

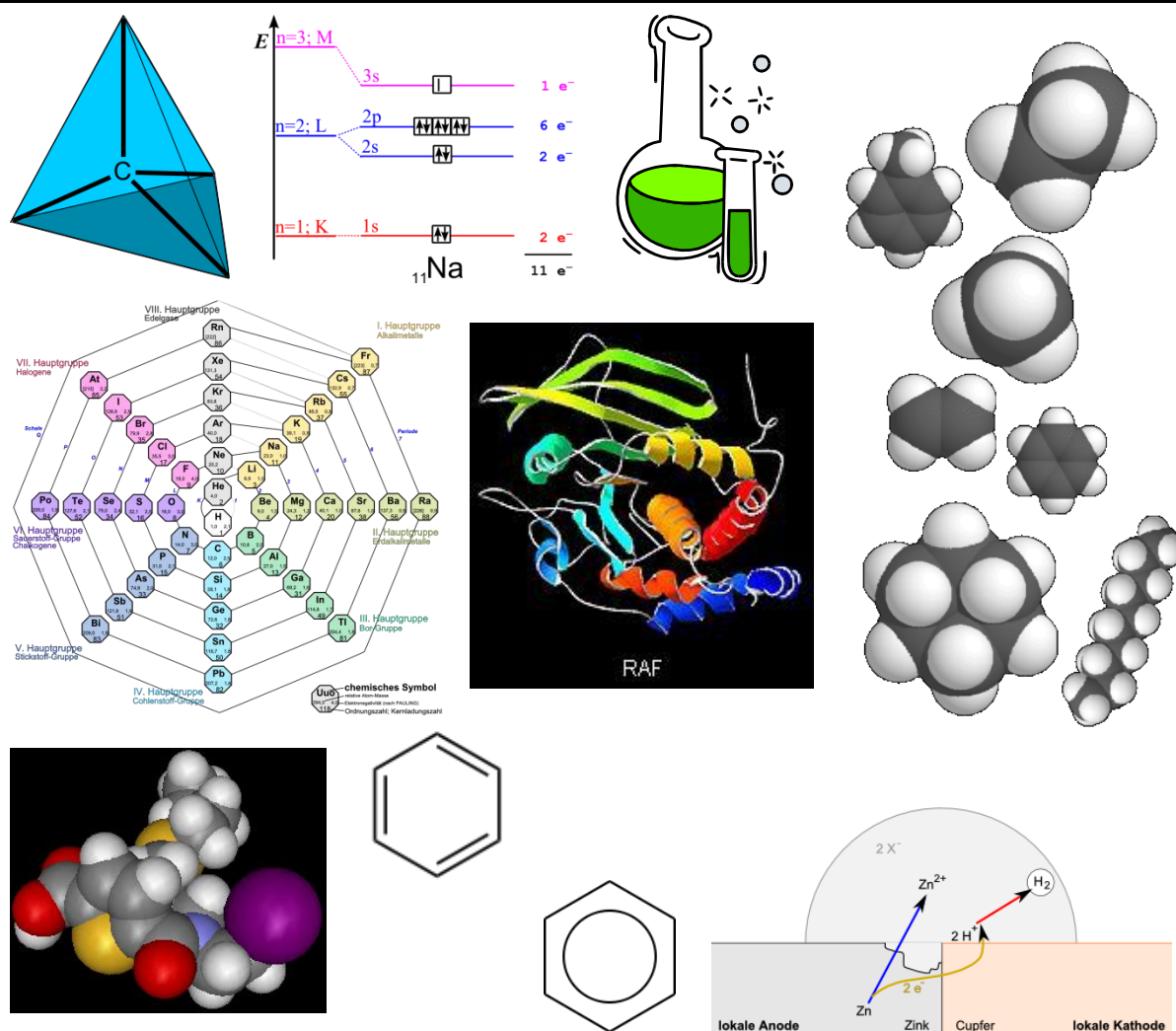
Allgemeine Chemie

mit besonderen Bezügen zur Biologie und Ernährungslehre

in der Sekundarstufe II

Teil 1: allgemeine Grundlagen, Stoffe

Autor: L. Drews

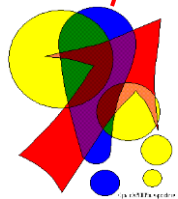


Bilder-Quellen (z.T. nachbearb.): commons.wikimedia.org (Algarech + Van Flamm); UD-Bildschirmshoner; ..., lsp: dre

Version 0.32 (2026) teilredigierte Arbeitsversion!!!

Legende:

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









Nutzungsbestimmungen / Bemerkungen zur Verwendung durch Dritte:

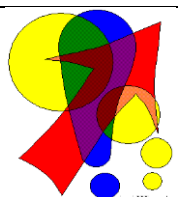
- (1) Dieses Skript (Werk) ist zur freien Nutzung in der angebotenen Form durch den Anbieter (lern-soft-projekt) bereitgestellt. Es kann unter Angabe der Quelle und / oder des Verfassers gedruckt, vervielfältigt oder in elektronischer Form veröffentlicht werden.
- (2) Das Weglassen von Abschnitten oder Teilen (z.B. Aufgaben und Lösungen) in Teildrucken ist möglich und sinnvoll (Konzentration auf die eigenen Unterrichtsziele, -inhalte und -methoden). Bei angemessen großen Auszügen gehören 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. Vorbemerkungen	5
0.1. die Wissenschaft Chemie	8
Definition(en): Chemie	8
0.1.1. eine ganz kurze Geschichte der Chemie	8
0.2. Teilgebiete der Chemie	10
0.3. Wozu braucht man heute Chemie?	12
0.4. Konzepte der modernen (Schul-)Chemie	14
Definition(en): Fach-Konzepte (der Chemie)	19
1. Stoffe - makroskopisch	21
1.1. Stoffe und ihre Klassifikation	22
Definition(en): Stoff	22
Definition(en): Chemikalien	23
Definition(en): Gefahrstoff	23
Definition(en): (Stoff-)Probe	24
Definition(en): Reinstoff	24
Definition(en): Element (makroskopisch, historisch)	27
Definition(en): Gemenge / Gemisch	30
Definition(en): heterogenes Gemenge / Gemisch	30
Definition(en): homogenes Gemenge / Gemisch	30
Definition(en): Dispersion	30
Definition(en): (echte) Lösung	31
Definition(en): Kolloid / kolloidale Lösung	31
Definition(en): Verbindung	32
Definition(en): Moleküle	33
Regel: Energie von Molekülen im Vergleich zu Atomen	33
Regel: Stabilität von Molekülen	33
Definition(en): Substanz- und Molekül-Formeln	35
Definition(en): Struktur	35
Definition(en): Symmetrie	36
Definition(en): Konstitution	36
Definition(en): Konfiguration	37
Definition(en): Konformation	37
Definition(en): Isomerie	37
Definition(en): Konstitutions-Isomerie	37
Definition(en): Konfigurations-Isomerie	38
Definition(en): cis-trans-Isomerie / geometrische Isomerie	38
Definition(en): optische Isomerie	38
Definition(en): Konformations-Isomerie	38
Definition(en): Atrop-Isomerie	39
Stoff-Klassen	40
Definition(en): Kristall	42
2. grundlegende physikalische Sachverhalte	46
Definition(en): Teilchen	46
Definition(en): Kraft	47
Definition(en): Dipol	50
Definition(en): Polarisierbarkeit	50
2.1. Kräfte zwischen den Teilchen	52
Definition(en): Kohäsion	54
Definition(en): Adhäsion	55
2.2. Energie und Energie-Austausch	56
Definition(en): Energie	56
Definition(en): Temperatur	56
2.3. Teilchen-Bewegung	59
Definition(en): Diffusion	62
3. Stoffe, Eigenschaften und zugehörige Arbeits-Methoden	63
3.0.1. konstitutive Eigenschaften	64

3.0.2. kolligative Eigenschaften.....	65
3.0.3. kombinierte Eigenschaften.....	66
3.1. bedeutsame Stoffeigenschaften	67
3.1.1. Aggregatzustand.....	67
Schmelz-Temperatur F_P , T_{FP}	68
Siede-Temperatur K_P , T_{KP}	68
Methode: Ableiten von Eigenschafts-Qualitäten aus Bau und Struktur	71
Exkurs: das Pech-Tropfen-Experiment ODER das langweiligste Experiment der Welt	73
3.1.2. elektrische Leitfähigkeit.....	75
3.1.3. Wärme-Leitfähigkeit.....	77
3.1.4. Viskosität und Oberflächenspannung	78
3.1.5. Masse und Volumen.....	81
3.1.x. Glanz	83
3.1.x. Farbigkeit.....	83
3.1.x. Härte.....	84
3.2. wichtige Arbeitsmethoden für und mit Stoffgemischen.....	85
3.2.1. Mischen und Trennen	85
3.2.2. Lösen	86
Definition(en): Lösen	86
3.2.2.1. kolloidales Lösen	96
3.2.3. weitere Misch-Verfahren	98
3.2.3.x. Homogenisieren.....	98
3.2.3.x. Suspendieren.....	98
3.2.3.x. Dispergieren	98
3.2.3.x. Begasen	99
3.2.4. Dekantieren, Sichten und Filtern.....	100
Definition(en): Sichten	100
Definition(en): Dekantieren.....	100
Definition(en): Sieben	101
Definition(en): Filtrieren	101
3.2.5. Destillieren.....	102
Definition(en): Destillieren	103
Definition(en): fraktioniertes Destillieren / Fraktionieren	103
Definition(en): Fraktionieren	105
3.2.6. Extrahieren	106
Definition(en): Extrahieren.....	106
3.2.6.x. Hochdruck-Extraktion.....	106
Exkurs: überkritischer Zustand von Gasen	107
3.2.7. weitere Trenn-Verfahren	108
3.2.7.x. Zentrifugieren.....	108
Definition(en): Zentrifugieren.....	108
3.2.7.x. Magnet-Scheiden.....	108
3.2.7.x. Sublimation	108
3.2.7.x. Flotation.....	108
3.2.7.x. Adsorption	109
Definition(en): Adsorbieren.....	109
3.2.7.x. Absorption	109
Definition(en): Absorbieren.....	109
3.2.7.x. Chromatographische Trennung	110
3.2.8. Kombination aus Trenn- und Misch-Verfahren	112
Definition(en):	112
Literatur und Quellen:	113

0. Vorbemerkungen

schulische Themen der allgemeinen Chemie, Realisierung der Lehrplaninhalte verschiedener Bildungsgänge; nicht erschöpfend und nicht immer alle Inhalte der Bildungsgänge betrachtet; Auswahl der Inhalte nach Bedeutung vorrangig für Biologie bzw. Ernährungslehre

Wiederholung, Neueinführung, Selbst-Studium, Anders-Betrachtung, Übung

deshalb systematisch unvollständig (Hinweise auf fehlende Gruppen im Einleitungstext zur Stoffgruppe)

Gliederung so, wie Inhalte gebraucht werden (wenn keine Bedeutung für ..., dann keine Aufnahme in die Gliederung (selten nur Querverweise oder Links)); Gliederungsebenen sind chemisch orientiert aber doch didaktisch betont gewählt; praktische Verwendbarkeit und Übersichtlichkeit (für unseren Zweck) geht vor abstrakter wissenschaftlicher Strenge, sonst besteht auch die Gefahr der ellenlangen Gliederungen (1.4.2.1.2.1. Irgendwas). Leider klappt das aber nicht immer. Kompromiß!!!

Stoffe bzw. Stoffgruppen, die auch Inhalt des Faches sind, werden nicht weiter betrachtet – es sei denn, es gibt allgemeingültige Basisinhalte

einheitliches Niveau für ein gutes bis sehr gutes Grundwissen, bei alternativer Benutzung von Schul-Lehrbücher, Internet-Plattformen usw. usf. muss man selbst einschätzen, ob das dargebotene Niveau dem eigenen Zweck entspricht


Kursleiter der Zielkurse (Biologie bzw. Ernährungslehre) können den Umfang (mit-)bestimmen (Themenvorgabe od. Reduktion des Skripts (siehe → Nutzungsbestimmungen / Lizenz)

für Selbststudium und Nachschlagezwecke

das Lösen der Aufgaben ist bei Selbststudium zu empfehlen; zuerst Abgleich mit Gleichgesinnten und Gleichbetroffenen, günstig für Selbstkontrolle und selbstorganisiertes Lernen; Kursleiter der Zielkurse (Biologie bzw. Ernährungslehre) werden sicher bereit sein, die Lösungen nachzukontrollieren bzw. im Streitfall zu schlichten

diverse Aufgaben, z.T. auch solche, die man in Klausuren oder anderen Leistungs-Kontrollen erwarten könnte

Ziel der meisten Schüler, Auszubildenden usw. usf. in der Sekundarstufe ist die Erreichung der Studienfähigkeit. Unter der Annahme, dass dieses Skript von solchen Lesern genutzt wird, die sich in der Ausbildung mit biologischen oder Ernährungs-wissenschaftlichen Schwerpunkten befinden, sind die zukünftigen Studien- und Arbeitstechniken interessant. Genauigkeit, Logik, Verallgemeinerung und Systematik sind keine Luxus-Güter in der Naturwissenschaft. Sie sind das elementare Rüstzeug für jeden Wissenschaftler. Dies schließt auch die Geistes-Wissenschaftler ein, auch wenn deren Arbeitsfelder traditionell weniger Naturwissenschafts-affin sind. Die wissenschaftlichen Arbeitstechniken sind aber auch für sie eine Voraussetzung für erfolgreiches Forschen.

einige Stoffgruppen (z.B. Kohlenhydrate) werden auf dem Minimal-Niveau (z.B. für Biologen) betrachtet. Für die Ernährungslehre erfolgt eine ausführliche Betrachtung in einem speziellen Skript (z.B.  (Skript:) Ernährungslehre).

Durch spezielle Zeichen an der Kapitel-Überschrift wird die Eignung für die einzelnen Interessenten angezeigt. Der Erdball steht für Allgemeinwissen bzw. Grundwissen für die Biologen wie die Ernährungswissenschaftler (Trophologen). Das DNS-Molekül steht für die Biologie und der Löffel – na dreimal dürfen Sie raten – natürlich für die Ernährungswissenschaft (Trophologie). Im Kästchen neben dem Interessenbereich ist die konkrete Bedeutung angegeben. Ein **+** steht für sehr wichtig, ein **-** für eine geringere Bedeutung. Den Durchschnitt – das Mittelmaß kennzeichnen wir mit dem \div -Zeichen.



Manche Themen sind hier in der allgemeinen, organischen Chemie so knapp dargestellt, dass sie für die Einzelwissenschaft völlig unzureichend sind. In solchen Fällen ist das Gebietssymbol dann durchgestrichen und die Bedeutungsmaße fehlen.



Hier muss man sich in der speziellen Literatur der jeweiligen Wissenschaft genauer informieren. In speziellen Skripten zur Biologie und Ernährungslehre werden solche Sachverhalte dann ausführlich dargestellt. Natürlich darf ein interessierter Leser die Kapitel auch durcharbeiten. Aber man sollte nicht dem Irrglauben aufsitzen, der knappe / oberflächliche Inhalt würde dann auch für alle Fachfragen und Fachprobleme schon ausreichen.

auf eigentlich wichtige Sachverhalte, wie z.B. detaillierte Reaktionsmechanismen, wird hier teilweise verzichtet, weil für den direkten Umgang in der Biologie oder Ernährungslehre solche Kenntnisse meist nicht gebraucht werden (ev. Hinweise auf weiterführende Literatur oder Verweise, Stichwort z.B. für Lexika, Internet etc.)

So werden echte "Chemiker" sicher auch die Darstellung der verschiedenen Stoffe vermissen. Für die Herausbildung von verwertbaren Kenntnissen für die Ernährungslehre und die Biologie spielen solche Vorgänge und Stoff-Kenntnisse eine untergeordnete Rolle. Der aufmerksame Leser wird viele Darstellung in Ausgangsstoffklassen finden. Dort sind dann auch immer Links auf die dargestellte Stoffklasse angezeigt, obwohl dies didaktisch eigentlich nicht immer sinnvoll ist. Aber dieses Skript will ja auch kein gewöhnliches Chemie-Büchlein sein.

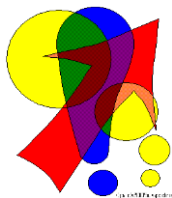
wo allgemeine Grundkenntnisse aus anderen Wissenschaften gebraucht werden, die von grundlegender Bedeutung für das Verständnis eines Sachverhaltes sind, dann werden diese meist als Exkurs näher erläutert. Die Sachverhalte sollen nicht nur einfach aufgezählt und gepredigt, sondern auch verstanden werden. Die Auswahl erfolgt nach meinen Lehr-Erfahrungen. Besonderer Wert wird auch auf solche Sachverhalte gelegt, die in der populären Literatur zu oberflächlich oder vielleicht auch falsch dargestellt werden. Das Skript soll es auch ermöglichen ergänzende Aufgaben und Übungen zu ermöglichen, oder auch mal einen – über das Maß hinausgehenden – Schüler-Vortrag od.ä. vorzubereiten.

Eine angemessene Fachsprache ist die Voraussetzung für wissenschaftliche Kommunikation. Auch deutsche Fachbegriffe erfüllen diese Aufgabe. Im Zuge einer rasanten Internationalisierung ist aber auch die Kenntnis und der Umgang mit fremdsprachlichen Fachbegriffen unbedingt notwendig. Sind bei Begriffen mehrere Schreibungen oder Fachwörter üblich oder gebräuchlich, dann geben wir sie zu mindestens bei der ersten Benutzung in einem Abschnitt etc. mit an. Sind sie weniger üblich, dann sind sie in einer kleineren Schriftart gesetzt.

Fachbegriffe und vor allem viele chemische Stoff-Namen sind echte Zungenbrecher. Wenn man bei ihnen nicht weiss, wie sie in Silben zerlegt und wo sie betont werden müssen, dann können sie zu echten Kommunikations-Hindernissen werden. Wir wollen hier eine neue Formatierung versuchen, um 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

schönes Beispiel ist die Orthoperiodsäure, die natürlich nicht die Ortho-period-säure ist sondern die Ortho-per-iod-säure – in der internen Schreibung Orthoperiodsäure



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 Verbesserungsvorschlägen 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!

Der besseren Begriffs-Zuordnung und –Abhängigkeit dient auch die eigentlich nicht richtige Hervorhebung von Substantiven / Sachwörtern in Adjektiven. Bindestriche zwischen solchen Wortfragmenten und in zusammengesetzten Substantiven haben sich in der Praxis einfach bewährt. Die Begriffe sind besser zu lesen, inhaltlich zu erfassen und systematisch einzuordnen.

Die Namen von Wissenschaftlern oder Autoren bzw. deren Namen in abgeleiteten Begriffen werden in diesem Skript in Großbuchstaben geschrieben. So wird dann schnell klar ob der KOCH ein Wissenschaftler oder ein Meister der Küche (Koch) war, dem wir eine Entdeckung zu verdanken haben. Um Verwechslungen mit Abkürzungen zu vermeiden, verwende ich die modifizierte Schreibung der Namen aus normal groß gesetzten Anfangs-Buchstaben und kleiner gesetzten weiteren Großbuchstaben. Somit wäre dann KOCH eine (imaginäre) Abkürzung. Leider verarbeitet das Indizierungs-System von microsoft-WORD diese feinen Unterschiede nicht. Im Sachwort-Verzeichnis ist KOCH gleich KOCH, aber eben nicht Koch. Der Leser sollte trotzdem im Kopf behalten, dass in vielen Bezeichnungen die Wissenschaftler-Namen quasi eingedeutscht wurden. So spricht jeder von Röntgenstrahlen oder Erlenmeyerkolben, obwohl es eher RÖNTGEN-Strahlen und ERLENMEYER-Kolben heißen müsste. Ich werde versuchen die würdigenden Bezeichnungen zu benutzen, aber auch ich unterliege dem allgemeinen Sprachgebrauch.

Ein schönes Beispiel für die Probleme mit der Schreibung von Fachbegriffen sind die Zintlionen. Na, haben Sie den Begriff gleich richtig gelesen? Sind es irgendwelche Lionen? Nein, leider nicht! Laut meiner Recherche (Mai 2013) gibt es so was gar nicht. Also müssen daraus Zintl-Ionen machen. Hört sich irgendwie chemisch oder physikalisch an. Ja richtig, es sind ganz richtig geschrieben die ZINTL-Ionen, benannt nach Eduard ZINTL.

Sollten wichtige Stoffe oder Stoffgruppen mit allgemeinem Interesse fehlen, dann ist ein Hinweis an die / den Autor(en) gewünscht.

Spezialwissen gehört aber in spezielle Literatur. Deren Autoren sind weitaus kompetenter.

Hier möchte ich auch andere Skripte erwähnen, dass viele Aspekte der allgemeinen und anorganischen Chemie für die Sek. II bearbeiten. Sie sind anders aufgebaut. Das hat vor allem für die Leser, die mit meinem Vorgehen und Erklären nicht klarkommen, den entscheidenden Vorteil, es einfach anders dargeboten zu bekommen.

zentrale Web-Seite für Skripte von Michael SCHMIDT: www.chemie-verstehen.de

Skript: Chemie (Berufsfachschule und Fachoberschule)

www.chemie-verstehen.de/skripte/skript_chemie_bos.pdf

Skript: Chemie für das Berufliche Gymnasium

www.chemie-verstehen.de/skripte/skript_chemie_gym.pdf

0.1. die Wissenschaft Chemie

Definition(en): Chemie

Chemie ist die Wissenschaft, die sich mit den Stoffen, ihren Eigenschaften und Umwandlungen in andere Stoffe (chemischen Reaktionen) beschäftigt. (nach: PAULING)

Chemie ist die Physik der Elektronen-Hülle.

Beispiele für chemische Vorgänge in unserem Umfeld:

- Verbrennung von Holz
- Backen von Brot
- Laden und Entladen eines Akkus (Akkumulators)
- Rosten von Eisen
- Wärme-Bildung in unserem Körper
- Lösen von Zucker in Wasser
- Herstellung von Stahl
- Verkleben von zwei Teilen
- Herstellung von (Kunst-)Fasern für (Textil-)Stoffe und Kleidungsstücke
- Verchromen eines Schmuck-Stückes
- Leucht-Elemente moderner Flachbildschirme
- Färben von Textilien / Materialien (Farbe / Lacke)
- Oberflächen-Veredlung (Nano-Technologien)
- Plaste und Elaste
- Umwandlung von Nahrung in Energie und Körper-eigene Stoffe
- Entfernen von Flecken (z.B. aus Textilien)
- Desinfektion von Materialien, Medikamenten, Nahrungsmitteln, Verpackungen, ...

0.1.1. eine ganz kurze Geschichte der Chemie

im alten Griechenland aber auch in Arabien vor allem theoretische (mathematisch / logisch) und empirische Wissenschaften

trotzdem bestand ein großer – quasi vorchemischer – Bestand an Wissen und Erfahrungen viele Alltags-Erfahrungen, aber auch überraschende Spezialkenntnisse über bestimmte Herstellungs-Verfahren

Beherrschung des Feuers

Eisen-Herstellung

Bronze-Herstellung

Alkohol-Herstellung

griechisches Feuer

Herstellung von alkoholische Auszüge aus Pflanzen- od. seltener auch aus Tier-Teilen

Wasserdampf-Destillation (Herstellung ätherischer Öle)

Schwarzpulver

Balsamierung von Leichen

Konservierung (Einsalzen, Einzuckern, Einlegen in Essig und Öl)

Parfümerie

Herstellung von Indigo

vieles war Wissen von Familien, Gilden oder auch Geheimbünden
bis zum Ende des Mittelalters wird kaum direkt von Chemie gesprochen, Beginn mit den Alchemisten

Ziel war vor allem die verschiedenen Stoff-Umwandlungen zu erfassen und zu verstehen
Nebenziel war die Suche nach einem Elixier, dass aus beliebigen Stoffen oder unedlen Metall Gold entstehen lässt

schon zum Ende des Mittelalters stellten die forschenden Naturkundler bestimmte Regeln für wissenschaftliche Tätigkeiten auf
so formulierte LAVOISIER (1743 – 1794) schon eine Dreiteilung

- Experiment (*préparation de l'expérience* (= Versuchsbeschreibung))
- Erfolg (*effet* (= Ergebnisse))
- Betrachtung (*réflexions* (= Schlussbetrachtung))

0.2. Teilgebiete der Chemie

ES gibt eine Vielzahl von Teilgebieten, die sich aber z.T. nur schlecht voneinander abgrenzen lassen oder sich aus verschiedenen Herangehensweisen auch thematisch überlappen. Es gibt auch vielfältige Berührungs-Bereiche zu anderen Naturwissenschaften. Die Einteilung in die Teilgebiete erfolgt nicht dogmatisch. Man ist eher an einer breiten Verknüpfung des Wissens interessiert. Dafür spricht auch ein fortgeschrittenes Vorschriften-System zu Standardisierungen, Schreibweisen und Notierungen, die fast durchgehend international gelten (z.B. IUPAC-Regeln).

