-DER-WAAHLS-Kräfte schwache polare Kräfte

Merkmal / Kriterium	Atom-Kristall	Molekül-Kristall	Metall-Kristall	Ionen-Kristall
charakteristische Eigenschaften	gefärbt; stumpfe, amorphe Oberfläche / Kristalle selten Wasser-löslich	glänzend farblos, durchsichtig, selten gefärbt elektrisch nicht leitend (Isolator) schlechte Wärmeleiter bei Krafteinwirkung spröde geringe bis mittlere Schmelz- und Siede-Temperaturen polare Moleküle Wasser-löslich	elektrisch leitend; gute Wärmeleiter bei Krafteinwirkung verformbar mittlere Schmelz- und Siede-Temperaturen nicht Wasser-löslich	glänzend; farblos oder durchsichtig (selten gefärbt) elektrisch nicht leitend (Isolator) schlechte Wärmeleiter bei Krafteinwirkung spröde (sehr) hohe Schmelz- und Siede-Temperaturen üblicherweise Wasser-löslich

x. Nachweis-Reaktionen / chemisches Praktikum

x. Beispiel-Lösungen zu den Aufgaben (Selbstorganisiertes Lernen)

x.y. SOL:

x.y. SOL: Phosphor

weißer Phosphor

Q: de.wikipedia.org ()

roter Phosphor

Q: de.wikipedia.org ()

schwarzer Phosphor

Q: de.wikipedia.org ()

violetter Phosphor

Q: de.wikipedia.org ()

x.y. SOL: Wasserstoff

x.y. Muster-Vorlagen SOL:

1. !

--

2. Übernehmen Sie die nachfolgende Tabelle und füllen Sie die Lücken aus!

6. Erstellen Sie einen Steckbrief für!

Name:

Formel:

Q: de.wikipedia.org

Aggregatzustand:

Farbe:

Dichte: g / cm³

Schmelztemperatur: °C

Siedetemperatur: °C

molare Masse: g / mol

Geruch:

Geschmack:

Löslichkeit in Wasser: t

Charakter der wässrigen Lösung: h



; exotherm

weitere Namen:

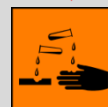
weitere Eigenschaften:

Herstellung:

Lagerungs-Hinweise:



()



Kalotten-Modell:

(Sauerstoff: rot; Wasserstoff:
weiß/grau; Natrium: violett)

Q: de.wikipedia.org ()

7. Vergleichen Sie!

Gemeinsamkeiten		
Unterschiede		

Literatur und Quellen:

/1/

ISBN

/11/

KEAN, Sam:

Treffen sich zwei Elemente ...- Verblüffende Geschichten aus der Welt der Chemie.-
Hamburg: Hoffman u. Campe Verl.; 2013.-2. Aufl.
ISBN 978-3-596-19580-0

/A/

Wikipedia

<http://de.wikipedia.org>

Die originalen sowie detailliertere bibliographische Angaben zu den meisten Literaturquellen sind im Internet unter <http://dnb.ddb.de> zu finden.

Abbildungen und Skizzen entstammen den folgende ClipArt-Sammlungen:

/A/ 29.000 Mega ClipArts; NBG EDV Handels- und Verlags AG; 1997

/B/

andere Quellen sind direkt angegeben.

Alle anderen Abbildungen sind geistiges Eigentum von:

// lern-soft-projekt: drews (c,p) 1997 - 2024 lsp: dre
für die Verwendung außerhalb dieses Skriptes gilt für sie die Lizenz:



CC-BY-NC-SA



Lizenz-Erklärungen und –Bedingungen: <http://de.creativecommons.org/was-ist-cc/>
andere Verwendungen nur mit schriftlicher Vereinbarung!!!

verwendete freie Software:

Programm	Hersteller:
Inkscape	inkscape.org (www.inkscape.org)
CmapTools	Institute for Human and Maschine Cognition (www.ihmc.us)
ChemSketch	ACD Labs (Advanced Chemistry Development, Inc.) (www.acdlabs.com)

weitere verwendete Software:

Programm	Hersteller:
chemix.org	(→ https://chemix.org/) codelite Ltd.

⌘-	(c,p) 2015 - 2024 lern-soft-projekt: drews	-⌘
⌘-	drews@lern-soft-projekt.de	-⌘
⌘-	http://www.lern-soft-projekt.de	-⌘
⌘-	18069 Rostock; Luise-Otto-Peters-Ring 25	-⌘
⌘-	Tel/AB (0381) 760 12 18 FAX 760 12 11	-⌘