Teilgebiet / Teilbereiche	wichtige Inhalte / Forschungsthemen
allgemeine Chemie	Bau und Eigenschaften der Stoffe, Verbindungen, Bindungen, chemische Reaktionen, Reaktions-Typen
anorganische Chemie	Säuren, Basen Salze, ... Schwefel-Verbindungen, Stickstoff-Verbindungen, ... Halogene, Chalkogene, Alkali-Verbindungen, Erdalkali-Verbindungen, ...
organische Chemie	Kohlenwasserstoffe, Aromaten Sauerstoff-, Schwefel- und Stickstoff-Derivate, Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße, Farbstoffe, Plaste und Elaste, Makromoleküle, Kunstfasern, ... (alle Kohlenstoff-Verbindungen, außer Oxide, Carbonate und Carbide)
technische Chemie	Herstellung von Industrie-Chemikalien, Produktions-Verfahren und –Technologien, Erdöl-Verarbeitung

Teilgebiet / Teilbereiche	wichtige Inhalte / Forschungsthemen
Biochemie	chemische Vorgänge in Zellen und Lebewesen chemische Vorgänge mit Enzymen usw.
Elektrochemie	Elektrolysen, Galvanisierung, ... Batterien, Akkumulatoren, Brennstoff-Zellen Korrosions-Schutz
Katalysatorchemie	energetisch günstigere, effektivere und schnellere Produktion von Chemie-Produkten, Vermeidung von Zersetzungen oder Verderb
Photochemie	Herstellung von Foto- und RÖNTGEN-Filmen, Foto-Papiere, Foto-Katalysatoren, Farbstoffe
Kernchemie	<i>Herstellung von radioaktiven Isotopen und Verbindungen, "nicht-chemische" Stoff-Umwandlungen</i>
Thermodynamik	chemische Reaktion und Energie (Energie-Aufnahme od. -Abgabe), Energie-Umwandlungen Möglichkeit und Unmöglichkeit von chemischen Reaktionen Grenzen der nutzbaren Energien Ordnung und Unordnung, Wahrscheinlichkeiten, Information
Reaktionskinetik	Geschwindigkeit und Ablauf (Elementar-Reaktionen) von chemischen Reaktionen
Komplex-Chemie	Ionen-Austauscher, Farbstoffe

0.3. Wozu braucht man heute Chemie?

praktisch sind alle Bereiche des menschlichen Handelns von Chemie durchzogen
die meisten sind ohne Chemie nicht denkbar oder nur in elementaren Stufen (Niveau Urzeit bis Antike (manches auch bis spätes Mittelalter)) durchführbar
die Chemie besitzt an sich ein schlechtes Image, jeder verbindet die Chemie-Unfälle oder viele Katastrophen damit, aber nicht die Artikel, die jeder jeden Tag – auch sehr gerne – nutzt, man denke an Kosmetika, Reinigungsmittel, Chemiefasern / Textilien, Verbund-Werkstoffe
deshalb hält die Chemie sich eher zurück, wenn es um die Darstellung ihres Wirkens auf unsere heutige Lebenswelt geht

Wissenschaften und Bereiche mit großen Chemie-Einflüssen	genutzte chemische Kenntnisse, ... Chemie wird gebraucht für ...
Energie-Wirtschaft	Herstellung von Briketts, Benzin und Diesel, ... (Bio-)Ethanol, ... Kraftwerke, Solar-Zellen, ... Akkumulatoren, Batterien, Brennstoffzellen, ...
Produktion / Herstellung / Gewinnung	Lösungsmittel, Reinigungsmittel, ... Klebstoffe, Klebemittel, ... Lacke und Farben, ... Gleit- und Haft-Mittel, ...
Biochemie	Wirkmechanismen von Stoffen, Entgiftung von Stoffen im Körper, Enzyme, Biotechnologien Was ist Leben?
Pharmazie	Wirkung von Stoffen
Toxikologie	Giftigkeit einzelner und kombinierter (!!!) Stoffe (Toxine), Umweltgiftigkeit, Entgiftung, ...
Ernährungslehre	Nährstoffe, Zusatzstoffe, Kontaminierungen, Umweltgifte, Nahrungs-Ergänzungsmittel, Aromen, Geschmacksstoffe, Duftstoffe, ...
Umweltschutz	Abgas-Reinigung, Giftstoff-Entsorgung, Bindemittel, Brandschutz
Medizin	Medikamente (Herstellung) Implantate und Transplantate
Kommunikations-Technik	Flüssig-Kristalle, Silizium-Einkristalle für die Chip-Produktion, Herstellung von Chips für elektronische Geräte usw. usf. Batterien, Akkumulatoren, Brennstoff-Zellen, ...

Wissenschaften und Bereiche mit großen Chemie-Einflüssen	genutzte chemische Kenntnisse, ... Chemie wird gebraucht für ...
Handel	Verpackungen, Einkaufs-Tüten Transport-Behälter, Lager- und Präsentations-Systeme, Werbung, ...
Haushalt	Reinigungs-Mittel, Haushalts-Chemikalien, Fleck-Ent- ferner, ... Möbel, Tapeten, Wand- und Fußboden-Textilien, Gardi- nen, ... Geschirr, Gläser, Lager-Behälter, ... Spielzeug, ...
Kosmetik Gesunds-Artikel	Waschmittel, Cremes, Lotionen, Gele, ... Duftstoffe, Aromen, ... Färbemittel, Bleichmittel, ...
Metallurgie Werkstofftechnik	Legierungen, Veredlungen, Korrosions-Schutz, ... Kunststoffe, Verbund-Werkstoffe, ... Farben und Lacke

Wie man schon aus den vielfältigen Anwendungen in der obigen Tabelle erkennen kann, findet man kaum einen Lebensbereich von uns Menschen, in dem Chemie keine Rolle spielt

Aufgabe:

Finden Sie einen Bereich, in dem Chemie keine Rolle spielt! Diskutieren Sie Ihren Vorschlag mit anderen Kursteilnehmern!

0.4. Konzepte der modernen (Schul-)Chemie

Für den einen oder anderen bleiben bestimmte Künste oder Wissenschaften für immer ein Rätsel. Ich kann bis heute nicht hinter jedem Bild von KLIMT oder eine Kunst, geschweige irgendetwas bedeutendes entdecken. Aber das hindert mich nicht daran bestimmte Strukturen, Farb-Systeme, Harmonien usw. zu entdecken. Man kann sich also auch mit der Wissenschaft Chemie beschäftigen ohne ein großer Freund zu werden.

Was sind nun die wichtigen Konzepte, Orientierungen usw. in der Chemie?

Diese Hauptkonzepte – oder auch Leitlinien – gelten als Kern-Elemente. Auch wenn man nicht alle Eigenschaften und Zusammenhänge z.B. rund um das Schwefeldioxid zusammenbekommt, so kann man doch die großen Beziehungen verstehen und zu mindestens als solche in seine Weltsicht einbringen.

Leit-Linien oder rote Fäden der (Schul-)Chemie
neumodern jetzt Basis-Konzepte genannt

dienen der Orientierung im Fach
bündeln die Kern-Themen der Chemie
stellen Verbindungen zwischen Fakten, Modellen und Theorien her
formulieren übergeordnete Gesetzmäßigkeiten / Zusammenhänge

Stoff, Struktur und Eigenschaften

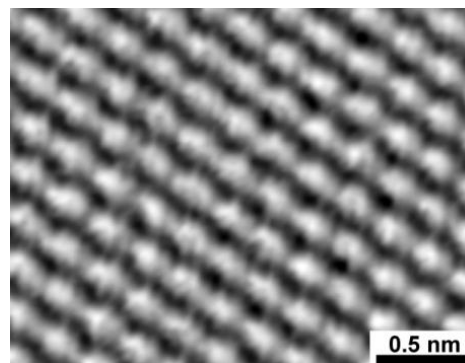
Stoff-Teilchen-Beziehungen / Stoff-Teilchen-Konzept

In der Chemie gehen wir davon aus, dass alle Stoffe aus Teilchen aufgebaut sind. Während wir Stoffe mit ihren Eigenschaften direkt beobachten und vermessen können (makroskopischer Bereich), sind Teilchen nicht direkt zu erfassen. Wir benötigen Hilfsmittel, um in die submikroskopische Welt der Atome einzudringen. Die Hilfsmittel liefern uns grundsätzlich nur Daten, die wir interpretieren müssen. Auch mit den besten Hilfsmitteln sehen wir keine Atome, sondern nur Daten, die wir im Sinne allgemein akzeptierter Modelle und Theorien deuten können.

Stoff:	Eisen
makroskopische Eigenschaften / Merkmale	submikroskopische Eigenschaften / Merkmale
<ul style="list-style-type: none">• fest• relativ weich, formbar• Schmelz-Temperatur: 1539 °C• Siede-Temperatur: 3070 °C• schwerer als Wasser (höhere Dichte)• grau bis silbrig glänzend• gut elektrisch leitend• guter Wärmeleiter• reagiert mit Luft (Rosten)•	<ul style="list-style-type: none">• besteht aus Atomen• Atom besteht aus 26 Protonen, 26 Elektronen und 26 bis 34 Neutronen• kann 2 bis 3 Elektronen abgeben und dadurch Ionen (2+ bzw. 3+) bilden• Atome ordnen sich zu dreidimensionalen Gittern aus Atom-Rümpfen und frei-beweglichen Elektronen in einer Atom-übergreifenden Elektronen-Wolke an•

Schnell ist man verleitet im nebenstehenden Bild aus einem Rasterelektronen-Mikroskop Atome zu erkennen. Das können wir so interpretieren, praktisch ist es aber nur die Struktur einer Fläche, die größere oder kleinere elektrische Ströme in Grautönen darstellt. Die Ströme werden an einer feinen Spitze gemessen, die über die Oberfläche einer Stoff-Probe geführt wurde.

Nach unseren derzeitigen Erkenntnissen haben Atome keine Außengrenze / Außenschicht. Unsere Vorstellungen von Atomen sind nur Modelle, von denen das eines kugeligen Atom's für viele Anwendungen super praktisch ist.



Rastertunnel-mikroskopische Aufnahme einer Graphit-Oberfläche
Q: de.wikipedia.org (Frank Trixler (LMU))

Struktur-Eigenschafts-Beziehungen / Struktur-Eigenschafts-Konzept

Die beobachtbaren Eigenschaften eines Stoffes hängen von ihrem Bau ab. Dabei betrachten wir sowohl die Anordnung und die Art der Teilchen sowie die Beziehungen (Kräfte) zwischen ihnen.

Auch wenn die Regel dieses Konzept's "Der Bau bestimmt die Eigenschaften." lautet, müssen wir doch zur Kenntnis nehmen, dass wir nach solchen Modellen suchen, mit denen sich möglichst genau die beobachtbaren Eigenschaften erklären lassen. Da wir den Bau gar direkt erfassen können, bleiben uns beobachtbare Merkmale, um Rückschlüsse auf den "möglichen" Bau zu ziehen. Wenn man dann aber der Regel folgt, dann kann man aus dem abgeleiteten Bau auf weitere Eigenschaften schließen. Das entlastet uns aber nicht, die Vermutungen durch weitere Beobachtungen und Messungen zu bekräftigen.

Wenn wir z.B. eine feste Stoffprobe auf ihre elektrische Leitfähigkeit testen und einen deutlichen Strom messen können, dann ist es sicher gerechtfertigt zu sagen, es handelt sich um ein Metall. Damit können wir auf ein allgemein akzeptiertes Bau-Modell für Metalle zurückgreifen. Dies besagt, dass die Atom-Rümpfe an Gitter-Positionen liegen und einige Elektronen sich frei zwischen diesen Atom-Rümpfen bewegen. Die Beweglichkeit dieser Elektronen ist nach unseren Modellen für die elektrische Leitfähigkeit verantwortlich.

Wenn es sich nun bei der Stoff-Probe um ein Metall handelt, dann sollten auch andere Eigenschaften der Metalle passen. Das müssen wir aber irgendwann auch mal prüfen.

In der Chemie werden Stoffe aufgrund ihrer Zusammensetzung und Eigenschaften (das meint auch chemische) in Klassen eingeteilt (**Stoff-Gruppen / -Klassen**).

Stoff-Umsatz / chemische Reaktion

Ausgehend vom Teilchen-Konzept können wir chemische Vorgänge als Übertragungs- oder Umgruppierungs-Vorgänge von Teilchen (Atomen und Ionen) oder ihren Elementar-Bausteinen (Protonen und Elektronen) interpretieren. Ein Stoff muss dabei bestimmte Teilchen abgeben, die ein anderer Stoff aufnimmt. Das abgebende System nennen wir **Donator**, das aufnehmende **Akzeptor**.

Donator-Akzeptor-Konzept

Alle chemische Reaktionen können als Vorgänge interpretiert werden, bei denen Donation und Akzeption direkt miteinander verknüpft sind. Der Donator gibt sein zu übertragendes Teilchen direkt an den Akzeptor ab. Für die Erklärung der ablaufenden Vorgänge können wir zwar zwei Teilreaktionen konstruieren, in der Realität sind sie nur gemeinsam und praktisch gleichzeitig zu beobachten.

Aus der Art der übertragenen / umgruppierten Teilchen leiten wir Reaktions-Typen ab. Werden z.B. Elektronen übertragen dann handelt es sich nach unserem Verständnis um Redox-Reaktionen. Werden Protonen (H^+ -Ionen) übertragen dann sollen es Säure-Base-Reaktionen sein. Bei Reaktionen mit organischen Stoffen finden wir bei Substitutionen den Austausch von Atomen oder Atom-Gruppen.

Etwas spezieller sind Additionen und Eliminierungen. Bei einer Eliminierung beobachten wir nur eine Donation, während Additionen nur von Akzeptoren geprägt sind.

Ein Neben-Effekt des Donator-Akzeptor-Konzept's ist die Bestätigung des Gesetzes von der Erhaltung der Masse bei chemischen Reaktionen. Die Summe der Massen der Ausgangsstoffe ist genauso groß, wie die Masse der Reaktionsprodukte.

(Die Masse-Veränderungen durch Energie-Umwandlungen (folgend aus: $E = m \cdot c^2$) sind auf chemischer Ebene nicht relevant.)

Neben gerichteten Reaktionen, die praktisch nur in eine Richtung (entlang des klassischen Reaktions-Pfeil) laufen, gibt Reaktionen, die umkehrbar sind. Durch veränderte Reaktions-Bedingungen können die Reaktionen in die eine und die entgegengesetzte Richtung laufen.

Analysiert man die Reaktionen genauer, dann stellt man fest, dass eigentlich alle Reaktionen umkehrbar sind. Für die meisten Reaktionen passieren Hin- und Rück-Reaktion auch zur gleichen Zeit. Solche Reaktionen nennen wir reversibel.

Bei gerichteten Reaktionen sind die Rück-Reaktionen allerdings so selten, dass man sie praktisch vernachlässigen kann. Man kann sie grob als irreversibel charakterisieren.

Konzept des chemischen Gleichgewichts

Bei reversiblen Reaktionen finden Hin- und Rück-Reaktionen zur gleichen Zeit statt. Wie groß der Anteil von Hin- und Rück-Reaktionen am Gesamtgeschehen ist, hängt von den verfügbaren Teilchen (Donatoren und Akzeptoren) sowohl auf der Ausgangsstoff- als auch auf der Reaktionsprodukte-Seite ab.

Zu Anfang finden wir im üblichen Reaktions-Geschehen vor allem die Ausgangsstoffe vor. Sie können sich treffen (stoßen) und u.U. (bei ausreichender Energie) miteinander reagieren. Je mehr Reaktions-Produkte im System gebildet werden, um so seltener werden sich zwei passende Ausgangsstoffe treffen und reagieren können. Für die Reaktionsprodukte besteht aber nun die erhöhte Chance sich zu treffen und u.U. die Rück-Reaktion durchzuführen.

Irgendwann werden die Bildung und der Zerfall (Rückbildung) der Reaktionsprodukte gleich groß sein. Diese Situation nennen wir **chemisches Gleichgewicht**. Die Lage des chemischen Gleichgewichts ist von den eingesetzten Stoffmengen abhängig. Mit Hilfe des sogenannten **Massenwirkungs-Gesetz** können wir die Stoff-Anteile aller Reaktions-Partner sowie das Verhältnis von Hin- und Rück-Reaktion bestimmen.

energetische Betrachtung chemischer Vorgänge / Energie-Konzept

Das Energie-Konzept der Chemie beruht auf der Annahme, dass Energie immer nur umgewandelt werden kann und die Summe aller Energien immer gleichbleibt. Dieser Grundsatz

(Energie-Erhaltungs-Satz) stammt aus der Physik und wird durch unsere täglichen Erfahrungen gestützt. Ein endgültiger Beweis für die Gültigkeit steht noch aus.

Der Energie-Erhaltungs-Satz ist aber dazu geeignet alle chemischen Vorgänge zu erklären und gegebenenfalls auch zu berechnen.

Alle Stoffe und (chemischen) Systeme streben stabile Energie-Zustände an. Dies sind immer jeweils die praktisch geringsten Energie-Inhalte. Durch äußere Bedingungen – zumeist ist dies die Temperatur – werden die Teilchen aber aus der Energie-Senke hinausbewegt.

Das energetische Grund-Modell einer chemischen Reaktion beschreibt die Ausgangsstoffe auf einem bestimmten Energie-Niveau. Die Reaktionsprodukte haben ein anderes Energie-Niveau. Um von dem Ausgangs-Niveau zum Produkt-Niveau zu kommen ist ein bestimmter Energie-Betrag notwendig, den die Ausgangsstoff-Teilchen haben müssen, um bei einem Zusammenstoß miteinander zu reagieren. Dieses – über Ausgangs- und Produkt-Niveau liegende – Energie-Niveau ist die Aktivierungs-Energie. Diese Energie müssen die zusammenstoßenden Teilchen haben, um sich umwandeln zu können.

Denk- / Arbeits-Techniken / -Methoden

In vielen Rahmen-Plänen und / oder Curricula finden sich sogenannte Basis-Konzepte. Sie beschreiben noch etwas detaillierter, auf welche Grund-Verständnisse man (die Schule / das Kultusministerium / die Wirtschaft / die Allgemeinheit) Wert legt.

Stoff-Teilchen-Beziehungen / Stoff-Teilchen-Konzept

erfahrbare Phänomene der stofflichen / materiellen Welt werden auf die Teilchen-Ebene zurückgeführt; Unterscheidung Phänomen "Stoff" und ursächliche Elemente "Teilchen"

Stoffe und Stoff-Veränderungen

Struktur-Eigenschaften-Beziehungen / Struktur-Eigenschafts-Konzept

die Art der Teilchen, deren Anordnung zueinander und die Wechselwirkungen zwischen den Teilchen bestimmen die Eigenschaften eines Stoffes

Energie / Energie-Konzept

Vorgänge (chemische Reaktionen) sind mit Energie-Umwandlungen verbunden; Energie-Aufnahme und -Abgabe; Freiwilligkeit und Erzwingung chemischer Reaktionen; energetischer Ablauf chemischer Reaktionen

Reaktionsgeschwindigkeit

Katalyse und Katalysator; zeitlicher Ablauf chemischer Reaktionen

Chemisches Gleichgewicht / Gleichgewichts-Konzept

Reversibilität chemischer Vorgänge; chemische Reaktionen als dynamische Gleichgewichte

Donator-Akzeptor-Konzept

Abgabe und Aufnahme von Protonen und / oder Elektronen; Protonen- oder Elektronen-Übergänge / -Verschiebungen

Größen-Relationen / Größen-Konzept

quantitative Erfassung und Beschreibung chemischer Vorgänge; Stöchiometrie

weitere verbindende Konzepte

Teilchen und ihre Bindungen (Atom- und Bindungs-Modelle)

Ordnungs-Prinzipien für Stoffe und chemische Reaktionen

Aus der "allgemeinen" Naturwissenschaft stammen die folgenden Konzepte:

Ursache-Wirkungs-Beziehungen

Modell und Simulation

Da wir kaum "allgemeinen" Naturwissenschafts-Unterricht haben – auch das Fach Naturwissenschaften leistet dies nicht – bleibt uns nur die Prinzipien wissenschaftlichen Arbeitens mit in die Einzelwissenschaften zu integrieren.

Wir werden die verschiedenen Konzepte nicht jedes Mal betonen oder hervorheben. Dies ist Aufgabe von Didaktikern und Methodikern. Sie müssen prüfen / kontrollieren, ob die Konzepte enthalten sind und eingehalten werden. In diesem Skript – und auch den nebengeordneten Veröffentlichungen – spielen die Konzepte immer eine nebulöse / imaginäre / Rolle. Sie werden selten offen dargestellt, spielen aber immer – quasi wie Geister – eine ordnende und sinngebende Rolle.

Definition(en): Fach-Konzepte (der Chemie)
Die Fach-Konzepte (der Chemie) sind überordnete Prinzipien zum (natur-)wissenschaftlichen Bearbeiten / Besprechen chemischer Inhalte, Fragen, Aufgaben und Probleme.

Experiment für Zuhause

Dieser Versuch kann mit Haushaltsmitteln und auch zuhause durchgeführt werden! Trotzdem bitte unbedingt die allgemeinen Regeln und Vorsichtsmaßnahmen beim Experimentieren beachten!

Labor-Experiment

Grundlagen / Prinzipien:

Materialien / Geräte:

Hinweise:

Vorbereitung:

Durchführung / Ablauf:

-

Zusatzuntersuchung:

Experiment mit Lebensmittel

Versuch möglichst in einer Küche, einem Küchenlabor od.ä. durchführen!!!

Bei diesen Experimenten darf im Normalfall auch probiert werden, was ja eigentlich in der Chemie nicht erlaubt ist. Es sollten – um Verwechslungen auszuschließen – grundsätzlich Haushalts-Geräte und –Gefäße (Gläser, Teller, Tassen usw. usf.) benutzt werden.

1. Stoffe - makroskopisch

Einführungs-Experiment

Durchführung / Ablauf:

Untersuchen Sie die Zusammensetzung Brause-Pulver (Stoffgemisch! s.a. Packungs-Angaben) durch verschiedene Trennungsmethoden! Neben den vorgegebenen dürfen Sie auch eigene Verfahren anwenden! Ziel ist es, die Komponenten einzeln vorliegen zu haben bzw. identifizieren zu können!

Notieren Sie vor, während und nach dem jeweiligen Versuch alle ihre Beobachtungen!

(Vor der Verwendung Packung gut durchschütteln!)

a) Rütteln (leicht eiern) auf einem großen Teller (ersatzweise: PETRI-Schale) und prüfen der Fraktionen unter dem Mikroskop und mit der Finger-Anleck- und Schmeck-Methode!

b) Zugabe in ein Glas mit stehendem Wasser! Nicht rühren, später dann mit dem Glas-Stab ganz vorsichtig und nur wenig rühren! Dekantieren Sie nach der Beendigung der Blasenbildung und untersuchen Sie den Überstand und den Bodensatz getrennt auf Geschmack und ev. andere Eigenschaften!

nach: Q: WAGNER, Uni Bayreuth, Chemie-Didaktik

Besonders dieser Teil des Skriptes (→ [1. Stoffe - makroskopisch](#)) dient vorrangig zur Reaktivierung bekannten Wissens. Auf weiterführende Erklärungen wird hier weitgehend verzichtet. Wir wollen hier vor allem die eventuell verlorengegangenen Begriffe und Schreibweise wiederholen, standardisieren und auf den neuesten (?) Stand bringen. Zugleich werden damit auch die Schreibungen in diesem Skript vorgestellt.

Trotzdem gehen wir bei vielen Besprechungen auch auf die Grundlagen und die grundlegenden Sachverhalte ein. Hierbei soll vor allem das Grund-Verständnis für biologische und trophologische Inhalte gelegt werden.

1.1. Stoffe und ihre Klassifikation

Stoff

Definition(en): Stoff

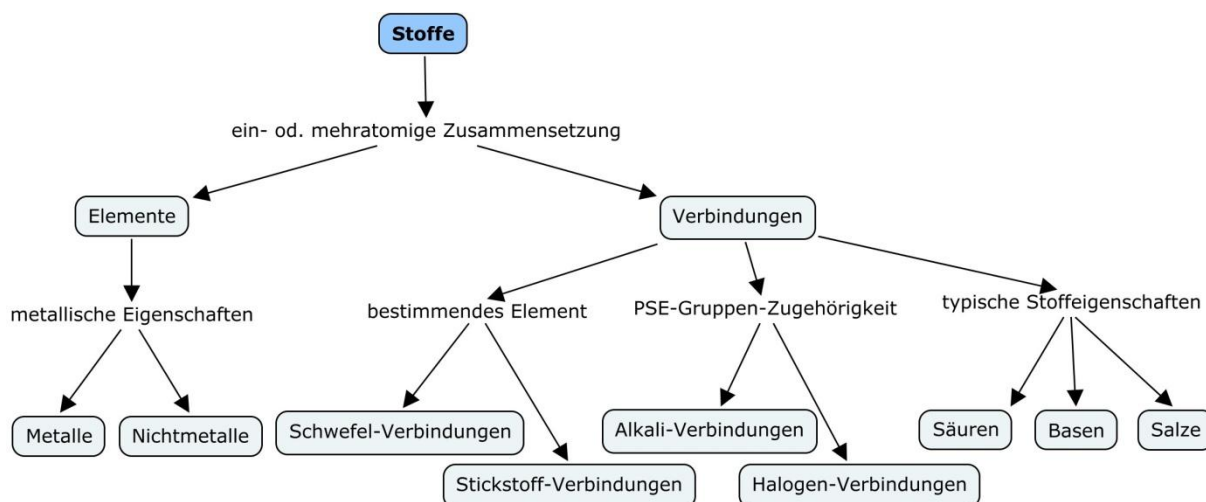
Ein Stoff (auch: Substanz) ist ein Teil der Materie, der sich durch bestimmte charakteristische (Stoff-)Eigenschaften auszeichnet. Stoffe können rein – also nur aus einer Art bestehen (→ Reinstoff) – oder aus mindestens zwei verschiedenen gemischt sein (→ Gemische, Gemenge)

In gesetzlichen Regelwerken wird der Begriff Stoff nur für Reinstoffe (→ s.a. dessen Def.) verwendet!

Mittel, wie z.B. Lösungs-Mittel, Dünge-Mittel, Putz-Mittel usw. usf. sind Gruppen von Stoffen mit einem definierten Verwendungszweck. Diese beruhen i.A. auf einzelne ganz bestimmte charakteristische Eigenschaften.

	Eisen	Kochsalz	Wasser	Luft
Aggregat-Zustand	fest	fest kristallin	flüssig	gasförmig
Farbe	dunkelgrau schwach glänzend	farblos (weiß)	farblos, klar	farblos, unsichtbar
Schmelz-Temperatur	1540 °C	800 °C	0 °C	- -
Siede-Temperatur	2860 °C	1465 °C	100 °C	-170 °C
Löslichkeit in Wasser	nein	ja, sehr gut	entfällt (ja)	sehr gering
elektrische Leitfähigkeit	gut leitend	nicht leitend	sehr schwach leitend	nicht leitend
Brennbarkeit	ja	nein	nein	nein

Zur besseren Übersichtlichkeit und einer wissenschaftlichen Handhabbarkeit werden Stoffe in Stoffklassen eingeteilt. Diese betonen ein oder mehrere Eigenschaften. Stoffklassen können sich überschneiden, je nachdem, welche Eigenschaften oder Kriterien zur Klassifizierung verwendet werden.



Aufgaben:

1. Wählen Sie 4 weitere Stoffe und erstellen sie eine ähnliche Tabelle, wie oben!
Tragen Sie die Eigenschaften der gewählten Stoffe ein!
2. Prüfen Sie ob in Ihren Tabellen bzw. auch in den Tabellen der Kursteilnehmer Stoffe mit identischen Eigenschaften vorkommen!
3. Suchen Sie nach Möglichkeiten / Eigenschaften die scheinbar gleichen Stoffe zu unterscheiden!

In der chemischen Praxis spielen die Begriffe Chemikalie und Gefahrstoff eine Rolle. Chemikalien sind einfach durch irgendwelche Regelwerke (z.B. Gesetze, DIN-Normen, Deutsche Arzneibücher usw.) standardisierte Stoffe.

Besonders gefährliche Stoffe werden den Gefahrstoffen zugeordnet. Sie stellen zumeist Bedrohungen für die Gesundheit oder das Leben dar. Mit ihnen muss sehr sorgsam umgegangen werden. Spielereien oder Scherze sind mit ihnen in keinem Fall angebracht!

Definition(en): Chemikalien

Chemikalien sind (chemische) Stoffe, die in definierter / standardisierter Form in Laboren, im Haushalt oder in der Industrie verwendet werden.

Definition(en): Gefahrstoff

Gefahrstoffe sind Stoffe von denen eine Bedrohung für Menschen oder andere Lebewesen ausgehen. Sie sind durch definierte Symbole auf ihren Lager- und Transport-Behältern gekennzeichnet.

Probe

Eine Probe ist eine kleine – ev. quantitativ bestimmte (abgemessene) – Menge eines Stoffes. Sie dient häufig als Material für Experimente.

In der Chemie – aber auch in anderen Wissenschaften und der Alltagswelt – wird der Begriff Probe auch für eine Untersuchung(s-Vorschrift) benutzt. Wir kennen sie alle, die Geschmacks- oder Geruchs- Probe, die MOHRsche Probe (auf die Härte eines Stoffes), die FEHLINGsche Probe (auf den Gehalt an bestimmten Zuckern), usw. usf.
besser den Begriff Stoff-Probe verwenden

Definition(en): (Stoff-)Probe

Eine Stoff-Probe ist eine abgegrenzte (abgemessene) Menge eines Stoffes.

Reinstoff

Reinstoffe sind Stoffe, die sich durch physikalische Verfahren nicht weiter in speziellere Stoffe zerlegen lassen. Nicht immer werden dabei alle Möglichkeiten ausgeschöpft. Häufig bleibt man auf dem Niveau von chemischen Trenn- oder Zerlegungs-Methoden hängen.

Reinstoffe haben unter definierten Bedingungen (Luftdruck, Temperatur) immer die gleichen, charakteristischen Eigenschaften (z.B. Schmelz-Temperatur, Mischbarkeit mit Wasser, ...). Diese Eigenschaften sind auch für jede – noch so kleine Stoff-Probe – identisch. Eine Ausnahme bilden die Eigenschaften, die direkt von der Proben-Größe (Stoff-Menge) abhängig sind (z.B. Masse, Volumen, (quantitative) Löslichkeit in Wasser, ...).

Anhand der charakteristischen Eigenschaften lassen sich aus Stoff-Gemischen die einzelnen Reinstoffe abtrennen. Dies nennt man auch entmischen. Zu den geeigneten Verfahren gehören z.B. das Dekantieren, Verdampfen, Filtern, Sieben, Zentrifugieren, (Heraus-)Lösen, Ausfällen usw. usf.

Reinstoffe besitzen viele charakteristische Eigenschaften. Sehr häufig wird die Schmelz- oder Siede-Temperatur benutzt. Bei Reinstoffen finden wir fast ausschließlich Schmelz- bzw. Siedepunkte – also klar definierte Temperaturen – vor.

Treten bei Stoff-Proben dagegen Schmelz- oder Siede-Bereiche auf, dann ist das ein ziemlich sicherer Hinweis auf ein Stoff-Gemisch (→ [Stoffgemisch / Gemenge / Mischung](#)).

Definition(en): Reinstoff

Ein Reinstoff ist ein Stoff (Materie), die einheitlich zusammengesetzt ist. Reinstoffe bestehen aus Elementen oder einer Art von Verbindung.

Ein Reinstoff ist ein chemisch einheitlicher Stoff.

Element

Historisch gesehen ist ein Element ein chemisch nicht weiter zu teilender Stoff. Diese Art der Charakterisierung geht auf BOYLE zurück, der sie 1661 formulierte. Da wir im Augenblick die Stoffe nur makroskopisch betrachten, ist dies auch erst einmal unser einziger Zugang zum Element-Begriff.

Zu den Zeiten der altgriechischen Philosophen kannte man nur vier Natur-Elemente: Feuer, Wasser, Erde und Luft. Später (?) kamen nach und nach immer feinere Differenzierungen dazu. Die alten Chinesen unterschieden z.B. Holz, Metall, Feuer, Erde und Wasser.

Schon im alten Griechenland gab man jedem Element ein Zeichen. Mit der Kenntnis weiterer Stoffe erhöhte sich auch die Zahl der Symbole. Jede philosophische oder wissenschaftliche Schule benutzte zudem andere oder abgewandelte Symbole.

Die Japaner verwendeten ebenfalls die vier "westlichen" Elemente und fügten als fünftes Element noch die Leere / den Äther hinzu.

Seit DALTON (1766 – 1844) gehen wir davon aus, dass Stoffe aus einzelnen oder verschiedenen elementaren Stoffen bestehen. Er formulierte zu Anfang des 19. Jahrhunderts seine Atom-Hypothese, die aussagte, dass alle Stoffe aus Atomen (kleinsten unzerteilbaren Bausteinen) bestehen. Die Art eines Stoffes wird dabei von der Art der vorkommenden Atome bestimmt. (Diese Vermutung hatten schon die alten Griechen geäußert (LEUKIPP (5. Jhd. v.u.Z.)). Sie wurde später aber von der erstarken römischen Kirche entschieden bekämpft.). LEUKIPP unterschied Leere und Materie. Die Leere sei notwendig, da die Materie sonst keine Bewegungen ausführen könne.

BERZELIUS (1779 – 1848) führte 1814 eine neue Art der chemischen Symbole ein. Jedes Element bekam eine Abkürzung von einem oder zwei Buchstaben. Der erste wurde immer groß geschrieben, ein ev. zweiter Buchstabe folgte dann klein notiert.

Von BERZELIUS stammte auch die Vereinfachung, dass die Anzahl der Atome in einem Stoff durch einen Index hinter dem Symbol gekennzeichnet werden. Diese Symbolik ist heute international verbindlich.

Als universelles Hilfsmittel zum Heraussuchen von Element-Symbolen kann heute das Periodensystem der Elemente (→ [3.3. das Periodensystem der Elemente](#)) dienen.

Elemente werden z.B. in Metalle (z.B. Eisen, Blei Silber), Halb-Metalle (z.B. Silicium, Germanium, Bor) und Nicht-Metalle (z.B. Schwefel, Sauerstoff, Helium) eingeteilt (s.a. [Metall- und Nichtmetall-Charakter](#)).

Früher nannte man die Nichtmetalle auch Metalloide.



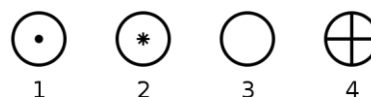
altgriechische Zeichen für
1..Feuer, 2..Erde, 3..Wasser und 4..Luft

木 金 火 土 水

chinesische Schriftzeichen
für Holz, Metall, Feuer, Erde und Wasser



alchemistische Zeichen für
1..Zinn, 2..Blei, 3..Gold, 4..Schwefel,
5..Quecksilber, 6..Silber und 7..Eisen



Element-basierte Zeichen nach DALTON
für
1..Wasserstoff, 2..Magnesium, 3..Sauerstoff, 4..Schwefel, 5..Ammoniak und 6..Cohlendioxid

Q (alle): de.wikipedia.org (MaEr + Roland 1952)

Symbol oder Formel?

Die chemischen Symbole sind die Kurzschreibweisen für die Atome von chemischen Elementen. Das Symbol steht noch für zwei weitere Informationen. Zum Einen kann ein einzelnes Atom, aber auch die Stoffmenge von einem Mol (1 mol) gemeint sein.

Eine chemische Formel ist dadurch gekennzeichnet, dass sie neben den enthaltenen Elementen auch Angaben zu den Verhältnissen dieser Elemente untereinander enthält. Eine Formel kann also im einfachsten Fall aus einem Element-Symbol und einer Zahl bestehen. Dies kennen wir von den Element-Formeln, wie z.B. bei Wasserstoff (H_2), Stickstoff (N_2), Schwefel (S_6) und Chlor (Cl_2). Die Anzahl der Atome, die ein Molekül (eine stabile Gruppe von Atomen) bilden, wird als Index direkt hinter dem Symbol gekennzeichnet. Ein weiterer einfacher Fall ist die Kombination von zwei Elementen. Ein bekanntes Beispiel hierfür könnte Natriumchlorid (Kochsalz, $NaCl$) sein. Praktisch enthält es auch das Zahlen-Verhältnis der beiden Elemente zueinander – es ist 1 : 1. In chemischen Formeln werden die Einsen nicht mitgeschrieben.

Kommen Elemente in einem höheren Verhältnis vor, dann werden die Zahlen als Index direkt hinter das Symbol notiert.

Das vielleicht bekannteste Beispiel für eine Formel ist die für Wasser – das berühmte H-2-O.

Mg

Symbol

O₂

Anzahl (Atome)

Formel

H₂O₁

die Eins bei Sauerstoff wird weggelassen

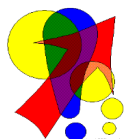
Formel

Na₁Cl₁

Anzahl (Atome)

die Einsen bei Na und Cl werden weggelassen

Formel



Die ersten 20 Elemente (des Periodensystems der Elemente) gehören zum Grundwissen der Chemie. Das Kennen der Namen und Symbole dieser Elemente ist deshalb als obligatorisch anzusehen!!!

interessante Links:

www.code-knacker.de/alchemie.htm

diverse alchemistische Zeichen; alchemistisches Alphabet

deutscher / internationaler Name	Stamm-Name	Sym-bol	Formel	
Wasserstoff Hydrogen	Hydrogenium	H	H ₂	
Sauerstoff Oxygen / Oxigen	Oxygenium	O	O ₂	
Cohlenstoff / Kohlenstoff / Carbon	Carboneum	C		
Stickstoff / Nitrogen	Nitrogenium	N	N ₂	
Schwefel	Sulfur	S	(S ₈)	
Silber	Argentum	Ag		
Gold	Aurum	Au		
Cupfer / Kupfer	Cuprum	Cu		
Eisen	Ferrum	Fe		
Quecksilber	Hydrargyrum	Ag		
Blei	Plumbum	Pb		
Zinn	Stannum	Sn		
Bismut / Wismut	Bismut	Bi		
Iod /Jod	Iod	I		

Definition(en): Element (makroskopisch, historisch)

Ein Element ist ein Reinstoff, wenn er sich chemisch nicht weiter zerlegen lässt.

Stoffgemisch / Gemenge / Mischung

Ein Stoff-Gemisch ist eine Kombination von zwei oder mehreren Rein-Stoffen, die sich durch physikalische Techniken voneinander trennen lassen. Üblicherweise lassen sich die Element-Verhältnisse / Einzelstoff-Mengen-Verhältnisse recht variabel kombinieren. Man spricht davon, dass die Mischbarkeit in weiteren oder engeren Grenzen möglich ist.

(Haupt-) Bestandteil ≥ 50 %	(Neben-) Bestandteil ≤ 50 %	homogen (weder mit dem Auge oder unter dem Licht-Mikroskop sind die verschiedenen Bestandteile zu unterscheiden)		heterogen (mit dem Auge oder unter dem Mikroskop sind die verschiedenen Bestandteile zu unterscheiden)
fest	fest	Legierung Bronze, Amalgam Glas Na-Ca-Silikat		Gemenge
fest	flüssig	Suspension		Schlamm Creme, feste Emulsion Butter
fest	gasförmig			Schwamm Schwamm, Bimsstein
flüssig	fest	Lösung Kochsalz-Lösung		Boden
flüssig	flüssig	Lösung Ethanol-Lösung		Emulsion Margarine, Milch
flüssig	gasförmig	Lösung Chlorwasserstoff-Lösung (Salzsäure)	Lösung Selter (Mineralwasser)	
gasförmig	fest			Rauch Zigaretten-Rauch
gasförmig	fest + flüssig			Schlagsahne, Ei-Schnee
gasförmig	flüssig			Schaum Seifen-Schaum Aerosol / Nebel Nebel
gasförmig	gasförmig	Gas Luft, Abgase		

Auch spezielle Stoff-Eigenschaften sind selten wirklich gleichmäßig und konstant über die gesamte Mischung hinweg verteilt. Dies ergibt sich aus verschiedensten Mischfehlern. So könnte z.B. eine Lösung nicht vollständig erfolgt sein, oder bei Feststoff-Mischungen setzen sich z.B. die kleineren Teilchen eher unten ab.

Bei den meisten Gemischen kann man nur Schmelz- und Siede-Bereiche finden statt den für Reinstoffen üblichen Schmelz- und Siede-Punkten.

Das Kriterium für die Homogenität aller Eigenschaften eines Stoffgemisches ist schwer zu halten. Auch die Beispiel-Gruppen und Einzel-Beispiele sind nicht allgemeingültig.

In Lebensmitteln sind oft verschieden große Bestandteile miteinander vermischt. Man unterscheidet bei ihnen:

- grob-disperse
 - fein-disperse
- und
- molekular-disperse

Systeme. Dispers bedeutet dabei, dass zwei oder mehr Stoffe fein ineinander verteilt sind, ohne dass sie sich wirklich ineinander lösen. Es handelt sich eher um mehr oder weniger feine Mischungen, deren Einzel-Komponenten als abgegrenzte Einheiten noch vorhanden sind. Diese abgrenzbaren Einheiten heißen Phasen.

Sie werden genauso klassifiziert wie die Aggregatzustände. Bei Phasen können auch zwei Stoffe mit dem gleichen Aggregatzustand aufeinandertreffen ohne sich zumischen. Zwischen diesen beiden Stoffen gibt es eine sogenannte Phasen-Grenze, an der die Stoffe mehr oder weniger miteinander agieren.

Wenn z.B. Öl und Wasser zusammengegeben werden, dann bilden beide Flüssigkeiten zwei – ineinander unlösliche – Phasen. Die Grenzfläche zwischen Öl und Wasser ist eine Grenzfläche.

Im nebenstehenden System befinden sich viele Phasen mit den verschiedensten Phasen-Grenzen.

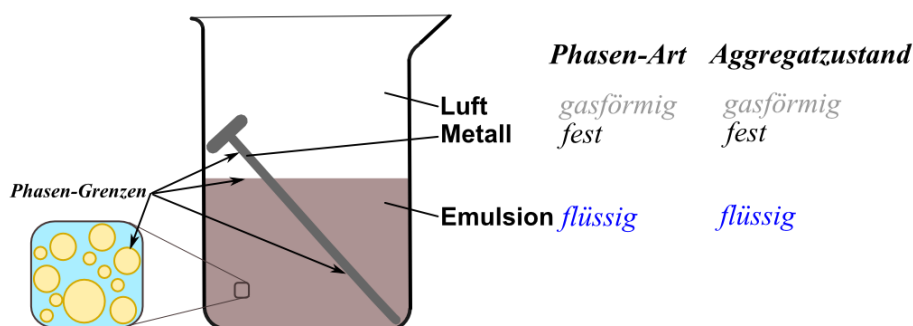
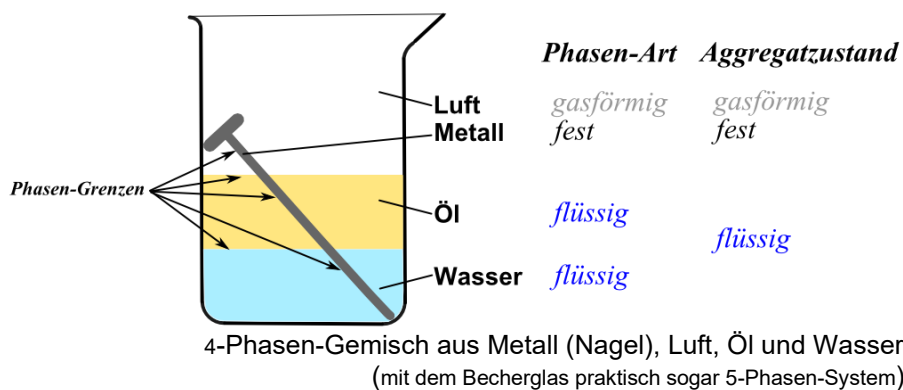
Durch kräftiges Vermischen können Öl und Wasser ineinander verteilt werden. Sie lösen sich aber nicht ineinander, sondern bilden eine Emulsion.

Sehr gut ist das zu erkennen wenn man sich die Emulsion unterm Mikroskop anschaut.

Die Emulsion ist ein heterogenes Gemisch, in dem beide Komponenten als eigenständige Phasen existieren. Nur die Phasen-Grenze ist auf die mikroskopische Ebene verschoben.

Besonders gut lassen sich die Phasen erkennen, wenn man sie mit speziellen Farbstoffen anfärbt. Für die wässrige Phase bietet sich das polare Methylblau als Farbstoff an. Die Öl-Phase lässt sich sehr gut mit dem unpolaren Sudan-III anfärben.

Bilder vom Experiment



Bei **grob-dispersen System** finden wir Teilchen mit einer Größe über $1\ \mu\text{m}$ ($= 0,000.000.1\ \text{m} = 0,000.1\ \text{mm}$) vor. Die Teilchen sind im Licht-Mikroskop sichtbar. Beim aufstreichen auf einen Objekt-Träger oder eine andere glatte Oberfläche entsteht ein Eindruck von gewisser Stumpfheit (raue Oberfläche, feines Schleifpapier).

Die **fein-dispersen Systeme** hinterlassen eher einen schlickigen Eindruck (feines Polier-Mittel). Mit Teilchen-Größen zwischen 1 und $100\ \text{nm}$ ($= 0,000.000.000.1\ \text{m} = 0,000.000.1\ \text{mm} = 0,000.1\ \mu\text{m}$) ist eine optische Trennung im Mikroskop nicht mehr möglich. Die Körnchen sind maximal noch als kleine Pünktchen zu identifizieren. Die Trennung solcher Gemische ist z.B. durch Absetzen (Sedimentation) oder Zentrifugieren möglich.

Einzelne Moleküle oder kleine Kristall-Strukturen sind in den molekular-dispersen Systemen die größten Bestandteile. Die Teilchen sind unter $1\ \text{nm}$ groß. Eine Trennung durch Schwerkkräfte (\rightarrow Zentrifugieren oder Sedimentieren) ist nicht mehr möglich.

Zusätzlich werden die Systeme auch nach ihren Verformungs- und Fließ-Eigenschaften (**rheologischen Merkmalen**) unterteilt.

Die einzelnen Begriffs-Welten gehen dabei häufig ineinander über. Nicht immer ist eine absolute Zuordnung und Klassifizierung möglich.

makro-rheologische Eigenschaften:

- viskos (zähflüssig)
- elastisch (Gummi-artig)
- plastisch (erstarrte Flüssigkeit, Glas-Zustand)

mikro-rheologische Unterscheidung in:

- reine Flüssigkeit
- reine Schmelze
- Lösung
- kolloidale Suspension
- disperse Systeme

Definition(en): Gemenge / Gemisch

Ein Gemenge oder Gemisch besteht aus mindestens zwei verschiedenen Reinstoffen. Die Mischung der beiden Reinstoffe ist dabei in verschiedenen (gleitenden) Verhältnissen möglich.

Gemische / Gemenge sind Stoffe, die sich durch physikalische Methoden in mindestens zwei verschiedene Reinstoffe auftrennen lassen.

Definition(en): heterogenes Gemenge / Gemisch

Ein heterogenes Gemenge oder Gemisch besteht aus mindestens zwei verschiedenen Reinstoffen. Die Mischung ist nach außen hin (nur makroskopisch) durch gleichartige Eigenschaften charakterisiert. Die Bestandteile sind makroskopisch oder zumindestens mikroskopisch zu erkennen und räumlich abgegrenzt.

z.B.: Müsli, feuchter Sand, gehender Hefeteig

Definition(en): homogenes Gemenge / Gemisch

Ein homogenes Gemenge oder Gemisch besteht aus mindestens zwei verschiedenen Reinstoffen. Die Mischung ist nach außen hin durch gleichartige Eigenschaften charakterisiert. Eine Erkennung der Bestandteile ist von außen (makroskopisch bis mikroskopisch) nicht möglich.

z.B.: Luft, Benzin, Zucker-Lösung, Tee-Aufguß

Definition(en): Dispersion

Eine Dispersion ist ein Übergangssystem zwischen einem homogenen und einem heterogenen Gemisch von mindestens zwei Stoffen. Die Stoffe bleiben chemisch und physikalisch eigenständig. Eine Unterscheidung der Bestandteile erfordert zumeist schon submikroskopische Methoden. In den meisten Fällen trennen sich die Bestandteile nach einer gewissen Zeit wieder voneinander (und setzen sich ab bzw. bilden größere Aggregationen).

z.B.: Rauch, Kolloide

Definition(en): (echte) Lösung

Eine Lösung ist die homogene Mischung eines Stoffes in einer Flüssigkeit. Der gelöste Stoff zerfällt in (seine) Grundbausteine, die zum Lösungsmittel in Beziehung stehen und von diesem transportiert werden.

Wenn nicht anders ausgesagt, wird immer von einer wässrigen Lösung ausgegangen.

Beim Durchleuchten entsteht kein TYNDALL-Effekt.

z.B.: Zucker-Lösung, Salz-Lösung, Salzsäure

Definition(en): Kolloid / kolloidale Lösung

Ein Kolloid ist die Lösung eines Stoffes in einem anderen. Dabei bleiben die gelösten Teilchen in der Größen-Ordnung von 0,00001 bis 0,001 mm (0,01 – 1 μm). Beim Durchleuchten entsteht der TYNDALL-Effekt.

Einzelne Teilchen oder Aggregationen des gelösten Stoffes schwimmen quasi im Lösungsmittel-Körper.

z.B.: Danziger Gold-Wasser, Stärke-Lösung

Verbindungen

sind (Rein-)Stoffe deren Baueinheiten aus mindestens zwei Atomen aufgebaut sind. Die Atome sind relativ fest miteinander verknüpft. Häufig sind mehrere Elemente in einer Verbindung kombiniert. Man könnte Verbindungen auch als Stoffe definieren, bei denen zwischen den Atomen (in einer typischer Form) eine oder mehrere Bindungen existieren.

Manchmal auch als (Rein-)Stoffe charakterisiert, die aus mehreren Elementen bestehen und sich durch bestimmte (reproduzierbare) Eigenschaften unterscheiden lassen. Sie haben immer das gleiche Element-Verhältnis (im Gegensatz zu Gemischen, deren Element-Verhältnis variabler ist).

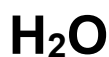
man unterscheidet:

- molekulare Verbindungen (z.B. Wasser, Butan, Kohlendioxid, Zucker, Fette, Eiweiße, DNS)
- ionische Verbindungen (\rightarrow Salze)
- metallische Verbindungen (\rightarrow Legierungen)
- Komplex-Verbindungen, koordinative Verbindungen, (selten: komplexe Verbindungen)

Die Art der Bindung zwischen den Atomen und den Stoff-Teilchen bestimmt ganz wesentlich die Eigenschaften des Stoffes. Wenn z.B. keine geladenen Teilchen vorhanden sind, die auch noch beweglich sein müssen, dann kann der betreffende Stoff kaum den elektrischen Strom leiten.

Verbindungen erhalten in der Chemie zur Kurzschreibung sogenannte Formeln. Diese beinhalten mehrere direkte und indirekte Informationen:

1. sie zeigen die Elemente an, die in der Verbindung enthalten sind



Wasser (Molekül)

2. sie zeigen die Zahlenverhältnisse an, in denen die Elemente in der Verbindung enthalten sind (steht keine Zahl als Index am Element, dann bedeutet dies eine "1")

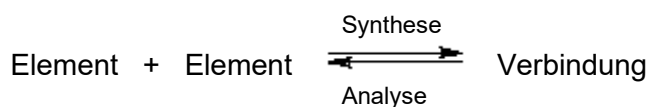
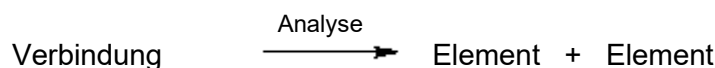
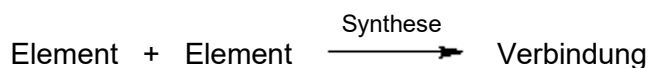


Natriumchlorid / Kochsalz (Bau-Einheit)



Glucose / (Haushalts-)Zucker (Molekül)

3. die Formeln stehen für ein Molekül oder eine Bau-Einheit (z.B. bei Salzen)
4. die Formel steht für die Stoffmenge von 1 mol Teilchen (Moleküle oder Bau-Einheiten)



Definition(en): Verbindung

Eine Verbindung ist ein Reinstoff, der aus mindestens zwei (miteinander verbundenen) Elementen besteht.

Eine Verbindung ist ein Reinstoff, der mittels chemischer Methoden in seine (chemischen) Elemente zerlegt werden kann.

Moleküle

Definition(en): Moleküle

Moleküle sind Teilchen atomarer Größen-Ordnung mit einer abzählbaren Menge an Atomen - mindestens aber zwei Atome.

Moleküle sind Teilchen, die aus einer begrenzten Anzahl von Atom-Kernen und Elektronen bestehen und diese (atomaren Bau-Elemente) auf eine bestimmte Art räumlich verteilt sind. Der Molekül-Begriff schliesst im weiteren Sinne Molekül-Ionen, Komplex-Ionen und mehratomige Radikale ein.

Regel: Energie von Molekülen im Vergleich zu Atomen

Moleküle sind immer Energie-ärmer als die freien Atome, aus denen sie aufgebaut sind.

Bei der Bildung von Molekülen aus den Atomen wird immer Energie frei (→ exotherme Reaktion).

Regel: Stabilität von Molekülen

Moleküle sind umso stabiler, je schwieriger / energetisch aufwändiger es ist, sie durch äußere Einflüsse in ihrem atomaren und / oder geometrischen Aufbau (Struktur) zu verändern.

Molekül-Typen

Molekül-Typ		Beispiele Formel Struktur-Skizze Bindungs-Winkel; Kern-Abstand [nm]			
AB	linear	H ₂	F ₂	HF	
		Li	Cl ₂	HCl	
		N ₂	Br ₂	HBr	
		O ₂	I ₂	HI	
		CO	NO		
AB₂	linear	CO ₂	N ₂ O		
		CS ₂	XeF ₂		
	V-förmig	H ₂ O	NO ₂	SO ₂	
AB₃	trigonal eben	BF ₃	NO ₃ ⁻	SO ₃	
	trigonal pyramidal	NH ₃	NF ₃	SO ₃ ²⁻	
	T-förmig	CF ₃			
AB₄	tetraedrisch	CH ₄	NH ₄ ⁺	SO ₄ ²⁻	
	verzerrt tetraedrisch	SF ₄			
	quadratisch eben	XeF ₄			
AB₅	trigonal bipyramidal	PF ₅	PCl ₅		
	quadratisch pyramidal	BrF ₅			
AB₆	oktaedrisch	SF ₆			
A₂B₂	linear	C ₂ H ₂			
	V-förmig	H ₂ O ₂			
A₂B₄	trigonal eben koordiniert; planar	C ₂ H ₄	N ₂ O ₄		
A₂B₆	tetraedrisch koordiniert	C ₂ H ₆			

	tera- edrisch koordiniert (mit H-Brücken)	(BH ₃) ₂			
A6B6	trigonal eben koordiniert; planar	C ₆ H ₆	B ₃ N ₃ H ₆		

Definition(en): Substanz- und Molekül-Formeln

Substanz- und Molekül-Formeln sind Summen-Formeln, die nur das kleinst-mögliche Zahlen-Verhältnis der Atome darstellen, die am Aufbau des Molekül beteiligt sind.

Definition(en): Struktur

Die Struktur eines Moleküls umfasst die Gesamtheit aller quantitativen und qualitativen Informationen über die Anordnung der Atom-Kerne, über die Wechselwirkungen zwischen Atomen und über die Verteilung der Elektronen im Molekül.

Definition(en): Symmetrie

Symmetrie-Operationen

sind (geometrische) Umordnungen der Atom-Kerne, um von einer Ausgangs-Situation zu einer speziellen Situation zu kommen.

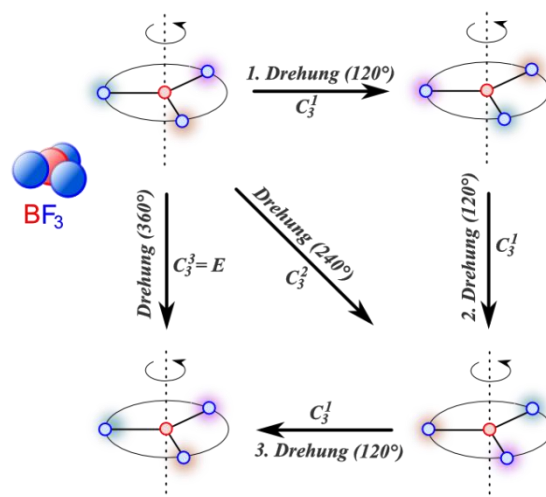
Grund-Operationen:

- **Drehung**
- **Spiegelung**
- **Parallelverschiebung (Translation)**

(nur in unendlichen Strukturen bedeutsam, z.B. Kristallen)

Die Summe aller Symmetrie-Operationen bezüglich eines Moleküls nennt man Symmetrie-Gruppe.

Symmetrie-Elemente sind die Symmetrie-Ebenen und Drehachsen



Symmetrie-Operationen an einem BF_3 -Molekül
nach: /22, S. 115/

Definition(en): Konstitution

Die Konstitution eines Moleküls umfasst alle die Struktur-Informationen über die Verknüpfung von Atomen und / oder Atom-Gruppen.

Definition(en): Konfiguration

Die Konfiguration eines Moleküls umfasst neben der Konstitution noch Angaben über stabile geometrische Anordnungen bestimmter Atome und / oder Atom-Gruppen

Definition(en): Konformation

Die Konformation eines Moleküls umfasst neben der Konstitution und der Konfiguration noch Angaben über die geometrische Anordnung bestimmter Atome und / oder Atom-Gruppen zueinander, die durch Einfach-Bindungen verbunden sind.

Isomerie bei Molekülen**Definition(en): Isomerie****Definition(en): Konstitutions-Isomerie****Metamerie****Skelett-Isomerie****Stellungs-Isomerie**

Tautomerie

Definition(en): Konfigurations-Isomerie

Geometrische Isomerie

Definition(en): cis-trans-Isomerie / geometrische Isomerie

Optische Isomerie

Definition(en): optische Isomerie

Definition(en): Konformations-Isomerie

Definition(en): Atrob-Isomerie**Begriffe des formalen Molekül-Bau**

Begriff	Beschreibung / Erkenntnis-Grad	
Chemische Zusammensetzung	Gehalt an den einzelnen Elementen (m%)	
	relative Molekül-Masse (m, M)	
	Anteil der einzelnen Elemente (n% [mol%])	
	Substanz-Formel	
	Molekül-Formel	
Konstitution	Verknüpfung der Atome bzw. Atom-Gruppen	
Konfiguration	Stellung einzelner Atome bzw. Atom-Gruppen zueinander (in starrer Anordnung)	
Konformation	Stellung einzelner Atome bzw. Atom-Gruppen zueinander (in flexibler Anordnung)	
Molekül-Symmetrie	mögliche Symmetrie-Transformationen, Punkt-Gruppen	
Molekül-Geometrie	geometrische Anordnung der Atome zueinander (Bindungs-Längen, Bindungs-Winkel)	

Stoff-Klassen

gekennzeichnet durch z.B. ähnlichen / charakteristischen / gleichen Bau

Stoff-Klasse	Bau-Merkmale	charakteristische Merkmale	Beispiele
metallische Stoffe Metalle	bestehen aus Atom-Rümpfen (Metall-Kationen) und frei beweglichen Elektronen (Elektronen-Wolke), Metall-Kristall Metall-Bindung	gute elektrische Leitfähigkeit (Leiter 1. Klasse) fest (Ausnahme: Hg), (metallisch) glänzende Oberfläche, duktil (plastisch verformbar), nicht in Wasser löslich (Ausnahmen: Alkali-Metalle), mittelhohe bis sehr hohe Schmelz- und Siedepunkte	Eisen, Natrium, Aluminium, Gold, Kupfer, Silber, Zink, Blei
nichtmetallische Stoffe Nichtmetalle (Metalloide)	bestehen aus Atomen häufig molekularer Bau, Molekül-Kristall Atom-Bindung	keine oder geringe elektrische Leitfähigkeit (Nichtleiter), geringe bis sehr geringe Schmelz- und Siede-Temperaturen, vielfach gasförmig oder flüssig	Wasserstoff, Schwefel, Sauerstoff, Chlor, Phosphor, Brom, Stickstoff
salzartige Stoffe Salze	bestehen aus Ionen Ionen-Kristall Ionen-Bindung (Ionen-Beziehung)	fest, nicht elektrisch leitfähig, die Schmelzen sind elektrisch leitfähig, kristallin, meist farblos und / oder durchscheinend bis durchsichtig spröde, hohe bis sehr hohe Schmelzpunkte in Wasser löslich	Kochsalz (Natriumchlorid), Kupfer(II)-sulfat, Soda (Natriumcarbonat), Quarz-Sand (Siliciumdioxid)
organische Stoffe	sind aus Kohlenstoff und Wasserstoff aufgebaut, Derivate enthalten auch oder ersatzweise Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, ...	alle C-Verbindungen mit Ausnahme der Oxide, Carbonate, Hydrogencarbonate und Carbide	Ethanol, Benzen, Essigsäure, Haushaltszucker (Saccharose), PVC, Teflon
Säuren	besitzen in Wasser abspaltbare Protonen / Wasserstoff-Ionen	saurer Geschmack, pH kleiner als 7, ätzend, bilden mit Basen Salze	Schwefelsäure, Salzsäure (Chlorwasserstoffsäure), Essig (Essigsäure), Kohlen-säure, Zitronen-säure
Basen	besitzen in Wasser abspaltbare Hydroxid-Ionen; können in Wasser Protonen / Wasserstoff-Ionen aufnehmen	seifiger Geschmack und Finger-Eindruck, ätzend, pH-Wert größer als 7	Natronlauge (Natriumhydroxid), Kalk-Wasser (Calciumhydroxid), Ammoniak-Lösung (Salmiak-Geist)

Manche Stoff-Klassen stellen Restmengen zu bestimmten anderen definierten Klassen dar. Die Nichtmetalle (früher Metalloide) sind schon so eine Klasse. Noch deutlicher wird dies bei den anorganischen Stoffen. Während die organischen Stoffe noch relativ sauber definiert sind, kann man den anorganischen Stoffen nur alle restlichen Stoffe zuordnen. Ein gemeinsames Prinzip fehlt hier.

oder durch gleiche / charakteristische / ähnliche / typische Eigenschaften
manchmal wird auch die Bildung / Entstehung zum Klassifizierungs-Kriterium erhoben
es gibt antipode Gruppen, wie z.B. (elektrische) Leiter und Nicht-Leiter, häufig aber mehrere innere Klassen oder Übergangsgruppen

weitere Beispiele: flüchtige und nicht-flüchtige Stoffe (auch semiquantitative Klassifizierung möglich: sehr leicht, leicht, schwer, sehr schwer flüchtig)

Stoff-Klasse	charakteristische Merkmale	Beispiele
flüchtige Stoffe	niedrige Schmelz- und Siedepunkte (meist schon unter 20 °C)	
nicht-flüchtige Stoffe	nicht oder nur schwer schmelzbar, Siedepunkte werden oft gar nicht erreicht, da sie sich vorher zersetzen	
Fest-Stoffe	Schmelzpunkt oberhalb von 20 / 25 °C	Eisen, Kochsalz, Haushaltszucker, Kalkstein (Calciumcarbonat)
Flüssigkeiten	Schmelzpunkt unterhalb von 20 / 25 °C Siedepunkt oberhalb von 20 / 25 °C	Wasser, Brom, Quecksilber
Gase	Siedepunkt unterhalb von 20 / 25 °C	Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Helium
elektrische Leiter	elektrisch leitfähig Leitfähigkeit sinkt mit Temperatur	Eisen, Aluminium, Gold, Kupfer
elektrische Halbleiter	schwach elektrisch leitfähig Leitfähigkeit steigt mit Temperatur	Silicium, Selen, Germanium
elektrische Nicht-Leiter	nicht elektrisch leitfähig (Temperatur-unabhängig)	Schwefel, Sauerstoff, Wasser
kristalline Stoffe	begrenzt von ebenen Flächen, regelmäßig (streng geordnet) und gesetzmäßig aufgebaut, haben Fern-Ordnung (Einflüsse auch auf entfernte Teilchen möglich), Gitter-Struktur	
amorphe Stoffe	Teilchen sind regellos verteilt (es fehlt kristalline Struktur), nur Nah-Ordnung (beeinflussen nur ihre unmittelbaren Nachbarn) <i>(!!! viele als amorph bezeichnete Stoffe sind in Wirklichkeit nur fein-kristallin (z.B. gemahlen usw.)</i>	Glas, Gummi, Thermoplaste Schwefel, Phosphor

weiteres Klassifizierungs-Prinzip ist die Verwendung

Stoff-Klasse	charakteristische Merkmale	Beispiele
Farbstoffe	absorbieren, emittieren oder reflektieren bestimmte Licht-Anteile, haften an Oberflächen oder gehen gut in Lösung (es können auch andere Lösungsmittel außer Wasser gemeint sein)	Methylblau, Sudan-III, Alizarin-Blau, Fuchsin, Indigo, Lackmus
Indikatoren	reagieren charakteristisch mit anderen Stoffengruppen / Stoffen (meist unter Veränderung ihrer Farbe od. einer anderen gut beobachtbaren Eigenschaft)	Unitest(-Farbstoff-Mischung),
Lösungsmittel		

ein und derselbe Stoff kann in einer Vielzahl von Stoff-Klassen vertreten sein

Beispiel: Kochsalz

Stoff-Klasse	Merkmale / Eigenschaften (NaCl)	Klassen-Merkmale	Begründung
Salz-artige Stoffe Salze	ist aus Natrium- und Chlorid-Ionen aufgebaut, zwischen diesen besteht Ionen-Beziehung, kristalliner Bau gut löslich in Wasser und anderen polaren Lösungsmitteln, spöde, hohe Schmelz- (801 °C) und Siede-Punkte (1465 °C), Schmelze leitet den Strom	siehe vorne	die Merkmale von NaCl stimmen mit den charakteristischen Merkmalen der Klasse überein
Feststoffe	bei Zimmer-Temperatur fest (→ Schmelz- (801 °C) und Siede-Punkt (1465 °C) deutlich über 25 °C)	siehe vorne	die Merkmale von NaCl stimmen mit den charakteristischen Merkmalen der Klasse überein
anorganische Stoffe	ist aus Natrium- und Chlorid-Ionen aufgebaut → besteht nicht aus Kohlenstoff und Wasserstoff oder leitet sich aus einer solchen Struktur ab	nicht organischer Stoff (s. dazu vorne)	passt nicht zu den organischen Stoffen und gehört damit zu den anorganischen
Lebensmittel			

Kristall-Arten

regelmäßige Struktur

Gegensatz sind amorphe Körper mit unregelmäßigem Aufbau

Definition(en): Kristall

Ein Kristall ist ein fester, homogener Körper, der räumlich in unendlicher Folge aus einem oder mehreren Bauelementen besteht und stofflich sowie physikalisch einheitlich erscheint. Die Bauelemente liegen auf Gitterpunkten und besitzen nur eine geringe Beweglichkeit (meist nur Eigen- bzw. Wärme-Bewegungen).

6 Kristall-Klassen

32 Kristall-Systeme

Aufgaben:

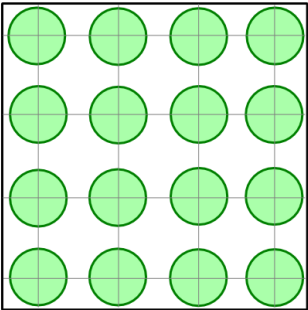
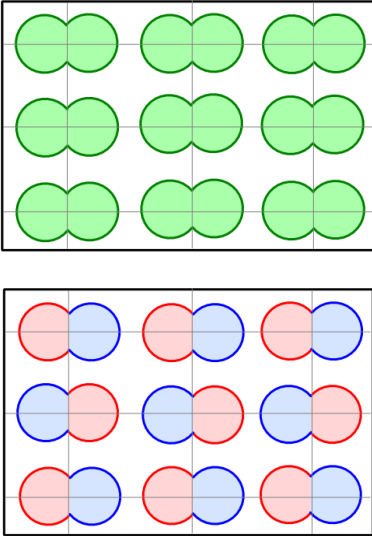
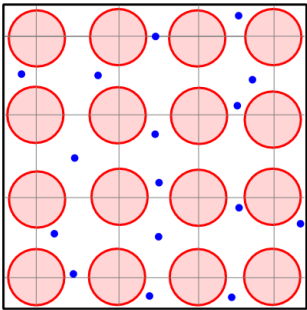
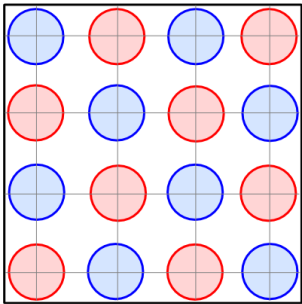
1. Sind die folgenden Stoffe Reinstoffe, Elemente, Verbindungen oder Gemenge? Begründen Sie Ihre Meinung ausführlich!

Meerwasser, Bier, Eisen, Zucker, Stahl-Beton, See-Sand, Erfrischungs-Getränk (z.B. Cola), Quecksilber, Stahl,

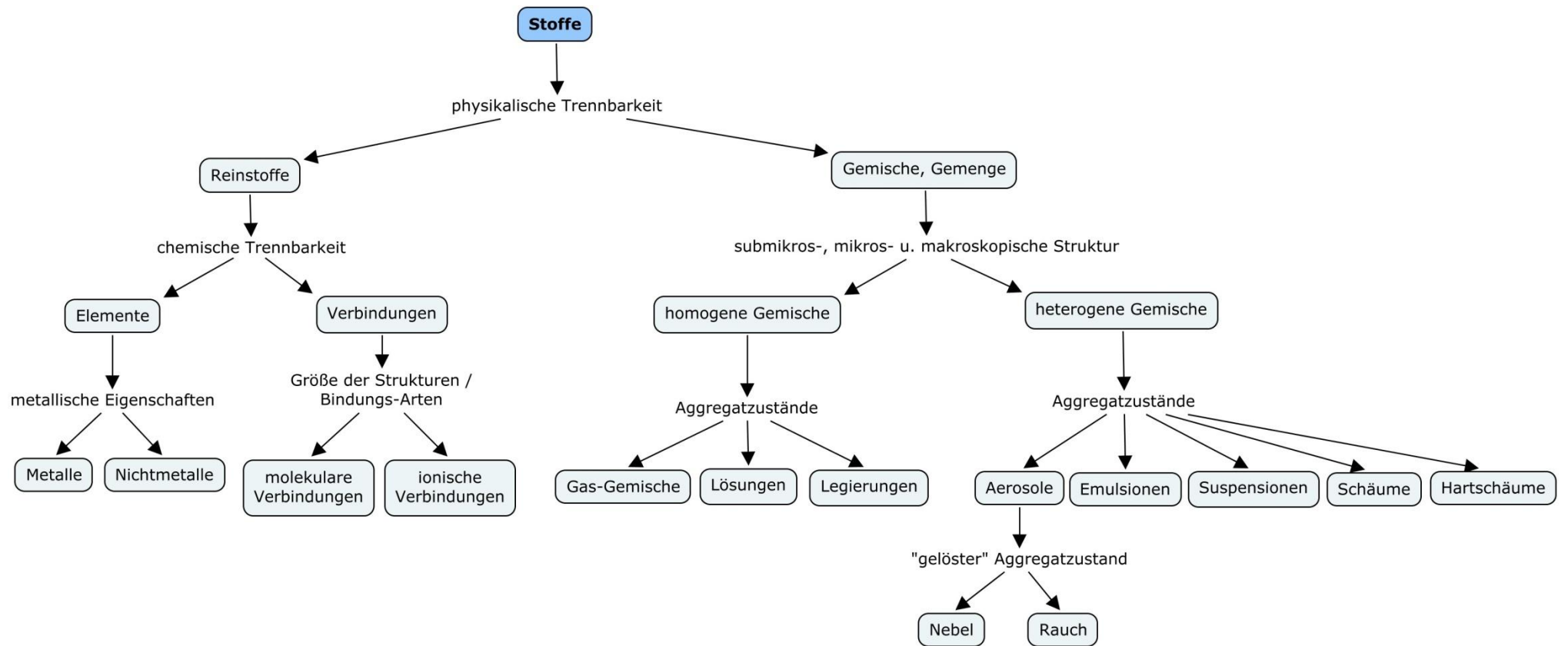
2. Ordnen Sie folgenden Stoffe in 10 verschiedene Kategorien ein! Erstellen Sie dazu eine übersichtliche Tabelle!

Milch, Eisen-Erz, Speise-Eis, demineralisiertes Wasser, Wasser mit Eiswürfeln, Edelstahl, Dispersions-Farbe, Luft, Brennspritus, Sauerstoff, Kaffe-Aufguß

Überblick: Kristall-Arten

Merkmal / Kriterium	Atom-Kristall	Molekül-Kristall	Metall-Kristall	Ionen-Kristall
Bau Skizze				
Bauteile	Atome	Moleküle (oben: unpolar unten: polar)	Metall-Kationen (Atom- Rümpfe) und frei-bewegliche Elektronen	Ionen (Kationen und Anio- nen)

Übersicht über die Einteilung / Klassifizierung von Stoffe (einfache Version)



2. grundlegende physikalische Sachverhalte

Teilchen

Wenn wir in der Chemie von Teilchen sprechen, dann sind vorrangig Objekte atomarer Größe gemeint. Wir unterscheiden monoatomare und polyatomare Teilchen. Die monoatomaren Teilchen sind die Atome (→ [3. Atombau und das Periodensystem der Elemente](#)) selbst oder ihren geladenen Äquivalente – die (atomaren oder monoatomaren) Ionen. Polyatomare Teilchen bestehen aus mehreren Atomen. Sie werden zumeist als Moleküle bezeichnet. Auch Moleküle können geladen sein. Große und sehr große Moleküle – die dann Makro-Moleküle genannt werden – werden nicht mehr zu den Teilchen gezählt.

Molekulare Teilchen werden i.A. als relativ bewegliche Objekte angesehen. Damit unterscheiden sie sich von Kristallen usw., in denen verschiedenste Teilchen relativ starr aneinander haften und sich nur geringfügig bewegen (können). In Kristallen bewegen sich die Teilchen vorrangig an und auf ihren Gitter-Punkten. Eine Ausnahme stellen die frei-beweglichen Elektronen (Elektronen-Gas) in Metall-Kristallen dar. Genaugenommen sind Elektronen Elementar-Teilchen. Die Elektronen – als Bauteile der Atome – könnten quasi als die kleinsten Teilchen auf der atomaren Größen-Ebene betrachtet werden.

Interessant sind die Elementar-Teilchen aber auch chemisch. Bei Reaktionen können z.B. Protonen (Wasserstoff-Ionen) oder Elektronen zwischen Stoffen ausgetauscht werden. Protonen stellen – genauso wie die Elektronen – hinsichtlich der Größe die untere Grenze der Teilchen (in der Chemie) dar. Protonen sind aber im Vergleich zu den Elektronen rund 1000x größer.

In die Welt der noch kleineren Materie-Bausteine – z.B. die der Quarks – dringen wir in der Chemie nicht ein. Sie sind die Domäne der Physik. In chemischen Vorgängen spielen sie überhaupt keine Rolle.

Vielfach werden die Teilchen relativ idealisiert betrachtet. So werden einatomige Teilchen als Kugel-förmige Objekte mit oder ohne Ladung betrachtet. Sie haben über Kräfte Beziehungen zu anderen Teilchen oder größeren Objekten (z.B. Kristallen, Feststoffen, ...). Die idealisierten Teilchen besitzen als Ganzes eine Masse, eine Ausdehnung (Volumen), eine Ladung usw. usf., je nach dem, was man für die konkreten Betrachtungen benötigt. Teilchen als mehr oder weniger abgeschlossene Objekte sind also typische Modelle. In der Chemie gehören sie zu den wichtigsten Modell-Vorstellungen.

Definition(en): Teilchen

Teilchen sind Objekte atomarer Größe. Man unterscheidet Elementar-Teilchen, Atome, Ionen und Moleküle.

Kräfte

Eine Kraft ist eine gerichtete Einwirkung auf einen Körper (Teilchen, Stoffe, Gegenstände), die eine Wirkung erzielt. So können Körper z.B. bewegt oder verformt werden. Durch die Einwirkung der Kräfte wird (physikalische) Arbeit verrichtet oder der Energie-Gehalt des Körper bzw. seiner Umgebung geändert.

Heute unterscheiden die Physiker vier elementare Natur-Kräfte – auch Wechselwirkungen genannt. Neben der elektromagnetischen Kraft gehören auch die starke Kern-Kraft, die schwache Kern-Kraft und die Gravitations-Kraft dazu.

In der Chemie interessieren uns vor allem die elektromagnetischen Kräfte. Hierzu gehören z.B. die elektrostatischen Kräfte. Sie beruhen auf Ladungen und Ladungs-Verschiebungen.

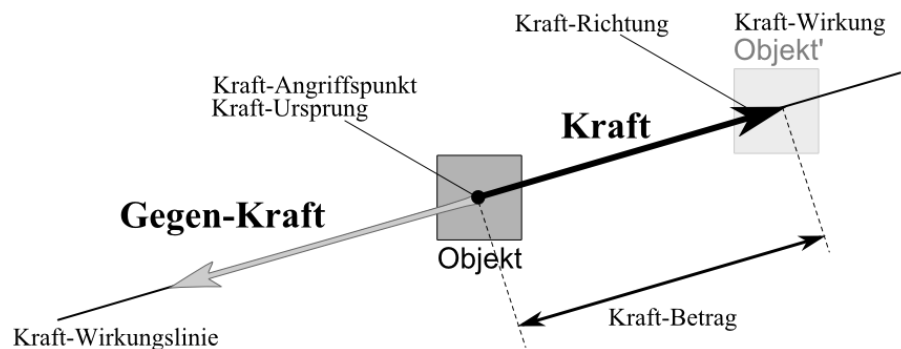
Die elektrostatischen Kräfte werden wir in Form der polaren Kräfte und der VAN-DER-WAALS-Kräfte – aber auch in chemischen Bindungen – sehr häufig wiederfinden.

Definition(en): Kraft

Eine Kraft ist die Ursache für eine Wirkung an einem Objekt.

Es gibt sehr viele verschiedene Arten von Kräften (z.B. elektromagnetische Kräfte, VAN-DER-WAALS-Kräfte, mechanische Kräfte, Gravitation, schwache und starke Kern-Kräfte,).

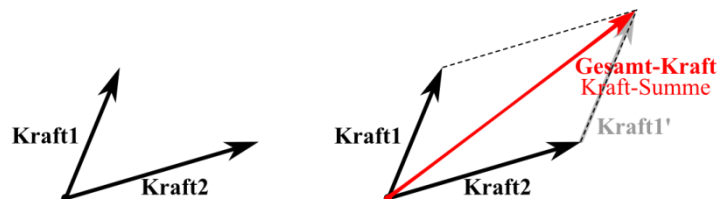
Kräfte gehen – physikalisch gesehen – von einem Punkt aus und haben eine Richtung (Vektor). Deshalb benutzt man zu-meist auch einen Pfeil zur Darstellung einer Kraft. Die Gerade auf der der Kraft liegt, ist die Wirkungs-Linie.



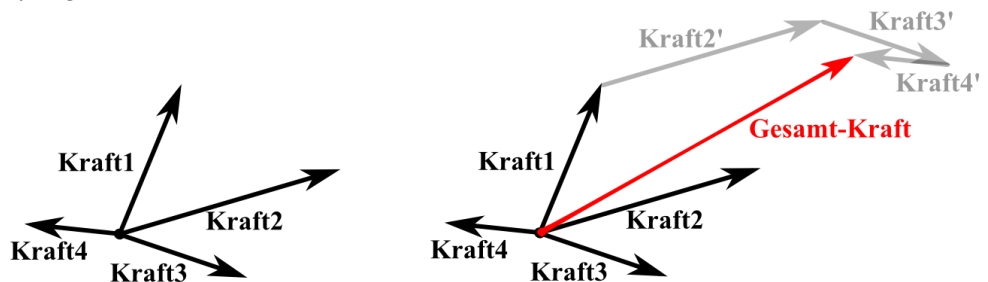
Die Größe der Kraft wird standardmäßig über die Pfeil-Länge (den Betrag des Vektors) ausgedrückt. Seltener deutet man die Kraft-Stärke schematisch durch die Pfeil-Dicke an.

Nach NEWTON steht jeder Kraft eine gleichgroße, aber genau entgegengesetzt gerichtete Gegen-Kraft entgegen.

Haben verschiedene Kräfte einen gemeinsamen Ursprung, dann addieren sie sich. Bei zwei Kräften kann man die Summe graphisch durch die Parallel-Verschiebung relativ einfach ermitteln.

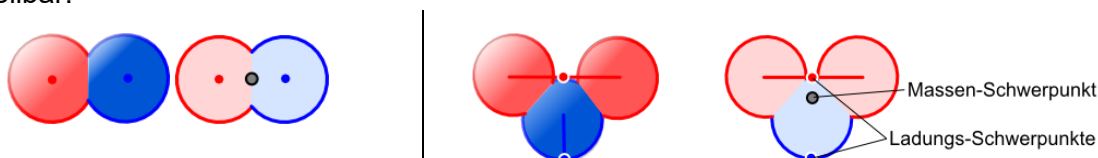
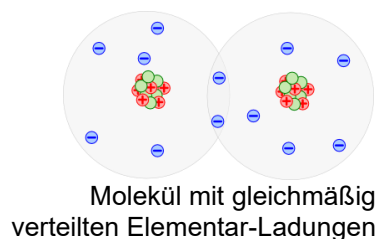
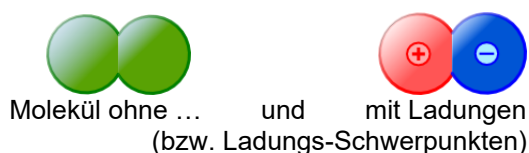


Greifen noch mehr Kräfte an, dann ist die einfachste Lösung die fortlaufende Hintereinander-Konstruktion (mehrere Parallel-Verschiebungen) der Einzel-Kräfte. Die resultierende Kraft ist, derjenige Vektor, der sich zwischen dem Kräfte-Ursprung und dem konstruierten Vektoren-Ende (letzte Spitze) ergibt.



Dipole

Wenn sich in einem Molekül mindestens zwei verschieden geladene Ladungs-Schwerpunkte räumlich voneinander getrennt befinden, dann sprechen wir von einem Dipol. Einfache Moleküle aus nur einer Atom-Art besitzen diese Eigenschaft nicht. In ihnen sind alle Ladungen gleichmäßig – zumeist schon direkt im einzelnen Atom selbst – verteilt. Die möglichen Ladungs-Schwerpunkte liegen im Zentrum des Atoms (im Atomkern) bzw. im räumlichen Zentrum des Moleküls. Nach außen sind keine (dauerhaften und ausreichend großen) Ladungen feststellbar.

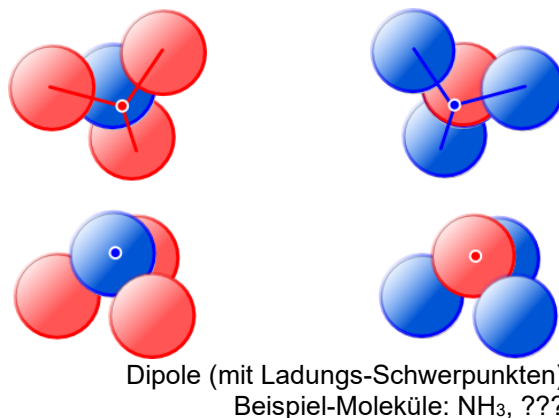
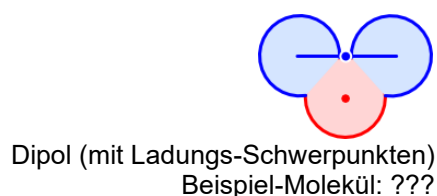
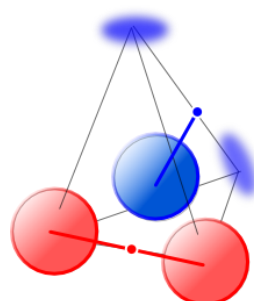


Bei mehr als zwei Ladungs-Schwerpunkten müssen noch bestimmte räumliche Anordnungs-Bedingungen erfüllt sein. Die Ladungen müssen eine gewisse Asymmetrie erzeugen. Dazu müssen die resultierenden (gemeinsamen, summativen) Ladungs-Schwerpunkte räumlich voneinander getrennt sein.

Beim Wasser – mit dessen Formel H₂O – würde man vielleicht eine lineare Anordnung der Atome erwarten:



Die beiden Ladungs-Schwerpunkte müssten dann übereinander fallen. Aus der Praxis wissen wir aber, dass Wasser ein ganz typischer Dipol ist. Praktisch ist das Wasser-Molekül tetraedrisch gebaut. Im Mittelpunkt des gedachten Körpers (Tetraeder) liegt das Sauerstoff-Atom. Zwei der Ecken des Tetraeders sind mit Wasserstoff-Atomen belegt, die anderen beiden Ecken werden von freien Elektronen-Päarchen genutzt. Die sich nun ergebenen Ladungs-Schwerpunkte sind deutlich voneinander getrennt – Wasser-Moleküle sind Dipole.



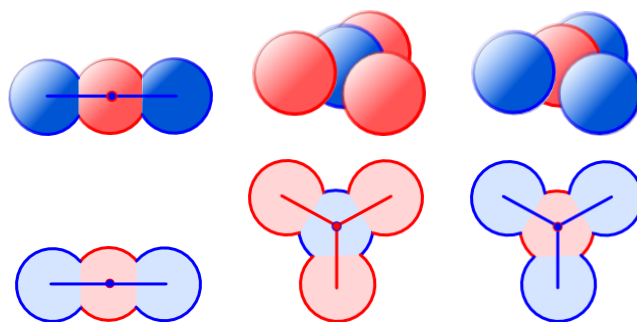
Ähnlich verhält es sich mit Ammoniak (NH_3). Hier ist es ein einzelnes freies Elektronen-Paar, das eine Ecke des Tetraders ausmacht. In den anderen Ecken liegen die Wasserstoff-Atome. Das Stickstoff-Atom liegt im Zentrum des Tetraeders.

Die Ladungs-Schwerpunkte müssen nicht von vollständigen Ladungen gebildet werden. Viel häufiger sind es teilweise Ladungen (Partial-Ladungen), die zu Dipolen führen. Das Wasser-Molekül ist ein typisches Beispiel für diese Situation. Die partiellen Ladungen müssen aber eine gewisse Größe überschreiten, damit sie nach außen wirksam werden. Als Hilfs-Maß kann die Elektronegativität verwendet werden. Deren Differenz (ΔEN) muss nach praktischen Erfahrungswerten größer als 0,5 sein. Dazu später genaueres (→ [Elektronegativität \(nach PAULING\)](#)).

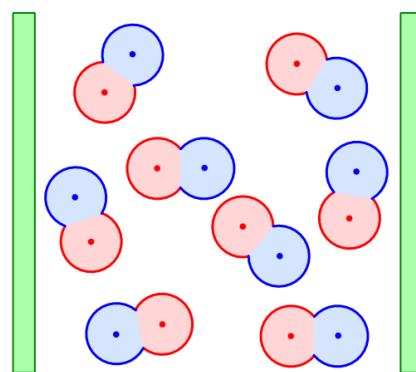
Unter normalen Umständen haben die Moleküle keine Vorzugs-Richtung. Jedes Teilchen bewegt sich relativ frei im Raum. Lediglich die Ladungs-Schwerpunkte der anderen Teilchen können einen Einfluss auf die Ausrichtung oder Beweglichkeit der Teilchen haben. Auch dazu später mehr (→ [2.1. Kräfte zwischen den Teilchen](#)).

Legt man nun ein äußeres elektrisches Feld an, dann richten sich die Dipole so aus, dass die Achse der Ladungs-Schwerpunkte parallel zu den Feldlinien verläuft. Der negative Ladungs-Schwerpunkt zeigt zur Kathode (positiv geladene Elektrode) und der positive Schwerpunkt zur Anode (negativ geladene Elektrode). Trotzdem besitzen die Dipole immer noch eine gewisse Beweglichkeit. Sie wackeln – schwingen – an den Aufenthalts-Orten hin und her.

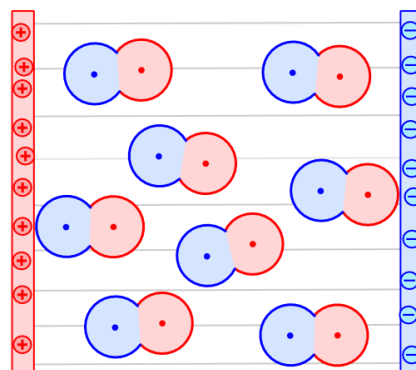
Im Fall von Wasser nutzt man die Ausrichtung im elektromagnetischen Feld z.B. in der häuslichen Mikrowelle. Dort werden die Wasser-Dipole durch ein äußeres elektromagnetisches Wechsel-Feld ständig hin und her bewegt (gedreht). Dadurch entsteht im Lebensmittel Reibung und es wird schließlich heiß.



keine Dipole bei Molekülen mit linearem oder planarem Bau, weil Ladungs-Schwerpunkte räumlich aufeinander fallen
Beispiel-Moleküle: CO_2 , BH_3 , BF_3
(untere Reihe: vereinfachte Darstellung)



Dipole im Raum
(ohne äußeres elektrisches Feld)



Dipole im elektrischen Feld

Definition(en): Dipol
Ein Dipol ist ein Objekt mit zwei entgegengesetzt geladenen, räumlich getrennten Ladungsschwerpunkten.
Ein Dipol ist ein Objekt molekularer Größen-Ordnung, bei dem polare Atom-Bindungen vorliegen, das Molekül unsymmetrisch gebaut ist und die Ladungsschwerpunkte 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

Definition(en): Polarisierbarkeit
Polarisierbarkeit α ist die Fähigkeit eines Moleküls aufgrund eines äußeren elektrischen Feldes einen (induzierten) Dipol (mit einem Dipolmoment μ_i) zu bilden.

Dipol-Momente und Polarisierbarkeit

Molekül		Dipol-Moment μ [D]	Polarisierbarkeit [cm ³]	
Formel	Bezeichnung		elektrische $\alpha_n \cdot 10^{-24}$	optische $\alpha_{n,\infty} \cdot 10^{-24}$
H ₂		0	0,8	0,8
N ₂		0	1,8	1,8
F ₂				
Cl ₂		0	4,7	4,6
Br ₂		0	7,0	7,0
I ₂		0	-	12,7
HF				
HCl		1,08	3,1	2,6
HBr		0,79	3,6	3,5
HI		0,38	5,5	5,2
NO		0,15	1,9	1,7
CO		0,11	2,0	1,9
CO ₂		0	2,9	2,6
CS ₂		0	9,0	8,1
N ₂ O		0,17	3,1	2,9
NO ₂		0,32	-	3,0
SO ₂		1,67	4,2	3,9
H ₂ O		1,84	1,5	1,3
H ₂ S		0,78	3,6	3,4
BF ₃		0	3,5	2,4
SO ₃		0	4,8	4,3
NH ₃		1,47	2,5	2,2
NF ₃		0,24	3,7	2,8
CH ₄		0	2,6	2,5
CF ₄		0	4,0	2,9
CCl ₄		0	11,2	10,2
PF ₅	Phosphorpentafluorid	0	6,1	3,7
SF ₆		0	6,2	4,5
N ₂ O ₄		0	6,7	6,5
C ₂ H ₆		0	4,5	4,4
C ₂ H ₅ OH	Ethanol	1,58	5,6	4,9
C ₆ H ₆		0	10,7	9,9
C ₆ H ₅ CN		4,14	13,4	12,5

Daten-Q: /22, S.121/

2.1. Kräfte zwischen den Teilchen

Betrachtung auf Teilchen-Ebene stoßen immer wieder an die Grenzen unserer Modell und Vorstellungskräfte. Fast Jeder, den man fragt, stellt sich Teilchen od. vergleichbare atomare Objekte immer als feste – meist Kugel-förmige – Körper vor. Das ist aber gar nicht so. Es gibt weder eine feste Oberfläche noch ein von der Umgebung unterscheidbarer Raum-Inhalt. Da schwirren lediglich ein paar verträumte Elektronen durch den Raum. Sie zu treffen ist – auf den Raum bezogen – schon ein Wunder.

Auch der Kern der Atome stellt nichts Massives dar. Vielleicht trifft die Vorstellung von einer wappligen Energie-Suppe / -Kugel das Ganze genauer, als unsere langläufige Betrachtung der Protonen und Neutronen als kleine Körner.

Alle Ab- und Begrenzungen leiten sich aus den Wirkungen der wirkenden Elementar-Kräfte (Grund-Kräfte) ab, von denen uns besonders die Ladungen mit ihren elektromagnetischen Wechselwirkungen (Kräften) interessieren. Weitere Elementar-Kräfte, die besonders innerhalb des Atom-Kerns wirken, sind die schwachen sowie die starken Wechselwirkungen. Als letzte Kraft kommt noch die Gravitation hinzu, die zwischen den Massen von Körpern wirkt.

Die Atom-Hülle kann man sich vielleicht als Nebel vorstellen, der von den umher flitzenden Elektronen gebildet wird. Ihre negative Ladung bewirkt eine recht gute Abschirmung des (positiv geladenen) Atom-Kerns. Um in die Atom-Hülle einzudringen oder sie gar zu durchstoßen bedarf es schon einer beachtlichen Energie. Deshalb wirkt ein Atom nach außen auch scheinbar als kugeliges Objekt. Für viele Betrachtungen ist diese Vorstellung auch völlig ausreichend. Bei der Besprechung von Kräften zwischen den Teilchen stoßen wir dann aber an die erwähnten Grenzen.

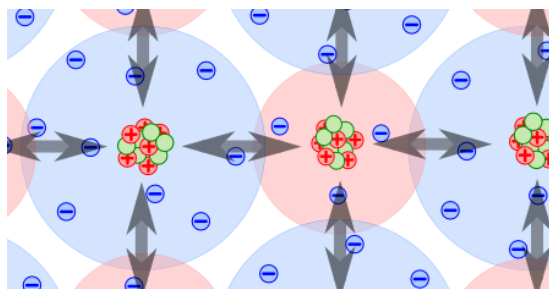
Kohäsion

Kräfte zwischen den Teilchen eines Stoffes, sorgen für den inneren Zusammenhalt der Stoffe

sie gliedern sich in

- Bindungen (Atom-, polare Atom- und Ionen-Bindung (kovalente und polare Kräfte)
- zwischenmolekulare Kräfte
 - unpolar (VAN-DER-WAALS-Kräfte (VDW-Kräfte, VdW-Kräfte))
 - polar (ausgehend von Partial-Ladungen; z.B. Wasserstoff-Brücken-Bindung (WBB))
- mechanische Verwirkung (Verschlaufung, Verfilzung) von größeren Molekülen (Makro-Molekülen)

polare Kräfte basieren auf geladenen Teilchen, wir unterscheiden positive und negative Ladungen, zwischen positiv und negativ geladenen Einzel-Teilchen (Ionen oder Elementar-Teilchen (Elektronen)) herrschen ausgeprägte starke elektrostatische Kräfte

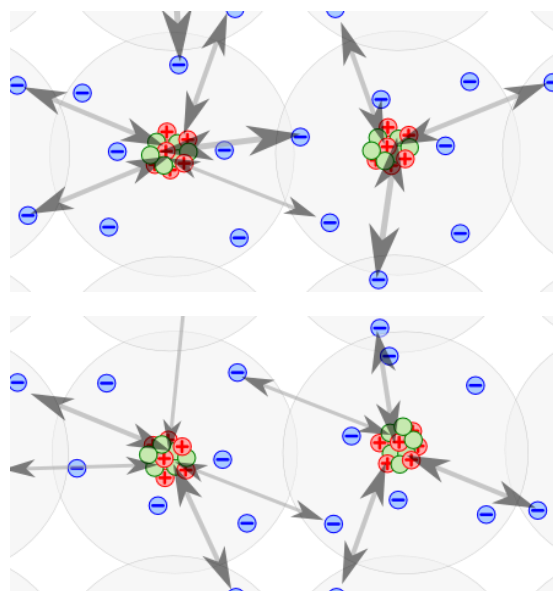


VAN-DER-WAALS-Kräfte (VdW-Kräfte) werden auch als unpolare (apolare) Kräfte zwischen Teilchen beschrieben

auf Molekül-Ebene ist dies auch so, lokal auf Atom-Ebene basieren die VAN-DER-WAALS-Kräfte auf den elektrostatischen Anziehungskräften zwischen einem Atom-Kern und den Elektronen des Nachbar-Atoms, die positiv geladenen Atom-Kerne stellen eine relativ stabiles Raster dar

da die Elektronen sich ständig bewegen, kommt es z.B. kurzfristig zu Anhäufungen von negativen Ladungen auf der einen Seite und positiven Ladungsschwerpunkten an anderer Stelle

die entgegengesetzt geladenen Ladungsschwerpunkte ziehen entsprechend an – was eben genau diese VAN-DER-WAALS-Kräfte entspricht



zwei Moment-Aufnahmen von temporären Wechselwirkungen zwischen den Ladungsträgern

an anderer Stelle stoßen sich vielleicht die Elektronen-Häufungen (gleichartige negative Ladungsschwerpunkte) von benachbarten Atomen ab; durch die ständige Bewegung der Elektronen sind die Kräfte im Kleinen sehr flüchtig und wechseln gewissermaßen ständig ihre Position und Richtung, nach außen erscheinen sie (summativ) als neutrale Kräfte

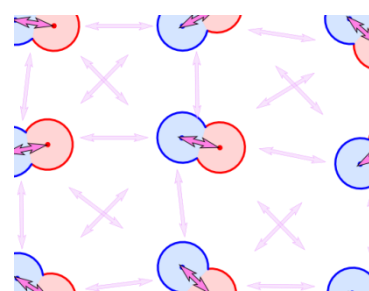
VdW-Kräfte sind praktisch temporäre Kräfte zwischen temporären Dipolen

sie sind praktisch auch wesentlich kleiner als (echte) polare Kräfte, abgeschätzt nur 1/10 so groß wie polare Kräfte

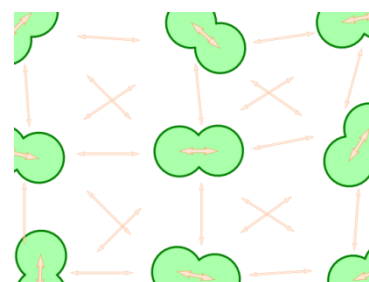
die Stärke der VAN-DER-WAALS-Kräfte ist von der Anzahl der Ladungen, der Verteilung im Raum, von der Polarisierbarkeit (Verschiebbarkeit der Ladungen) und von der wirksamen Kontaktfläche (Molekül-Oberfläche) abhängig

Häufig findet man die Darstellung, dass unpolare bzw. VAN-DER-WAALS-Kräfte abstoßende Kräfte sein. Dies ist in gar keinem Fall so! Das würde ja auch bedeuten, dass Stoffe wie Benzin oder Öl in Einzel-Moleküle zerfallen würden. Das wäre dann nur als gasförmiger Aggregatzustand denkbar. Durch VDW-Kräfte sind z.B. Haftungen von Öl an Metallen usw. möglich. Und die funktionieren auch, wenn der Öl-Film z.B. unten am Metall hängt.

große Moleküle sind besser polarisierbar



polare Moleküle mit polaren Bindungen und polaren Zwischen-Molekular-Kräften



unpolare Moleküle mit (unpolaren) Atom-Bindungen und VAN-DER-WAALS-Kräften

Definition(en): Kohäsion

Kräfte die zwischen den Teilchen (z.B. Molekülen oder Atomen) eines Stoffes wirken, werden als Kohäsion bezeichnet

Polare Kräfte (Dipol-Dipol-Kräfte) sowie VAN-DER-WAALS-Kräfte werden zusammen auch als VAN-DER-WAALS-Bindungen bezeichnet. Wegen der leichten Verwechslung mit den VAN-DER-WAALS-Kräften benutzt man heute lieber den Begriff der zwischen-molekularen Kräfte. Dadurch kommt es auch nicht zur verwaschenen Benutzung des Begriffes der Bindungen. Zwischen-molekulare Kräfte haben eine deutlich (rund 1/10) niedrigere Energie.

Adhäsion

Anhangs-Kraft, zwischen zwei (kondensierten) Phasen, die zueinander Kontakt haben
praktisch zwischen Feststoffen und / oder Flüssigkeiten, dabei sind alle denkbaren Kombinationen möglich

Kräfte an den Grenzflächen der Stoffe

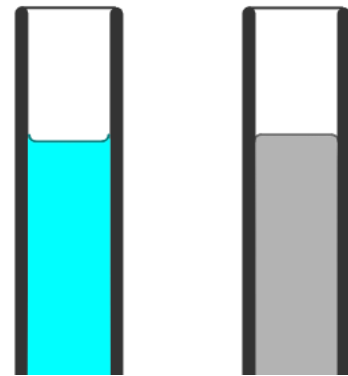
Adhäsion basiert auf verschiedenen Effekten und Phänomenen, die einzeln oder im Komplex wirken können

- mechanische Adhäsion (durch submikroskopische Verzahnungen, Rauigkeit, Poren, Vertiefungen)
- spezifische Adhäsion (z.B. durch elektrostatische Kräfte (Pole, Dipole), chemische Affinitäten der Stoffe zueinander (verbunden mit Diffusions-Phänomenen))
- Oberflächen-Spannung und Fluidizität
- thermodynamische und energetische Effekte, stabile System-Zustände

Stoffe können sich anziehen oder auch (scheinbar) abstoßen

bestimmt durch verschiedene Stoff- und Phasen-Eigenschaften

an Phasen-Grenzen sind schwache Adhäsions-Kräfte oft mit einer großen Oberflächen-Spannung verbunden, da die Kohäsions-Kräfte – der an der Grenze liegenden Teilchen – nur auf die eigene Phase wirken (→ [4.1.3. Viskosität und Oberflächenspannung](#))



Adhäsion zwischen Glas und Wasser (links)
sowie zwischen Glas und Quecksilber (rechts)

Definition(en): Adhäsion
Kräfte die zwischen den Teilchen (z.B. Molekülen oder Atomen) verschiedener Stoffe wirken, werden als Adhäsion bezeichnet.
Adhäsion sind die Grenzflächen-Kräfte zwischen verschiedenen Phasen (Stoffen).

2.2. Energie und Energie-Austausch

Definition(en): Energie

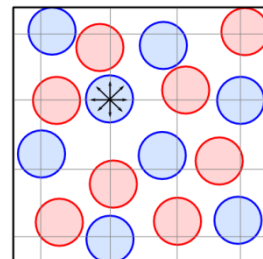
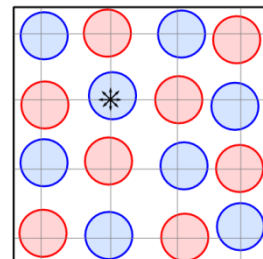
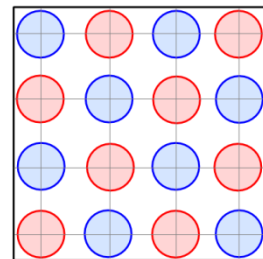
Energie **E** ist die Fähigkeit eines Objektes (Körpers) Arbeit zu verrichten (also andere Objekte zu manipulieren)

weitere häufig verwendete Formel-Zeichen: W W_W Q $E_{\text{elektr.}}$ W_{h^*v} E_{chem}

Einheit(en): 1 J (JOULE; sprich: dschuhl)

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2 = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$$

$$1 \text{ J} = 6,242 \cdot 10^{18} \text{ eV} = 6,242 \cdot 10^6 \text{ MeV} = 6,242 \text{ TeV}$$



Definition(en): Temperatur

Die Temperatur **T** ist ein Maß für die durchschnittliche kinetische Energie (Bewegungs-Energie) der Teilchen eines Stoffes / eines Systems.

weitere Formelzeichen: ϑ (Theta; für T in °C)

Einheit(en): 1 K (KELVIN); 1 °C (Grad CELCIUS);

1 °F (Grad FAHRENHEIT); 1 °R (Grad RÉAUMUR)

$$1 \text{ K} = 1 \text{ grd}$$

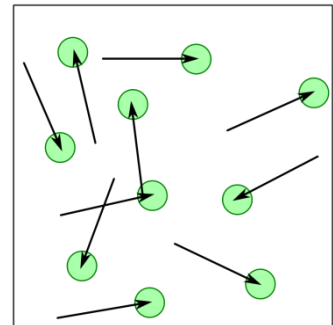
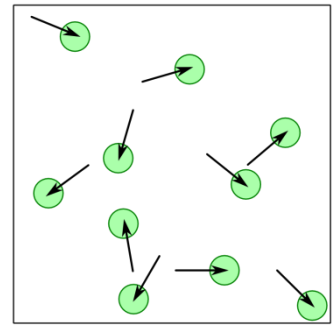
Besser vorstellbar ist die Teilchen-Bewegung im gasförmigen Zustand. Hier können sich die Teilchen in alle Richtungen frei bewegen.

In einem ersten (vereinfachten) Modell gehen wir davon aus, dass alle Teilchen die gleiche Energie / Bewegungs-Geschwindigkeit haben. Weiterhin soll es zu keinen Kontakten der Teilchen untereinander kommen. Bei einem ausreichend verdünntem Gas könnte man sich das auch noch gut vorstellen. Wie wir noch sehen werden erzeugt das Modell aus sich selbst heraus einen Widerspruch, der ein deutliches Indiz dafür ist, dass wohl doch nicht alle Teilchen die gleiche Energie / Geschwindigkeit haben.

Haben die Teilchen eine geringe (Bewegungs-)Energie, dann entspricht das einer geringen Temperatur. Dementsprechend besitzen die Teilchen eines wärmeren Gases mehr Energie.

Physikalisch würden wir die höhere Temperatur anhand des höheren Druckes beobachten. Die warmen (Energie-reicheren) Teilchen stoßen mit größerer Kraft gegen die Außenwände.

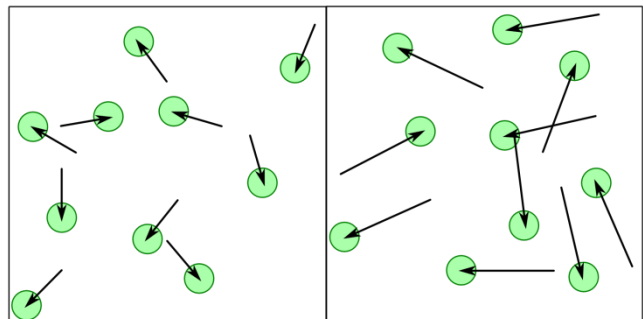
Energie-Übertragung durch direkten Kontakt der Teilchen untereinander (Stöße) oder über Strahlungen oder Felder



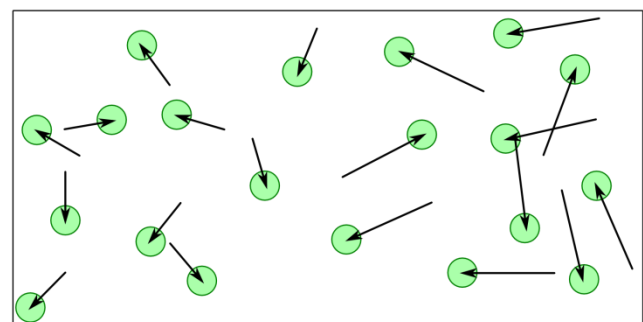
Wir kombinieren nun ein kaltes Gas mit einem warmen. Zuerst sind beide noch durch eine Trennwand voneinander isoliert.

Im nächsten Schritt wird die trennende Wand entfernt. Die Teilchen können sich nun im gesamten Raum bewegen, was sie dann auch sofort tun.

Zuerst werden nur einzelne Teilchen ihren "angestammten" Raum verlassen. Aber nach und nach werden es immer mehr. Besonders die Energie-reichen (warmen) Teilchen verteilen sich schneller im Raum, da sie sich ja mit der größeren Geschwindigkeit bewegen.



links kalter und rechts warmer Bereich sind noch räumlich getrennt

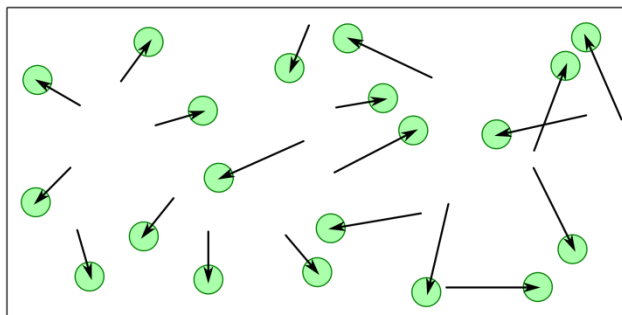


nach Entfernen der Trennwand können sich die Teilchen im gesamten Bereich bewegen

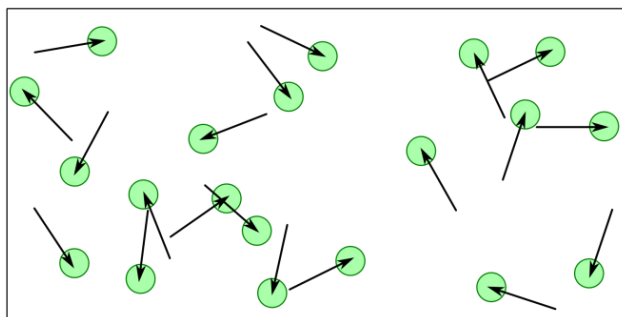
Nach einer bestimmten Zeit haben sich die Energie-armen und -reichen Teilchen gleichmäßig im Raum verteilt.

Da unser Modell davon ausgegangen ist, dass die Teilchen in einem Raum immer die gleiche Energie haben müssen wir diese nun anpassen. Zehn Energie-reiche und zehn Energie-arme Teilchen ergeben zusammen 20 Teilchen mit einer mittleren Energie.

Dies ist aber eben nur eine Modell-Vorstellung. Die Anwesenheit von Energie-reichen und Energie-armen Teilchen ist wesentlich realistischer und entspricht auch den praktischen Beobachtungen.



die ersten Teilchen bewegen sich in die jeweils gegenüberliegenden Bereiche



gleichmäßig verteilte Teilchen im Gesamt-Bereich

2.3. Teilchen-Bewegung

Wärme-Bewegung der Teilchen (BROWNsche Molekular-Bewegung)

Teilchen bewegen sich unregelmäßig, ändern ständig Richtung und Geschwindigkeit, scheinbar zufällig

beobachten und beschrieben zuerst von BROWN
z.B. bei Pollen auf der Wasser-Oberfläche
Wasser-Tröpfchen in einer Nebel-Kammer

ein Teil der Zusammenstöße und den damit verbundenen Richtungs- und Geschwindigkeits-Änderungen geht von der eigenen Teilchen-Art aus
bei reinen Stoffen erfolgen die Bewegungs-Änderungen nur nach Teilchen-Kontakten

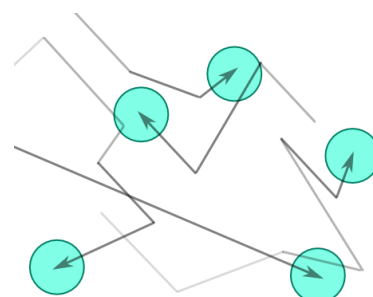
alle Teilchen eines Stoffes haben eine bestimmte durchschnittliche Bewegungs-Energie, die als Temperatur ausgedrückt / gemessen wird

Bei der Temperatur von 20 °C bewegen sich die Teilchen des Quecksilbers so stark, dass deren Raum-Anspruch genau durch den Skalen-Strich für 20 °C auf dem Thermometer angezeigt wird.

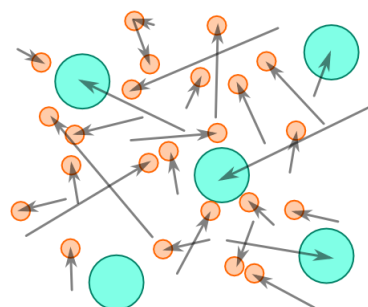
bei Stoffen mit großer Temperatur bewegen sich die Teilchen schneller / intensiver / stärker
die Teilchen eines kälteren Stoffes (gleiche Stoff-Art) bewegen sich langsamer
Bei Feststoffen findet die Bewegung hauptsächlich um die Gitter-Punkte herum statt

durch Stoßen übertragen die Teilchen Energie auf die Stoß-Partner, die ändern darauf hin ihre Bewegungs-Richtung und Geschwindigkeit

Weiterhin können auch direkte Energie-Zufuhren oder – Entnahmen die Bewegungs-Energie der Teilchen beeinflussen

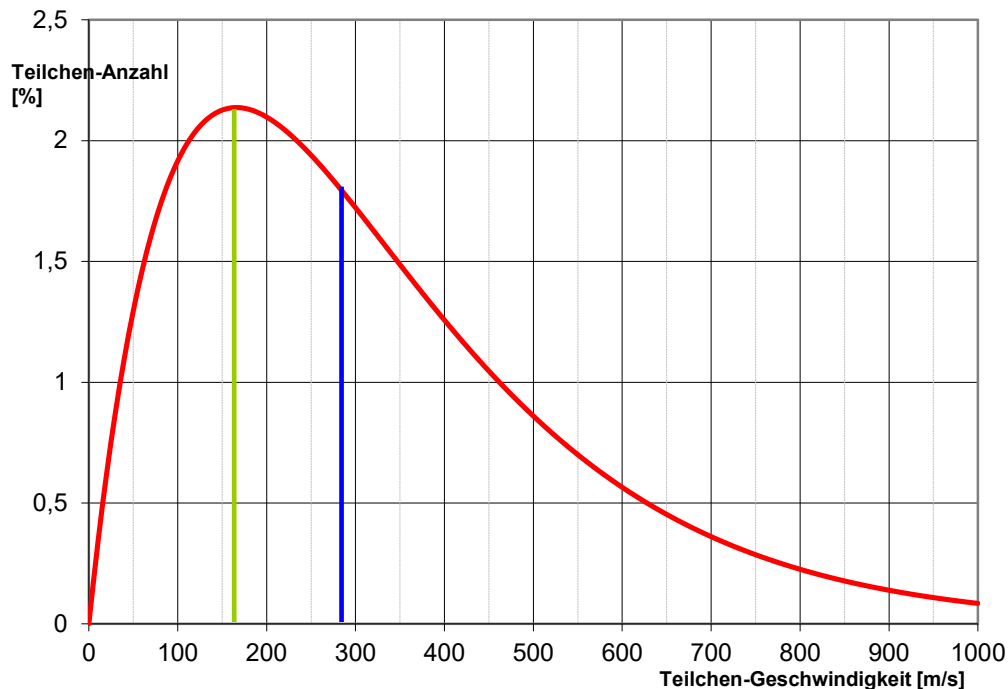


beobachtete Teilchen-Bewegung
z.B. in einer Nebelkammer



Ursache der BROWNschen
Molekular-Bewegung

Verteilung der Energie-Werte nach MAXWELL und BOLTZMANN



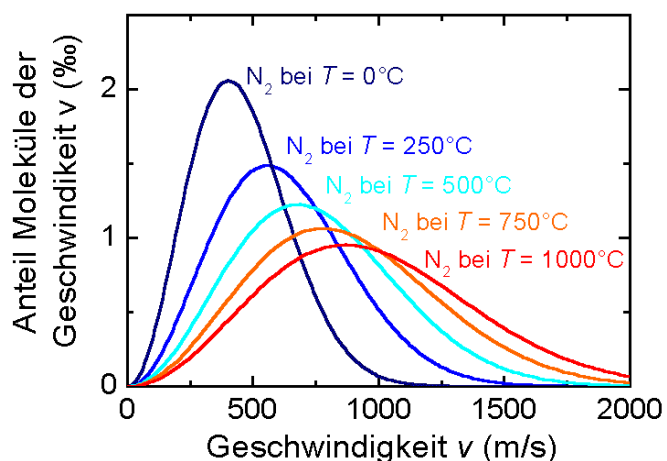
Erläuterung des Diagramms: Berechnet wurde die Anzahl der Teilchen, die eine bestimmte Energie besitzen (hier praktisch immer in Geschwindigkeits-Gruppen mit je 10 m/s Breite berechnet). Erfassung zu einem bestimmten Zeit-Punkt.

Teilchen mit einer Geschwindigkeit (Energie) von 0 m/s gibt es nicht (kaum). Mit steigender Teilchen-Geschwindigkeit steigt auch die Teilchen-Anzahl, welche genau eine bestimmte Geschwindigkeit () besitzen

bei einer bestimmten Geschwindigkeit beobachten wir eine maximale Zahl von Teilchen (hier **160 m/s**), danach fällt die Anzahl der Teilchen mit immer höherer Geschwindigkeit (Energie), es gibt auch Teilchen mit noch größerer Geschwindigkeit (theoretisch bis unendlich), deren Anzahl nähert sich aber immer mehr der 0 an, sie stoßen praktisch sofort oder besonders häufig mit anderen Teilchen zusammen, die gewöhnlich eine kleine Energie besitzen. Soe kommt es schnell wieder zur Verringerung (Normalisierung) der Geschwindigkeit die durchschnittliche Geschwindigkeit liegt (hier!) bei rund **275 m/s** (rechte und linke Fläche unter der Kurve gleich groß)

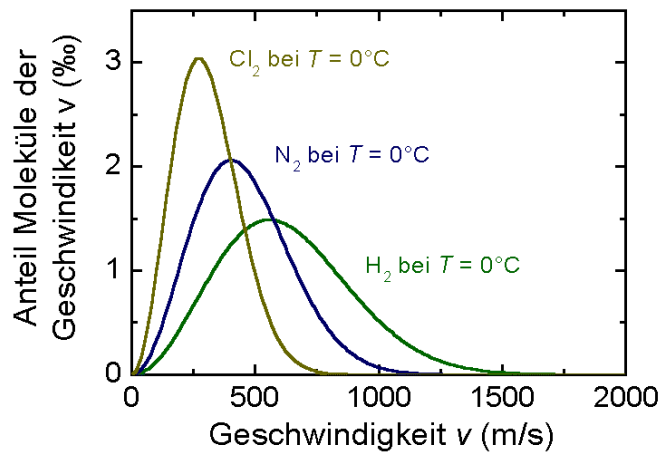
Bei steigender Temperatur flachen die Kurven der BOLTZMANN-Verteilung immer mehr ab.

$$E_{kin} = m \cdot v^2 \quad \left[\frac{kg \cdot m^2}{s^2} = J \right]$$



Abhängigkeit der Teilchenzahlen mit einer bestimmten Bewegungs-Geschwindigkeit von der Temperatur

es besteht auch eine Abhängigkeit von der Teilchen-Masse

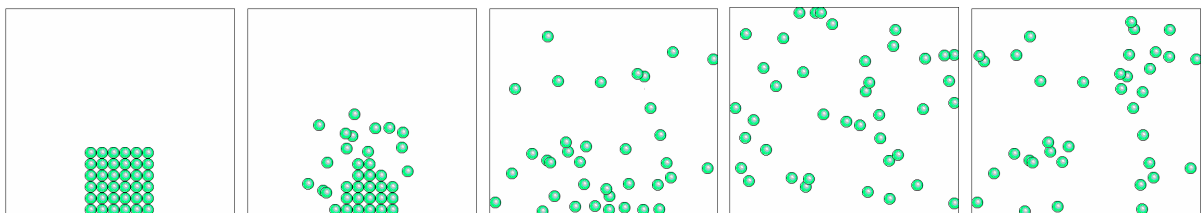


Abhängigkeit der Teilchenzahlen mit einer bestimmten Bewegungs-Geschwindigkeit von der Molekül-Art (Masse)
Q: de.wikipedia.org (Kai11)

Verteilung der Energie-Werte nach MAXWELL und BOLTZMANN

Diffusion

lat. von diffundere, was verstreuen, ausbreiten, ausgießen bedeutet



allg. durch Gradienten-Gefälle bedingt (Treibkräfte)
bedeutsamster Gradient sicher die Konzentration
auch andere Gradienten möglich, z.B. Temperatur, Dichte, Ladung, Partial-Drücke

Ursache liegt in der Wärme-Bewegung der Teilchen
für das einzelne Teilchen gibt es keine vorrangige Bewegungs-Richtung, insgesamt finden in dem Raum, wo wenige (gelöste) Teilchen vorhanden sind, auch nur weniger Zusammenstöße mit anderen Teilchen statt, die Teilchen verbleiben in diesem Raum bzw. behalten ihre Bewegung bei

Teilchen in einem Bereich mit höherer Konzentration bzw. einer höheren Dichte stoßen öfter zusammen, damit verändern sie öfter ihre Richtung und verlassen so eher den Teilchen-dichten Raum

in dem Bereich, wo die Teilchen eine höhere Geschwindigkeit haben (also eine höhere Temperatur repräsentieren) stoßen die Teilchen öfter und intensiver zusammen und übertragen damit öfter Energie an ihre langsamen Stoß-Partner (mit weniger Energie)

Energie-arme Teilchen aus dem kälteren Raum nehmen eher Energie bei einem Stoß auf, als das sie sie abgeben (die Chance ein Energie-ärmeres Teilchen zu treffen ist einfach geringer) in einem Bereich mit Teilchen einer geringeren Energie bzw. einer kleineren Teilchen-Dichte kommt es zu weniger Zusammenstößen, dementsprechend zu weniger Energie-Übertragungen und Richtungs-Änderungen

bekannt und bestimmt schon häufig beobachtet ist das Phänomen beim Ausgleich eines Temperatur-Gradienten

FICKSches Diffusions-Gesetz

$$\text{Stoffmenge} = -\text{Diffusionskoeffizient} \cdot \text{Fläche} \cdot \text{Konzentrationsgrad} \cdot \text{Zeit}$$

Definition(en): Diffusion

Temperatur-Ausgleich durch Diffusion

Materialien / Geräte:

einfaches Pflanzen-Öl (möglichst hellfarbig), Paprika-Pulver, Kühlschrank, Herd, Wärmefestes Glas (ev. Thermo-Glas mit Doppelwand), ev. Thermometer

Hinweise:

im Labor kann auch Sudan-III als Farbstoff verwendet werden

Durchführung / Ablauf:

- Glas mit Öl befüllen, dass eine deutliche Schicht zu erkennen ist (Höhe mind. 1 cm) und in den Kühlschrank stellen
- ungefähr die gleiche Menge mit etwas Paprika-Pulver oder Sudan-III erwärmen
- das warme Öl kurz stehen lassen, dass sich das Paprika-Pulver absetzen kann und dann das warme Öl vorsichtig auf das kalte Öl schichten
-

mögliche Zusatzuntersuchungen:

- mit einem oder zwei kann die Temperatur der kalten oder beider Phasen verfolgt werden, dabei aber unbedingt Bewegungen durch das Thermometer vermeiden, die Schichten des Öls sollten etwas höher sein, als der Meß-Kopf des Thermometers
- die Temperatur kann gut über die Zeit aufgenommen und dann graphisch dargestellt werden

3. Stoffe, Eigenschaften und zugehörige Arbeits-Methoden

Jeder (reine) Stoff ist durch eine einzigartige Kombination von Merkmalen und Eigenschaften charakterisiert. Zwei (verschiedene) Stoffe unterscheiden sich immer mindestens in einer Eigenschaft. Die spezielle Kombination der Eigenschaften eines Stoffes machen seine Identität (quasi seine Individualität) aus.

Stoffe sind auf der makroskopischen Ebene durch **emergente Eigenschaften** gekennzeichnet, die sich nicht direkt aus den submikroskopischen Eigenschaften ableiten lassen. Man findet für Emergenz auch die Begriffe Fulguration oder Übersummativität.

Z.B. sind Atome durch eine sehr große – fast leere – Hülle gekennzeichnet. So ist z.B. bei einem Eisen-Atom über 99 % des Atom-Volumens leer. Trotzdem kann man einen Eisen-Block nicht einfach durchdringen. Er ist fest – fast so, als wäre alles gefüllt.

Der Philosoph LOCKE unterschied nach **primären** und **sekundären Eigenschaften**. Die primären wohnen dem Objekt inne, während die sekundären durch unsere Wahrnehmung bestimmt sind.

So glänzt Gold metallisch und ist leicht gelblich gefärbt. Dies sind primäre Eigenschaften des Goldes. Die Faszination von Wert, Ruhm usw., die für uns heute von Gold ausgeht, ist nur gefühlt. In einigen Urvölkern war Gold eher ein ungeliebtes Metall, weil es eben so weich und biegsam war und auch höhere Temperaturen kaum stand halten konnte. Auch in unserer Welt ändert sich der Wert von Gold sehr schnell, wenn es ums pure Überleben geht.

In anderen Betrachtungen werden **empirische** von **logischen** / **subjektiven Eigenschaften** abgegrenzt. Das geht aber im Wesentlichen auf die Einteilung von LOCKE zurück.

intensive Eigenschaften (bleiben auch nach dem Teilen der Stoff-Probe gleich) z.B. Schmelz-Temperatur, Siede-Temperatur

extensive Eigenschaften sind von der Menge abhängig (verändern / teilen sich beim Teilen der Stoff-Probe) z.B. Masse, Volumen

es gibt einige Eigenschaften die additiv sind, d.h. sie erhöhen sich mit der Menge bzw. bei Gemischen mit dem jeweiligen Anteilen der Mischung

streng genommen ist nur die Masse wirklich additiv, je mehr sich die Komponenten einer Mischung unterscheiden, um so größer sind u.U. die Abweichungen von der Summe bzw. dem Mittelwert (der Komponenten-Eigenschaften)

Wir unterscheiden **physikalische, chemische und biologische** (oft auch als "physiologische" bezeichnet) **Eigenschaften**.

3.0.1. konstitutive Eigenschaften

konstitutive Eigenschaften (entsp. prak. den intensiven E:) im weiten Sinne sind alle Eigenschaften, die von der Struktur eines Stoffes bestimmt wird (und nicht von der Menge der Stoff-Probe)

im engeren Sinne meint man mit konstitutiv solche Eigenschaften, die bei isomeren oder ansonsten ähnlichen Stoffen mehr oder weniger stark variieren, die Ursachen für die Eigenschaften-Abweichungen ist dabei nur in der unterschiedlichen Struktur der Stoffe zu suchen
alternative hierzu sind die kolligativen Eigenschaften

Zu den **physikalischen Eigenschaften** von Stoffen zählen wir:

- Farbe (Emission und Absorption von Licht), Transparenz
- Glanz
- Dichte
- Aggregatzustand
- Schmelztemperatur (Schmelzpunkt, Erweichungspunkt, Erstarrungstemperatur, ...)
- Siedetemperatur (Siedepunkt, Kochpunkt, Kondensationstemperatur, ...)
- Schmelzenthalpie, Verdampfungsenthalpie
- Wärmeleitfähigkeit, (spezifische) Wärmekapazität
- Taupunkt
- elektrische Leitfähigkeit, spezifischer elektrischer Widerstand
- Oberflächenspannung
- Magnetisierbarkeit (Remanenz), magnetische Permeabilität (magnetische Leitfähigkeit)
- Viskosität, Fluidizität
- optische Aktivität
- Schallgeschwindigkeit
- Brechungsindex,
- kritische Temperatur, kritischer Druck, kritische Dichte
- Verformbarkeit
- Härte
- Sättigungsdampfdruck
-

Bei den **chemischen Eigenschaften** kennen wir:

- Löslichkeit (in verschiedenen Lösungsmitteln / anderen Stoffen)
- Lösungs-Enthalpie
- Bildungsenthalpie, freie Bildungsenthalpie (nach GIBB's)
- Verbrennungsenthalpie
- Entropie
- Reaktivität (gegenüber anderen Stoffen, allgemein)
- Redoxpotential
- Säure- bzw. Base-Konstante
- Oxidationszahl
- stöchiometrische Wertigkeit
- molare Masse
-

Nur für lebende Systeme relevant sind die **biologischen bzw. physiologischen Eigenschaften**:

- Geruch
- Geschmack
- Resorbierbarkeit

-

Die Werte für die einzelnen Größen sind charakteristisch und zumeist in Tabellen dokumentiert. Man nennt sie auch Stoffkonstanten.

Weiterhin kennen wir Eigenschaften von Stoff(prob)en bzw. eines Systems (Wirkgemeinschaft mehrerer Einzelkomponenten), die sich daraus ergeben, wie viel des Stoffes gerade betrachtet werden:

3.0.2. kolligative Eigenschaften

kolligative Eigenschaften sind solche, die von der Menge oder der Zusammensetzung (z.B. einer Mischung) abhängig sind

Gegenstück zu konstitutiven Eigenschaften

auch Abhängig von der Mischung von Stoffen, z.T. auch von der Partikel-Art und –Mischung (z.B. grobes und feines Mehl)

physikalisch:

- Masse
- Volumen
- Druck
- osmotischer Druck
- Temperatur
- (Dichte) (bei Veränderung der Körnigkeit etc.)
- (innere) Energie
- Entropie
- Magnetisierung
- Polarisation
-

chemisch:

- Konzentration (praktisch eigentlich eine phys. E.)
- Reaktivität, Aktivität (z.B. in Lösungen / Gemischen)

biologisch / physiologisch:

- Giftigkeit (Toxizität)
- Ökotoxizität
-

Weil sie vom Zustand des Stoffes abhängig sind, bzw. seinen aktuellen Zustand bestimmen, nennen wir sie **Zustandsgrößen**.

3.0.3. kombinierte Eigenschaften

praktisch eher sekundäre Eigenschaften, für den täglichen oder phänomenologischen Umgang sinnvoll, praktisch aus mehreren primären Eigenschaften kombiniert

häufig subjektiv oder vom Zeitgeist abhängig

Man kann die Stoffeigenschaften auch nach ihrer Beobachtbarkeit unterscheiden. **Makroskopische Eigenschaften** sind ohne vergrößernde Geräte direkt an der Stoffprobe meß- oder beobachtbar. Dazu gehören Masse, Farbe, Aggregatzustand usw. Mit Hilfe von Mikroskopen usw. können wir noch weitere innere Eigenschaften erschließen. Sie werden wegen der Notwendigkeit von "Mikroskop"-ähnlichen Geräten **mikroskopische Eigenschaften** genannt. In diese Kategorie fallen z.B. der Kristall-Bau oder die Isomerie.

Kommt bei der Erfassung eine Eigenschaft auf die Teilchen-Ebene, dann spricht man von **submikroskopischen Eigenschaften**. Hierzu zählen wir z.B. die Bindungsstärke.

Je mehr man in den mikroskopischen bzw. submikroskopischen Bereich kommt, um so primärer werden die Eigenschaften.

Aufgaben:

1. Informieren Sie über solche Stoffeigenschaften, die Sie nicht kennen bzw. erläutern können (Definition, Formelzeichen, Einheit(en), Umschreibung / Erläuterung, Beispiel(e))! (Prüfen Sie Ihre "Vorstellungen" in Partnerarbeit!)

Geruch

Umschreibung Charakterisierung	Beispiel(e)		
geruchlos	Luft		
süßlich	Chlorophorm		
Obst-artig	Ester		
reizend	Ammoniak (Salmiak-Geist)		
stechend	Schwefeldioxid		
charakteristisch	Schwefelwasserstoff		
holzig	Sandelholz		
modrig / faulig	Faulgase		

Geschmack

Umschreibung Charakterisierung	Beispiel(e)		
geschmacklos	Stärke (Amylose, Amylopektin, Glycogen) Cellulose (Zellstoff)		
süß	Saccharose (Zucker)		
salzig	Natriumchlorid (Kochsalz)		
bitter	Chinin Magnesiumchlorid (Bittersalz)		
sauer	Ethansäure (Essigsäure)		
seifig	Natriumhydroxid (Natronlauge)		
umami	Glutamin, Glutaminsäure, Lakritz		

3.1. bedeutsame Stoffeigenschaften

3.1.1. Aggregatzustand

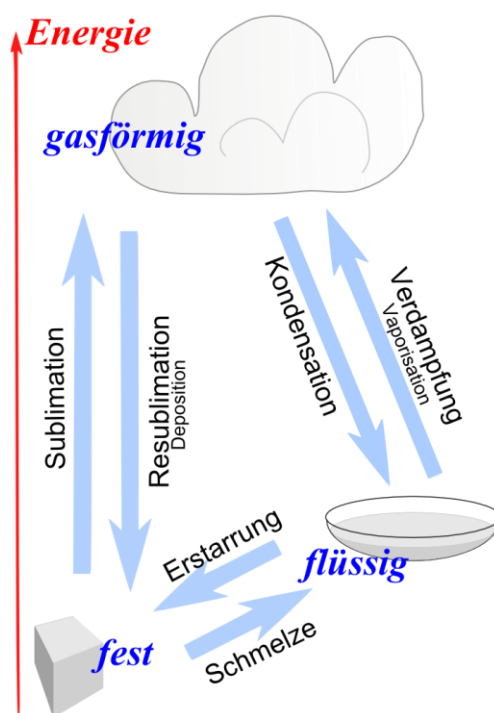
auch Zustandsform

BROWNsche Molekularbewegung (Wärme-Bewegung der Teilchen)

Umwandlung der Aggregatzustände ist mit Energie-Aufnahmen bzw. -Abgaben verbunden

für Übergang in den höheren Aggregatzustand wird Energie gebraucht
entsprechende Umkehrung beim Übergang zu niedrigeren Aggregatzustand

Ausnutzung z.B. bei der Frostschutz-Beregnung (z.B. bei Nachtfrösten in der Blüte-Zeit) beim Frieren eines Kilogramms Wasser werden rund 330 kJ freigesetzt (an die Umgebung (einschließlich der Pflanze abgegeben))



Aggregatzustand	fest	flüssig	gasförmig
Bewegungs-Energie (Geschwindigkeit) der Teilchen			
(mittlerer) Abstand zwischen den Teilchen			
Kräfte zwischen den Teilchen			
Temperatur			
Dichte			
Volumen-Verhältnisse	1	1,1	216
zugeführte Energie (Gesamt-Energie)			

Derzeit sind noch zwei andere Aggregatzustände bekannt, die aber derzeit nur eine minimale Rolle in der Chemie spielen. Die Fortsetzung der Reihe fest – flüssig – gasförmig endet beim Aggregatzustand Plasma. In einem Plasma sind Atom-Kerne und –Hüllen voneinander getrennt, was nichts anderes heißt, als dass die Elektronen neben den Atomkernen in einem gasförmigen Zustand schweben. Da alle Bestandteile eines Plasma's frei-bewegliche Ladungsträger sind, sind Plasmen elektrisch sehr aktiv. Das Leuchten von Plasma-Lampen, Nordlichtern und Blitzen kennt wohl jeder.

Das andere Ende der Aggregatzustands-Skala wird derzeit vom EINSTEIN-BOSE-Kondensat bestimmt. Dieser 5. Aggregatzustand ist durch seine extreme Homogenität gekennzeichnet. Alle seine Bausteine – die Bosonen – befinden sich im gleichen Quantenzustand. Sie bilden einen idealen Kristall, in dem die Elektronen sich ohne Widerstand frei bewegen können (→ Supraleitfähigkeit).

Der Zustand wird erst erreicht, wenn sich Stoffe nur ganz kurz vor dem absoluten Nullpunkt der Temperatur befinden. In der derzeitigen Praxis sind das ungefähr 100 μK ($= 0,0001 \text{ K}$).

Die Bedeutung der beiden "neuen" Aggregatzustände wird in der nächsten Zeit deutlich größer werden. Dies ist schon dadurch gegeben, dass im Universum rund 99 % der sichtbaren Materie im Plasma-Zustand vorliegt.

Schmelz-Temperatur F_P , T_{FP}

Beim Übergang vom festen in den flüssigen Zustand verlassen die Teilchen ihre Gitter-Punkte. Die Bewegungs-Energie ist also zu mindestens so groß, dass die Adhäsions-Kräfte ausgeglichen sind bzw. diese übersteigen. Die Gravitation sorgt aber immer noch dafür, dass die Teilchen als bewegliche Masse in der umgebenden Form gehalten werden.

Bei ionischen Stoffen sind die Bindungs-Kräfte die zusammenhaltenden Kräfte. Sie müssen durch die Bewegungs-Energie der einzelnen Ionen ausgeglichen werden, damit sie sich voneinander lösen können.

Siede-Temperatur K_P , T_{KP}

beim Sieden müssen die Teilchen in den gasförmigen Zustand übergehen, das bedeutet z.B. dass sie die Adhäsions-Kräfte zu den anderen Teilchen fast vollständig überwinden müssen. Ihre Bewegungs-Energie muss diese also überreffen. Weiterhin muss auch die Gravitation überwunden werden, sonst würden die Teilchen nicht nach oben entweichen.

Man kann aber so erst einmal nicht sagen, welche der beiden Kräfte die begrenzende ist und die somit im direkten Kampf mit der Bewegungs-Energie steht.

Wichtig ist hierbei aber, dass die Bewegungs-Energien zumindestens bei Molekülen schon recht frühzeitig die Adhäsion und Gravitation überwinden. Diese Bewegungs-Energie ist lange nicht so groß, dass die Moleküle selbst zerstört werden. Die Bindungs-Energien sind also deutlich höher als die Bewegungs-Energie (Temperatur).

vorhandene Elemente in der Verbindung	Bau-Teilchen in der Verbindung Kristall-Typ	Bindung	Schmelz- und Siede-Temperatur	Ursache für die Lage der Schmelz- und Siede-Temperatur
Metall und Nichtmetall	Ionen (Kationen und Anionen) Ionen-Kristall	Ionen-Beziehung	(sehr) hoch	Gitter-Energie abhängig von Ladung und Radius der Ionen
nur Metall	(Metall-)Kationen und (frei bewegliche) Elektronen (/ Elektronen-Gas) Metall(-Kristall)	Metall-Bindung	hoch	COULOMBSche Kräfte abhängig von Kationen-Ladung und -Radius
nur Nichtmetall	Moleküle Molekül-Kristall	Atom-Bindung	gering bis mittelhoch	zwischen-molekulare Kräfte ev. Wasserstoff-Brückenbindungen, Dipol-Dipol-Wechselwirkungen oder VAN-DER-WAAHLS-Kräfte

Stoff	mol. Masse [g/mol] rel. Molek.-Masse m_M []	Siede-Temp. [°C]	Siede-Temp. [K] T_{KP}	T_{KP} / m_M [K]
Brom	160		332	2,1
Phosphortrichlorid	137		347	2,5
Stickstoff	28		77	2,8
Sauerstoff	32		90	2,8
Chlor	71		239	3,4
Schwefeltrioxid	80		318	4,0
Benzen	78		353	4,5
Butan	58		274	4,7
Phosphorwasserstoff	34		185	5,4
Methan	16		109	6,8
Wasser	18		373	20,7

Aufgaben:

1. Ergänzen Sie die Tabelle (Stoffe nach Namen alphabetisch geordnet) um 10 weitere – selbst ausgewählte – Stoffe!
2. Stellen Sie Werte aus der obigen bzw. der erweiterten Tabelle in zwei Diagrammen dar (T_{Kp} gegen m_{DT} ; m_{DT} gegen T_{Kp})!
3. Interpretieren Sie die Diagramme!
4. Was bedeuten die Ausreißer? Versuchen Sie eine Erklärung zu geben!
5. Leiten Sie für die folgenden Verbindungen mit Hilfe des Abschätz-Algorithmus die Schmelz- und Siede-Temperaturen ab! Kontrollieren Sie später mit Hilfe des Tafelwerkes!
 K_2O ; MgO ; HF ; N_2 ; $CaCl_2$; MgF_2 ; NH_4Br ; SO_3 ; CO ; P_2O_5
6. Ordnen / Gruppieren Sie die folgenden Verbindungen nach ihren Schmelz- und Siede-Temperaturen!
 - a) zuerst mittels der Ordnungs-Strategie
 - b) dann nach den exakten Werten z.B. aus dem Tafelwerk
 H_2O ; CaO ; HCl ; O_2 ; $NaCl$; $MgBr_2$; NH_4Cl ; NH_3 ; $AlCl_3$; SO_2 ; CO_2 ; PH_3 ; KFVergleichen Sie die beiden Rangfolgen miteinander!

Methoden: Ableiten von Eigenschafts-Qualitäten aus Bau und Struktur

Strategie zum Ordnen von Verbindungen nach ihren Schmelz- und Siede-Temperaturen

1. raussuchen von Verbindungen, die eine Metall-Nichtmetall-Zusammensetzung haben → Stoffe mit (sehr) hohen Schmelz- und Siede-Temperaturen
 - 1.A. ordnen der Verbindungen nach Ladung und Ionen-Radius → je größer die Ladung umso höher liegen Schmelz- und Siede-Temperaturen **UND** → je kleiner der Ionen-Radius umso höher liegen Schmelz- und Siede-Temperaturen
2. raussuchen von Verbindungen, die ein Ammonium-Ion ODER neben einem Metall-Ion auch ein Säurerest-Ion enthalten haben → Stoffe mit mittleren bis hohen Schmelz- und Siede-Temperaturen
 - 2.A. ordnen der Verbindungen nach Ladung Radius → je größer die Ladung umso höher liegen Schmelz- und Siede-Temperaturen
3. raussuchen von Verbindungen, die nur aus verschiedenen Nichtmetallen bestehen → Schmelz- und Siede-Temperaturen hängen von den zwischen-molekularen Kräften ab
 - 3.A. raussuchen von Verbindungen bei denen Wasserstoff an Sauerstoff, Stickstoff oder Fluor gebunden ist → es existieren Wasserstoff-Brücken-Bindungen → mittlere bis geringe Schmelz- und Siede-Temperaturen
 - 3.B. raussuchen von Verbindungen, die aus Dipolen aufgebaut sind (unsymmetrischer Bau und nicht übereinanderliegende Ladungs-Schwerpunkte) → (mittlere bis) geringe Schmelz- und Siede-Temperaturen
 - 3.C. raussuchen von (von 3. bleiben übrig) Verbindungen, die symmetrisch gebaut sind → geringe Schmelz- und Siede-Temperaturen
4. (übrig bleiben) Verbindungen, die aus gleichen Atomen bestehen → diese Stoffe haben (sehr) niedrige Schmelz- und Siede-Temperaturen
5. ordnen der Verbindungen der Gruppe (von 3. bzw. 4.) nach Molekül-Masse → je größer die Molekül-Masse umso höher liegen Schmelz- und Siede-Temperaturen

Algorithmus zum Abschätzen von Schmelz- und Siede-Temperaturen

▶ Formel der Verbindung			
? beinhaltet die Formel Metall-Ion(en) ODER Ammonium-Ion(en)			
NEIN			JA
? Bindung polar			<ul style="list-style-type: none">• polare / COULOMB-Kräfte• Salz-artige Verbindung• meist hohe Schmelz-Temperatur• meist (sehr) hohe Siede-Temperatur (ev. vorher zersetzlich)
JA			
? fallen Ladungs-Schwerpunkte zusammen		NEIN	<ul style="list-style-type: none">• nur VdW-Kräfte• Molekül-artige Verbindungen• meist (sehr) geringe Schmelz-Temperatur• meist geringe Siede-Temperatur
NEIN		JA	
? Wasserstoff an Fluor, Sauerstoff ODER Stickstoff gebunden		<ul style="list-style-type: none">• nur VdW-Kräfte• Molekül-artige Verbindungen• meist (sehr) geringe Schmelz-Temperatur• meist geringe Siede-Temperatur	▶
JA	NEIN		
<ul style="list-style-type: none">• Wasserstoff-Brücken• leicht erhöhte Schmelz-Temperatur• geringe (bis mittlere) Siede-Temperatur	<ul style="list-style-type: none">• Dipol-Dipol-Wechselwirkungen• geringe Schmelz-Temperatur• geringe Siede-Temperatur		

weiterhin gelten folgende Regeln (ev. im Vergleich zu ähnlichen Verbindungen anwenden)

- je größer die Molekül-Masse, desto höher Schmelz- und Siede-Temperatur
- umso ausgeprägter die / je mehr der betrachteten Bindungen / zwischen-molekularen Kräfte (vorhanden) sind, umso höher sind Schmelz- und Siede-Temperatur

Exkurs: das Pech-Tropfen-Experiment ODER das langweiligste Experiment der Welt

Es gilt als eines der am Längsten laufenden wissenschaftlichen Experimente – das Pech-Tropfen-Experiment (Pitch Drop Experiment) an der Universität von Queensland in Brisbane (Australien). Die Vorbereitungen dazu begannen 1927. Gestartet wurde das eigentliche Experiment 1930 und es läuft noch heute.

Pech erscheint uns als spröder Feststoff. Es ist tief schwarz mit einer spiegelnden Oberfläche. Bei Zimmer-Temperatur lässt er sich vielleicht als superzäher, viskosen Stoff klassifizieren. Um genau diese Eigenschaft geht bei dem Experiment. Man will einfach wissen, wie verhält sich eine zähe Flüssigkeit in der Zeit. Die Auswertung des Experimentes lässt dann vielleicht auch Schlüsse über die Teilchen-Bewegungen und Bindungs-Dynamiken in Feststoffen zu. Auch Rückschlüsse auf vergleichbare Stoffe, wie Glas sind dann vielleicht möglich.

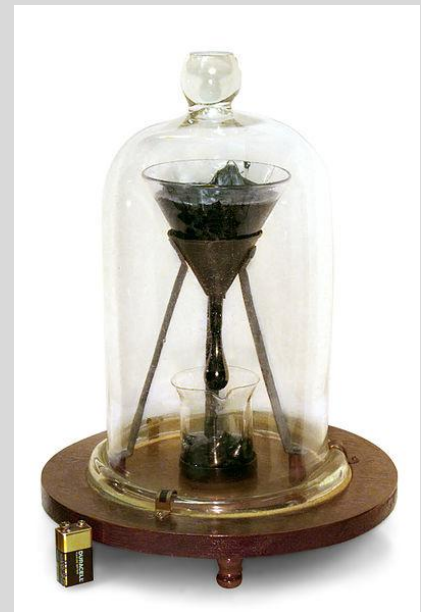
1927 füllte Thomas PARNELL erwärmtes Pech in einen Trichter und ließ dieses dann drei Jahre abkühlen und sich setzen (aushärten, kristallisieren). Im Jahre 1930 wurde der Trichter dann geöffnet. Es dauerte rund neun Jahre bis der erste Tropfen fiel. Leider weiss man es nicht ganz genau, da das Experiment ein wenig in Vergessenheit geriet. Bis heute sind neun Tropfen gefallen. Die Zeit-Abstände variieren zwischen 96 und 148 (bzw. 158) Monaten.

Derzeit zeichnet sich als Trend eine exponentielle Verlängerung der Tropfzeiten ab. Den Ansprüchen eines wissenschaftlichen Experimentes hält der Versuch aber nicht Stand. So wurde erst um das Jahr 2000 eine Klima-Anlage installiert. Weiterhin löste sich der 8. Tropfen nicht vollständig ab und auch der 9. Tropfen hing noch am achten, so dass die Abtropf-Zeiten wohl nicht exakt sind.

Ein ähnliches Experiment läuft am Trinity College in Dublin.



Pech als spröder Feststoff
Q: smp.uq.edu.au (University of Queensland)



Pech-Tropfen-Experiment
Q: de.wikipedia.org
(University of Queensland + Amada44)

Übersicht Aggregat-Zustände

	fest	flüssig	gasförmig
Bau, Modell			

3.1.2. elektrische Leitfähigkeit

Voraussetzung für die Fähigkeit eines Stoffes den Strom zu leiten, sind frei bewegliche Ladungs-Träger. Das können zu Einen freie Elektronen sein, wie wir sie im Metall vorfinden. Zum Anderen kommen frei bewegliche Ionen in Frage. Diese gibt es in (wässrigen) Lösungen und in Salz-Schmelzen.

als physikalische Größe hat die elektrische Leitfähigkeit das Zeichen σ (sigma)

$$\sigma = \frac{I \cdot l}{U \cdot A_0} \quad \left[\frac{A \cdot m}{V \cdot m^2} = \frac{S}{m} \right]$$

Leiter 1. Ordnung

Metalle, freibewegliche Elektronen als Ladungs-Überträger

Leiter 2. Ordnung

Elektrolyte, Lösungen mit geladenen Teilchen

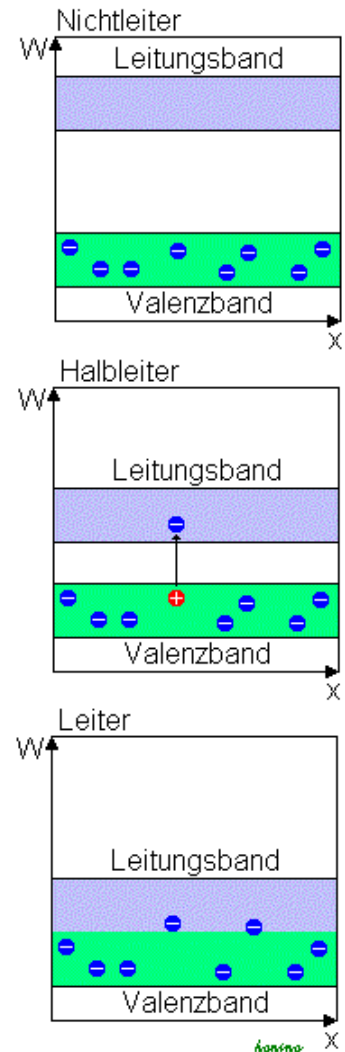
Ionen-Salz-Schmelzen

Ionen als Ladungs-Überträger

klassische Einteilung in Leiter und Nichtleiter (Isolatoren)

Leitfähigkeit bei Leitern $>10^6$ S/m; Nichtleiter haben eine Leitfähigkeit $<10^{-8}$ S/m

seit über 50 Jahren kennt man noch dazu die Halbleiter und erst seit einigen Jahrzehnten die Supraleiter



Q: de.wikipedia.org (Honica + Zahnstein)

Klassifizierung der Stoffe in:

Klasse	elektrische Leitfähigkeit	Bemerkungen	Beispiele
Supraleiter	unendlich	tritt erst unterhalb einer bestimmten Sprung-Temperatur auf dann: $R=0$	
Leiter	$> 10^6 \text{ S/m}$		alle Metalle
Halbleiter			Silicium, Germanium
Nichtleiter Isolator	$< 10^{-8} \text{ S/m}$		
elektrolytische Leiter			Salz-Lösungen Leitungswasser

Stoff	elektrische Leitfähigkeit [$1 / \Omega \cdot \text{cm}$]	elektrische Leitfähigkeit [S/m]	Grobeinteilung
			Leiter
Silber	$6,7 \cdot 10^5$	$61,4 \cdot 10^6$	
Cupfer	$6,0 \cdot 10^5$	$58 \cdot 10^6$	
Gold		$44 \cdot 10^6$	
Aluminium	$4,0 \cdot 10^5$	$36,6 \cdot 10^6$	
Natrium		$21 \cdot 10^6$	
Eisen	$1,0 \cdot 10^5$	$10 \cdot 10^6$	
Quecksilber		$1,0 \cdot 10^6$	
			Halbleiter
Germanium	$2,0 \cdot 10^{-2}$	1,45	
Tellur		0,005	
Silizium	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$2,52 \cdot 10^{-4}$	
Selen	$1,0 \cdot 10^{-6}$		
Cupferoxid	$5,0 \cdot 10^{-7}$		
			Isolator
Glas	$1,0 \cdot 10^{-11}$		
Diamant	$1,0 \cdot 10^{-16}$	0,0001	
Polyethylen (PE)	$1,0 \cdot 10^{-17}$		
Quarz	$1,0 \cdot 10^{-17}$		
			elektrolytische Leiter
Wasser (reinst)		$5 \cdot 10^{-6}$	
Wasser (Leitungswasser)		0,05	
Meer-Wasser		5	

interessante Links:

www.chemie-verstehen.de/s_leitf_el01.htm

3.1.3. Wärme-Leitfähigkeit

notwendig für eine gute Wärme-Leitfähigkeit sind bewegliche Teilchen oder Energie-Überträger – wie z.B. Elektronen

Ionen-Gitter wie bei Ionen- Kristallen haben dicht beieinanderliegende Ionen, die sich sehr stark anziehen; ihre Beweglichkeit ist deutlich eingeschränkt

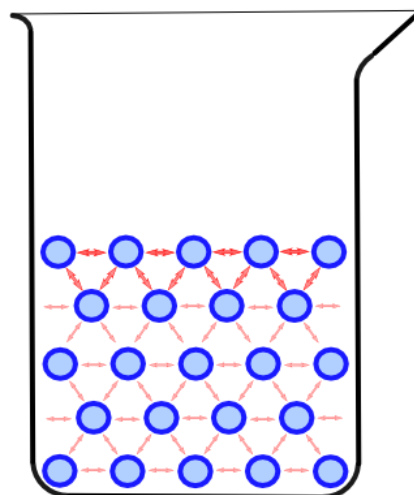
Ionen-Substanzen sind i.A. schlechte Wärme-Leiter

Metall-Gitter enthalten ebenfalls Metall-Kationen (Atom-Rümpfe). Diese sind nur wenig beweglicher als die Ionen in Ionen-Gittern

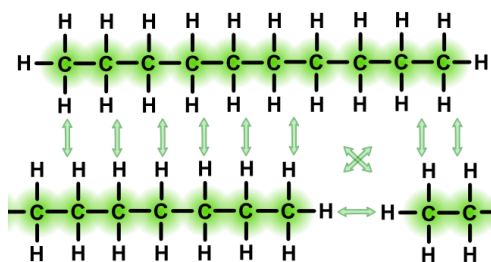
in Metallen gibt es aber viele freie Elektronen zwischen den Metall-Kationen
diese sind besonders frei beweglich und deshalb besonders gut als Energie-Überträger geeignet

3.1.4. Viskosität und Oberflächenspannung

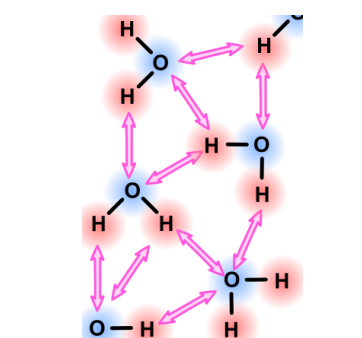
Viskosität (engl.:) ist das Maß für die Zähflüssigkeit. Die Intensität der zwischenmolekularen Anziehungskräfte (molekulare Haftung, Kohäsion, innere Reibung) bestimmt die Größe der Viskosität. Als zwischenmolekulare Kräfte kommen die VAN-DER-WAALS-Kräfte und polare Kräfte (z.B. Wasserstoff-Brücken oder Ionen-Anziehungen) in Frage. Im Allgemeinen sind polare Kräfte rund um den Faktor 10 stärker als kovalente Beziehungen. Bei entsprechender Molekülgröße und -struktur können aber auch ohne weiteres ganz andere Verhältnisse auftreten (s. Tab. Viskosität). Schön zu sehen ist der Effekt bei Decan, das mit seinen 10 Kohlenstoff-Atomen schon ungefähr die Viskosität von Wasser erreicht. Bei Wasser sind es polare Kräfte (Wasserstoff-Brücken-Bindungen), welche die Viskosität bestimmen. Bei Decan wirken die Anziehungskräfte (VDW-Kräfte) hauptsächlich entlang des Kettenförmigen Moleküls.



Kräfte zwischen den Teilchen einer Flüssigkeit



VAN-DER-WAALS-Kräfte (**grüne Pfeile**) zwischen unpolaren Decan-Molekülen



polare Kräfte (**violette Pfeile**) zwischen Wasser-Molekülen

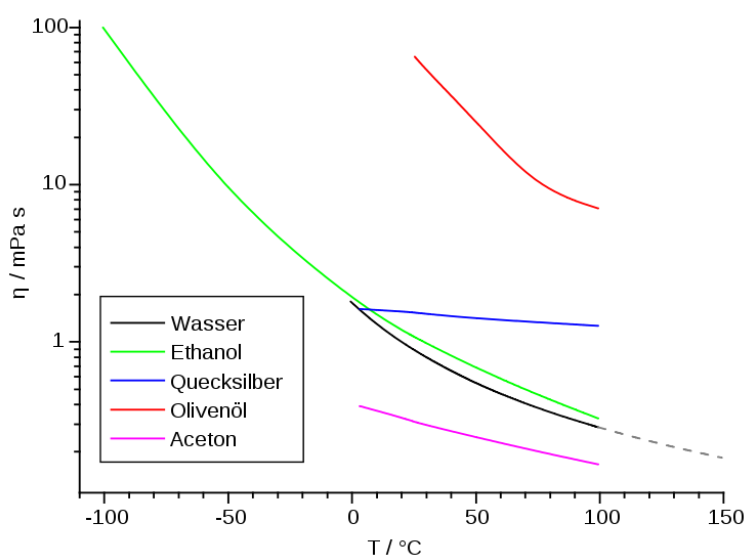
Die früher gebräuchliche Einheit poise lässt sich leicht in das SI-Einheitensystem umsetzen. Ein poise (P) entspricht 0,1 Pa s (Pascal-Sekunden). In technischen Tabellenbüchern findet man häufig noch die Einheit cP (centipoise). Die Werte sind dann wertgleich zu den Angaben in Pa s.

Weniger gebräuchlich ist der Kehrwert der Viskosität, die **Fluidizität**. Sie beschreibt die Fließfähigkeit einer Flüssigkeit.

Die Viskosität der meisten Flüssigkeiten nimmt mit der Erhöhung der Temperatur (extrem) ab.

Durch Zusätze – sogenannte Additive – versucht man bei kritischen Anwendungen (z.B. Maschinenöle) die Viskosität konstant zu halten. Die meisten Additive sind Polymere (Polymerisationsprodukte) mit Molekülmassen zwischen 10.000 und 20.000 u. Sie vernetzen die Flüssigkeit gewissermaßen.

Bei so großen Molekül-Massen spielt dann auch die Eigenbewegung (Bewegung der Molekülbestandteile) kaum noch eine Rolle.



Temperatur-Abhängigkeit der Viskosität

Q: de.wikipedia.org (Prolineserver)

An der Oberfläche einer Flüssigkeit (/ eines Fluids) haben die Teilchen weniger Umgebungspartner (s.a. obere Abbildung). Dadurch konzentrieren sich ihre Anziehungskräfte auf andere Oberflächen-Teilchen und auf solche, die unmittelbar in der nächsttieferen Ebene liegen. Die Beziehungen (Kohäsionskräfte) sind dadurch deutlich größer, als in der Tiefe (im Flüssigkeitsinneren). Der Effekt, der sich durch diese Kräfte ergibt, nennen wir **Oberflächenspannung**.

Für viele Zwecke ist es notwendig, die Oberflächenspannung zu verringern. Dieses kann durch Zusatz von Detergenzien (z.B. Tenside und Seifen) erreicht werden.

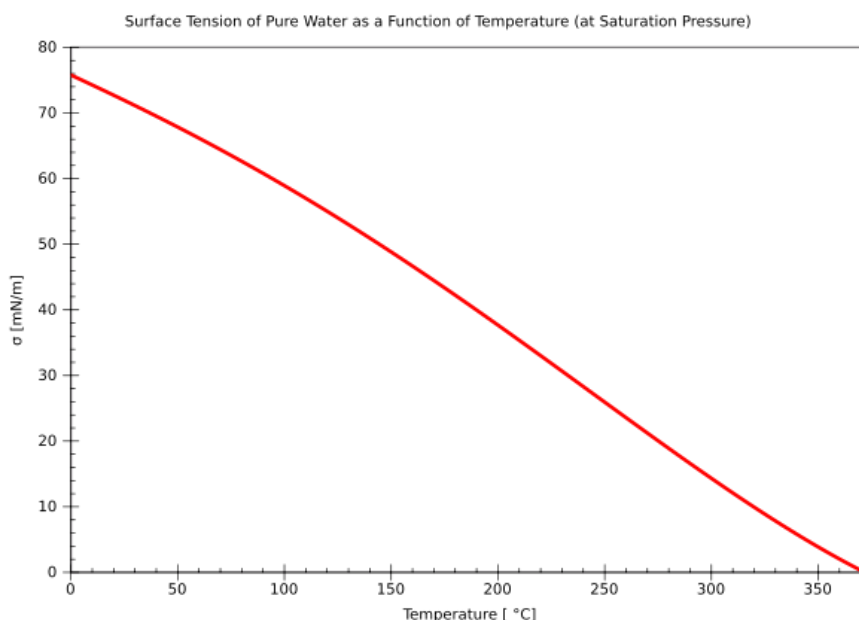
Detergenzien sind Oberflächen-aktive Substanzen, die sich an den Grenzflächen zwischen die Moleküle schieben und dort die zwischenmolekularen Kräfte herabsetzen. Gleichzeitig verstärken sie die Kontaktmöglichkeiten zwischen den Phasen, so dass fast solche Verhältnisse entstehen, wie in deren Inneren.

Die Oberflächenspannung ist ebenfalls von der Temperatur abhängig. Mit zunehmender Temperatur sinkt die Oberflächenspannung im Allgemeinen.

Dies ist vor allem der größeren Eigenbewegung der Teilchen und den damit steigenden Teilchenabständen geschuldet. In der Konsequenz sinken die Kohäsionskräfte zwischen den Teilchen.



die Oberflächenspannung von Wasser trägt z.B. Wasserläufer
Q: de.wikipedia.org (Markus Gayda)



Temperatur-Abhängigkeit der Oberflächenspannung von Wasser
Q: de.wikipedia.org (Stan J. Klimas)

Aufgaben:

1. Interpretieren Sie die Temperatur-Abhängigkeit der Viskosität von Quecksilber!
2. Erstellen Sie ein Diagramm, in dem Sie die Viskosität in Abhängigkeit von der Anzahl der Kohlenstoff-Atome für die folgenden Substanzen darstellen! (Pentan = C₅; Hexan = C₆; Heptan = C₇; Octan = C₈; Nonan = C₉; Decan = C₁₀)
Heben Sie sich das Diagramm für die Besprechung der Alkane und seiner homologen Reihe auf!

Stoff	dynamische Viskosität η (20 °C) [Pa s]	Oberflächenspannung (gegen Luft, 20 °C) [mN / m]
Aceton (Propanon)	0,316 (25 °C)	23,50
Benzen (Benzol)	0,601 (25 °C)	28,87
Bitumen	$10^7 - 10^{14}$	
Decan	0,920	
Dodecan	1,520	
Ethanol (Alkohol)	1,200	22,30
Ethansäure (Essig, Essigsäure)	(80 %ig) 2,310 (25 °C)	27,60
Glas	$10^{18} - 10^{20}$	
Glycerol (Glycerin)	1,490	63,40
Heptan	0,410	18,40
Hexan	0,320	
Methanol		22,60
Nonan	0,711	
Octan	0,538	
Pentan	0,224 (25 °C)	16,00
Petroleum	0,650	
Quecksilber	1,554	480,00
Tetrachlorkohlenstoff (Tetra)	0,969	26,80
Schmieröl, leicht	113,800 (15 °C)	
Schmieröl, schwer	660,600 (15 °C)	
Wasser	1,520 (5 °C) 1,297 (10 °C) 1,002 0,891 (25 °C)	72,75 67,90 (50 °C) 62,60 (80 °C)

Datenquellen: /14, de.wikipedia.org/

3.1.5. Masse und Volumen

Eigenschaften einer konkreten Stoff-Probe

Dispensierung (Portionierung) einer Flüssigkeit

Stoff od. Substanz	≈ Tropfen für 1 g	≈ Tropfen-Masse [g]	≈ Tropfen für 1 ml	≈ Tropfen-Volumen [ml]	Dichte ρ [g/ml] (20 °C)
Ethanol (96 %ig)	65				
Ethanol (70 %ig)	56				
Glycerol (85 %ig)	24				
Paraffin (dickflüssig)	50				
Rizinus-Öl	40				
Wasser	20	0,5		0,3	
Zuckersirup	18				

Masse und Volumen sind extensive Größen, sie sind von der Größe der Stoff-Probe abhängig für die Tabellierung eignen sich nur intensive Größen

für die Masse ist eine passende intensive Größe die molare Masse (M)

für das Volumen kann sogar mit Hilfe der Masse eine sehr prägnante Größe gebildet werden – die Dichte

Die Dichte ist das Verhältnis von Masse zu Volumen. Sie beschreibt, wie schwer ein Stoff ist, wieviel Raum er dabei einnimmt und wie eng die Teilchen dabei liegen.

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

Aufgaben:

- 1. Informieren Sie sich, wie man die Dichte eines Stoffes bestimmen kann!**
- 2. Von welchen Faktoren ist die Dichte abhängig? Geben Sie zwei Faktoren an und erläutern Sie die Zusammenhänge!**

In der Chemie wird neben der Dichte eher mit der Konzentration c gearbeitet. Diese verbindet die Stoffmenge n (Teilchenzahl N) mit dem Volumen.

$$c = \frac{n}{V} = \frac{N}{N_A \cdot V}$$

N_A ... AVOGADRO-Konstante ($6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$)

Dichte wichtiger chemischer Stoffe

Name	Formel	Dichte ρ [g/cm ³]
Aceton		0,79
Ammoniak, 25%ig	NH ₃	0,91
Benzin		0,7 – 0,74
Benzen (Benzol)		0,88
Blei	Pb	11,35
Diamant (Cohlenstoff)	C	3,5
Diesel-Kraftstoff		0,84
Eis (Wasser)	H ₂ O	0,92
Eisen	Fe	7,86
Erdöl		0,7 – 0,9
Ethanol (Trinkalkohol)	C ₂ H ₅ OH	0,85
Glas (Fenster-Glas)		2,4 – 2,6
Gummi		0,9 – 1,2
Gold	Au	19,3
Holz (Buche)		0,7
Holz (Eiche)		0,9
Holz (Fichte)		0,5
Luft	N ₂ , O ₂ , CO ₂ , ...	0,001293
Kaliumhydroxid, 40%ig	KOH	1,4
Kork		0,2 – 0,3
Kupfer	Cu	8,93

Name	Formel	Dichte ρ [g/cm ³]
Messing		8,4
Methanol	CH ₃ OH	0,79
Natronlauge, 33%ig	NaOH	1,36
Papier		0,8 – 1,3
Platin	Pt	21,45
Porzellan		2,2 – 2,5
Quecksilber	Hg	13,55
Salpetersäure, 100%ig	HNO ₃	1,51
Salpetersäure, 65%ig	HNO ₃	1,39
Salzsäure, 100%ig	HCl	1,64
Salzsäure, 40%ig	HCl	1,2
Salzsäure, 37%ig	HCl	1,18
Schnee (pulvrig, Wasser)	H ₂ O	0,1
Schwefelsäure, 96%ig	H ₂ SO ₄	1,84
Silber	Ag	10,49
Silizium	Si	2,33
Spiritus (Ethanol 96%)	C ₂ H ₅ OH	0,83
Wasser, dest.	H ₂ O	1,0
Wasser (Meerwasser)		1,02
Zement		0,9 – 2,1
Zink	Zn	7,13
Zinn	Sn	7,3

Werte mit Einheit g/cm³ sind identisch zu kg/ℓ bzw. kg/dm³
für Gase werden häufig die Einheiten kg/m³ bzw. g/dm³ verwendet

die farblich hervorgehobenen Stoffe (Luft, Wasser) gelten als Referenz / Vergleichs-Wert für semi-quantitative Beschreibungen

3.1.x. Glanz

Glanz kennen wir besonders von Salzen und Metallen

Ursache ist eine besonders gute Reflexion des Lichtes
dafür sind größere sehr glatte Flächen verantwortlich
sie bilden sich vorrangig bei Kristallen mit starken Anziehungs-Kräften
nur hier sind die Flächen besonders ausgeprägt und stabil
einzelne Ionen oder Gitter-Bausteine haben auf einer solchen Fläche keine ausreichenden Bindungs-Kräfte
sie werden in Lösung schnell hydratisiert (viel Angriffs-Fläche für das Lösungs-Mittel Wasser)
oder bei Feststoffen mechanisch abgetragen

3.1.x. Farbigkeit

Spektren


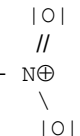
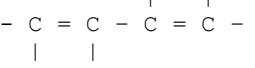
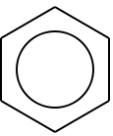
Emission

Absorption

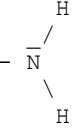
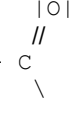
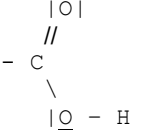
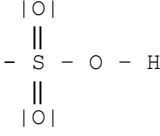
Fluoreszenz

Farbe und Komplementär-Farbe – Was sehen wir?

"farbige" Atom-Gruppen

	$-\bar{N}=\bar{N}-$		$-\bar{N}=\bar{O}$		
Carbonyl-Gruppe	Azo-Gruppe	Nitro-Gruppe	Nitroso-Gruppe		aromatische Strukturen

Farb-verstärkende / -vermehrnde (auxochrome) Atom-Gruppen

$-\bar{O}-H$					
Hydroxyl-Gruppe	Amino-Gruppe	Carboxyl-Gruppe	Säure-Gruppe	Sulfonsäure-Gruppe	

3.1.x. Härte

nach MOHS: 1 – 10

ursprünglich für Mineralien entwickelt, relativ willkürlich

Stoff(e) / Mineral(ein)	Härte nach MOHS	absolute Härte []	Härte nach VICKER ($\approx \text{N/m}^2$)		Bemerkungen
Talk Wachs	1	0,03	2,4		schabbar mit Fingernagel
Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) Halit (NaCl)	2	1,25	36		ritzbar mit Fingernagel
Calcit (Kalkspat, CaCO_3)	3	4,5	109		ritzbar mit Cupfer-Münze
Fluorit (Flussspat, CaF_2)	4		189		leicht ritzbar mit Taschenmesser
Apatit ($\text{Ca}_5(\text{F,Cl,OH})(\text{PO}_4)_3$) Mangan	5	6,5	536		noch ritzbar mit Taschenmesser
Orthoklas (Feldspat, $\text{K(AlSi}_3\text{O}_8)$)	6	37	795		ritzbar mit Stahlfeile
Quarz (SiO_2)	7	120	1120		ritz Fensterglas
Topas ($\text{Al}_2(\text{F,OH})_2(\text{SiO}_4)$)	8	175	1427		
Korund (Rubin, Saphir, Al_2O_3)	9	1'000	2'060		
Diamant (Cohlenstoff) Siliciumcarbid (SiC) Bornitrid (BN)	10	140'000	10'060		
ADNR (aggregierte Diamant-Nanostäbchen)					

weitere Prüf-Verfahren / Härte-Skalen arbeiten z.B. mit Kugel bestimmter (steigender) Massen, die aus einer bestimmten Höhe auf die Probe fallen, der Eindruck muss dann eine bestimmte Tiefe haben

bekannte Skalen für die Härte stammen von BRINELL, ROCKWELL und VICKERS
viele Spezial-Skalen: z.B. nach SHORE für Kunststoffe und Elastomere

Härte-Skalen müssen meist über Tabellen ineinander umgewertet werden, ein Umrechnen meist nicht möglich, da einige Härte-Skalen, wie z.B. die von MOHS nicht linear od. mit anderen Funktionen berechenbar sind

interessante Links:

www.chemie-verstehen.de/s_haerte01.htm

3.2. wichtige Arbeitsmethoden für und mit Stoffgemischen

3.2.1. Mischen und Trennen

3.2.2. Lösen

Das Lösen eines Stoffes (Substanz, Solute od. Substrat genannt) in einem anderen (Lösungsmittel od. Solvens genannt) wird zumeist als physikalischer Vorgang betrachtet. Dies ist nicht ganz exakt, aber eine sinnvolle Vereinfachung. Praktisch lassen sich bei vielen Kombinationen von Lösungsmitteln und Substraten fast immer alle Merkmale einer chemischen Reaktion beobachten.

Es gibt auch rein physikalisches Lösen. Z.B. löst sich Methan sehr gut in Wasser, weil es genau in die Lücken zwischen den Wasser-Molekülen passt. Zwischen dem unpolaren Methan und dem polaren Wasser dürfte eigentlich gar kein Lösen möglich sein. In Fall des Methans kommt zu keinen Beziehungen zum Wasser. Mit Chemie hat dieses Lösen also nichts zu tun.

Definition(en): Lösen

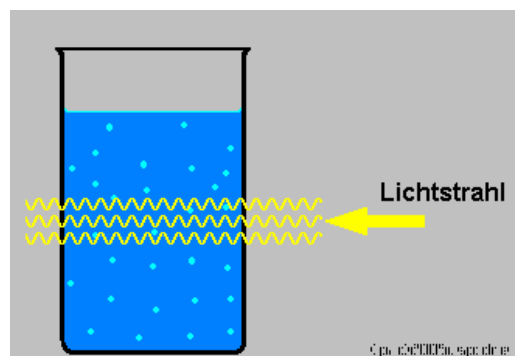
Voraussetzung für einen Lösungs-Vorgang ist das Vorhandensein eines passenden Lösungsmittels. Wasser ist sicher eines der am Meisten verwendeten Lösungsmittel, aber nicht das Einzige. Sehr gute Lösungsmittel sind auch Benzin, Ethanol und Aceton.

Im Prinzip können flüssige Lösungsmittel sowohl feste, als auch flüssige oder gasförmige Stoffe lösen. Auch die Lösung eines gasförmigen Stoffes in einem gasförmigen Lösungsmittel ist denkbar. Meist gehen wir aber von einem flüssigen Lösungsmittel und Wasser aus. Dies gilt vor allem dann, wenn kein Lösungsmittel extra angegeben wurde. In solchen Fällen ist immer Wasser als Lösungsmittel gemeint.

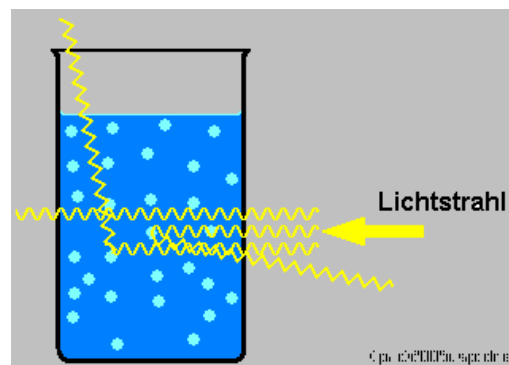
Abstrakt formuliert ist eine Lösung, die homogene Verteilung eines Stoffes in einem anderen. Eine Abtrennung durch Filterung ist nicht mehr möglich. Der gelöste Stoff wird in seine Grundbausteine zerlegt (Ionen-Kristalle in Ionen, Molekül-Kristalle / -Substanzen in Moleküle). Eine klassische Lösung ist dauerhaft stabil, d.h. es kommt nicht zu einer Entmischung beider Stoffe. Handelt es sich um eine bloße Verteilung des einen Stoffes in dem anderen, dann sprechen wir genauer von einer Dispersion (→ [3.2.3.x. Dispergieren](#)). Lösungsmittel und Substanz gehen im Prinzip keine oder nur sehr schwache Beziehungen ein. Die Verteilung beruht ausschließlich auf der Wirkung der BROWNSchen Teilchen-Bewegung (Wärme-Bewegung der Teilchen). Es handelt sich also um einen rein physikalischen Vorgang (Diffusion).

Auch bei größeren Teilchen – ab 10^{-7} bis 10^{-4} cm (0,001 – 1 μm ; 10^{-9} – 10^{-6} m) scheint es oft so, als würden sich diese im Lösungsmittel auflösen.

Beim genaueren Betrachten stellt man aber fest, die Teilchen schwimmen nur noch im Lösungsmittel. Echte Beziehungen zwischen Lösungsmittel und gelöstem Stoff treten hier kaum auf. In solchen Fällen sprechen wir von kolloidalen Lösungen. Dazu im Gegensatz stehen die echten Lösungen, in denen wesentlich kleinere Teilchen ($< 10^{-7}$ cm, $< 0,001 \mu\text{m}$, $< 10^{-9}$ m) wirkliche Beziehungen zum Lösungsmittel eingehen. Im Fall des Lösungsmittels Wasser sind die Beziehungen die polaren Anziehungs-Kräfte, welche dann die typischen Hydrat-Hüllen um die gelösten Teilchen entstehen lassen.



Kolloidale und echte Lösungen lassen sich gut über den THYNDALL-Effekt unterscheiden. Während in echten Lösungen ein Licht-Strahl die Lösung geradlinig durchdringt, werden in kolloidalen Lösungen die Strahlen von den Teilchen abgelenkt und reflektiert. Der Beobachter sieht die Reflexionen dann als aufblitzende Licht-Effekte. Der Effekt ist auch von Sonnen-Strahlen, die im Nebel sichtbar werden oder beim Aufleuchten von Staub-Teilchen in der Luft, bekannt. Das chemische Lösen eines Stoffes (z.B. von Natrium) in Wasser beruht auf einer chemischen Reaktion. Es ändern sich der Stoff und die Teilchenarten.



THYNDALL-Effekt
bei einer kolloidalen Lösung

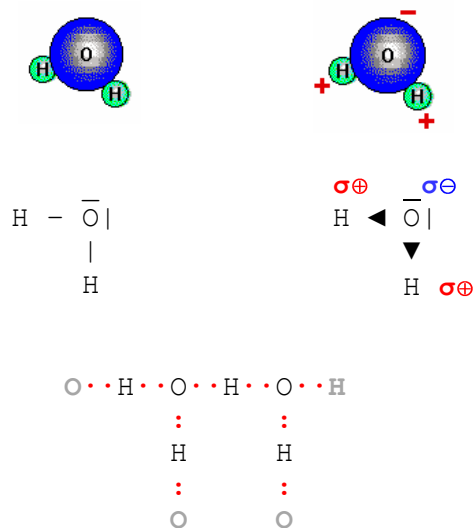
Aus Natrium wird letztendlich Natriumhydroxid, das in Wasser zunächst erst einmal in Form von Ionen (Natrium-Ionen und Hydroxid-Ionen) vorliegt. Die Teilchen werden nach dem Umsetzen dann ebenfalls durch Diffusion im gesamten Lösungsmittel-Raum verteilt. Bei einer gesamtheitlichen Betrachtung des Vorganges muß man den Vorrang auf den chemischen Vorgang legen. Es ist eine chemische Reaktion. Andere Beispiele für chemische Lösungsvorgänge sind Fluor in Wasser oder auch Ammoniak in Wasser.

Wir haben schon erläutert, dass sich das Lösen eines Stoffes aus physikalischen und schwachen chemischen Vorgängen zusammensetzt. Die zu lösenden Teilchen gehen schwache Beziehungen (physikalische Kräfte) und schwache Bindungen (z.B. Wasserstoff-Brücken-Bindungen) zum Lösungsmittel ein.

Am typischen Lösungsmittel Wasser wollen wir dies hier genauer aufzeigen.

Das Lösungsmittel Wasser ist ein polarer Stoff. D.h. seine Teilchen besitzen vollständige (ganze) oder teilweise Ladungen. Im Fall des Wassers sind es partielle Ladungen. Sie ergeben sich aus der unterschiedlichen Elektronegativität der beteiligten Atome. Wasserstoff hat nach PAULI eine Elektronegativität von 2,1 und Sauerstoff von 3,5. Somit zieht das Sauerstoff-Atom die Bindungselektronen-Päarchen stärker zu sich.

Im Ergebnis finden wir am Sauerstoff-Atom eine teilweise (partielle) negative Ladung. Die Wasserstoff-Atome sind entsprechend teilweise positiv geladen.



Wasserstoff-Brücken-Bindung (WBB) (rot)
zwischen zwei Wasser-Molekülen
(Nachbar-Moleküle grau angedeutet)

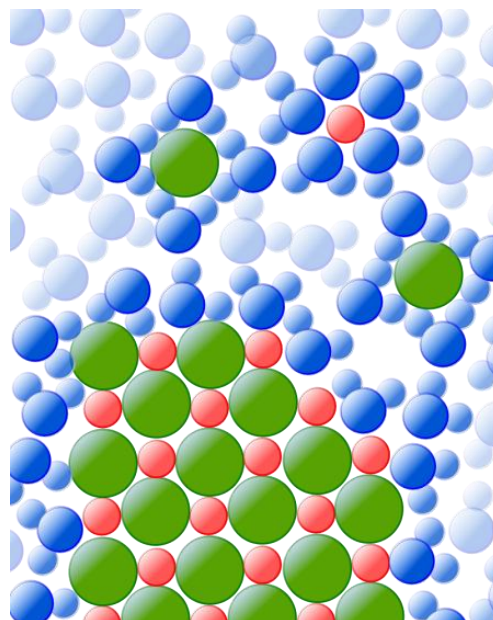
Diese Ladungen treten mit den verschiedenen anderen polaren Objekten im Reaktionsgefäß in Wechselwirkung. Wasser-Moleküle lagern sich an den Ladungen an, umhüllen sie vollständig und brechen sie dann letztendlich aus ihrem Stoff-Verband heraus. Die hydratisierten (vom Wasser umhüllten) Teilchen können sich danach frei im Lösungsmittel bewegen.

Stoffe, die keine oder sehr wenig Polaritäten (vollständige od. teilweise Ladungen) besitzen (z.B. Fette, Wachse, Benzin), lösen sich nicht in Wasser. Für sie sind unpolare Lösungsmittel nötig. Typische Beispiele sind Benzin, Petroleum, Benzen (Benzol), Ether und Tetra(chlorkohlenstoff). Die Lösungs-Vorgänge bei diesen Stoffen beruhen nicht auf den elektrostatischen Kräften, sondern auf den unpolaren VAN-DER-WAALS-Kräften.

Betrachtet man den Lösungs-Vorgang energetisch, dann muss der Vorgang des Hydratisieren – also die Umhüllung des zu lösenden Stoffes / Teilchen's – mehr Energie freisetzen, als die Anziehungs-Kräfte, die zwischen den Teilchen des zu lösenden Stoffes bestehen.

Diese Energie wird allgemein als Gitter-Energie bezeichnet.

Bei manchen Lösungs-Vorgängen reicht die Hydratisierungs-Energie alleine nicht aus, um die Lösung zu erreichen. In solchen Fällen ist ein Lösen aber trotzdem möglich, wenn die gelösten Teilchen stabil sind, sich schnell verteilen können und der Umgebung Energie entzogen werden kann. Solche Stoffe lösen sich dann endotherm.



Lösung eines Ionen-Kristalls
(Kationen: rot; Anionen: grün)
nicht direkt am Lösungs-Vorgang
beteiligtes Wasser ist heller dargestellt.

Aufgaben:

1. Finden sie in der Abbildung die gelösten Teilchen und die Hydrations-Hüllen!
2. Warum fördern die Hydrations-Hüllen die Löslichkeit eines Stoffes? Begründen Sie Ihre Meinung!
3. Skizzieren Sie jeweils ein Energieniveau-Schemata für einen endothermen und einen exothermen Lösungs-Vorgang!

Lösungs-Enthalpie $\Delta_{\text{Lsg.}}H$ [kJ/ mol]

Ion	Br ⁻	Cl ⁻	F ⁻	I ⁻	NO ₃ ⁻	OH ⁻	
Ag ⁺	84,4	65,5	-22,5	112,2			
Ba ²⁺							
Ca ²⁺							
Cs ⁺	26,0	17,8	-36,9	-36,9			
Li ⁺	-48,8	-37,0	4,9	-63,3		-23,6	
K ⁺	19,9	17,2	-17,7	20,3		-57,1	
Na ⁺	-0,6	3,9	1,9	-7,5	20,5	-44,5	
Rb ⁺	21,9	17,3	-26,1	25,1			

Daten-Q: CRC-Handbook;

Gitter-Enthalpie $\Delta_{\text{Gitt.}}H$ [kJ/ mol]

Ion	Br ⁻	Cl ⁻	F ⁻	I ⁻	NO ₃ ⁻	OH ⁻	
Ag ⁺			911				
Ba ²⁺							
Ca ²⁺							
Cs ⁺							
Li ⁺							
K ⁺		701					
Na ⁺							
Rb ⁺							

Daten-Q:

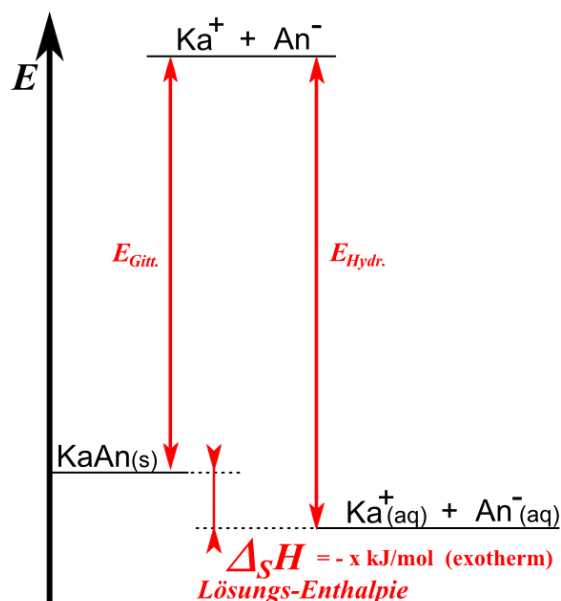
Hydratisierungs-Enthalpie $\Delta_{\text{Hyd}}H$ [kJ / mol]

Ion	$\Delta_{\text{Hyd}}H$	Ion	$\Delta_{\text{Hyd}}H$	Ion	$\Delta_{\text{Hyd}}H$
Ag ⁺	-468	Hg ²⁺	-1820	OH ⁻	-364
Al ³⁺	-4602	I ⁻	-298		
Ba ²⁺	-1289				
Br ⁻	-342	K ⁺	-314		
Ca ²⁺	-1577	Li ⁺	-508		
Cd ²⁺	-1791				
Cl ⁻	-376			Rb ⁺	-289
CN ⁻	-349				
Cs ⁺	-256	Mg ²⁺	-1908		
F ⁻	-510				
Fe ²⁺	-1958	Na ⁺	-398	Sr ²⁺	-1431
Fe ³⁺	-4485	NH ₄ ⁺	-293		
		NO ₃ ⁻	-255		
				Zn ²⁺	-2054

Daten-Q: http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/11/aac/vorlesung/kap_7/vlu/salzloesungen.vlu/Page/vsc/de/ch/11/aac/vorlesung/kap_7/kap7_5/kap7_52/kap7_52b.vscml.html

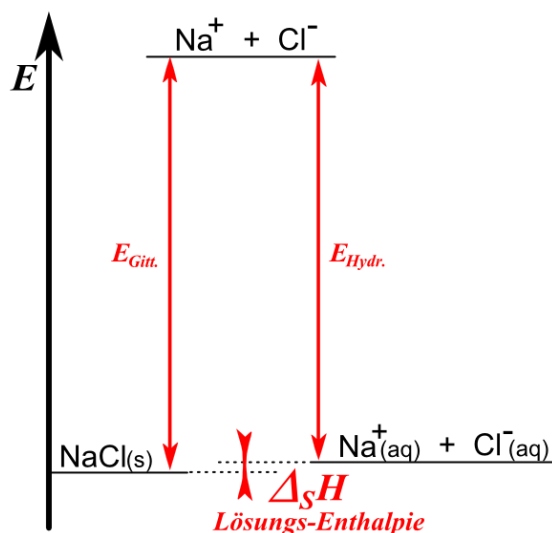
Die Hydratisierungs-Enthalpie für ein Salz ergibt sich aus der Summe der Hydratisierungs-Enthalpien der Ionen

Bei Lösen eines Salzes müssen die Ionen (Kationen Ka^+ und Anionen An^-) aus dem Ionen-Gitter ($KaAn$) herausgebrochen werden. Dabei muss die sogenannte Gitter-Energie $E_{\text{Gitt.}}$ überwunden werden. Diese Energie ist im Allgemeinen sehr groß. Möglich wird die Überwindung der Gitter-Energie durch den mehrfachen "Angriff" von Wasser-Molekülen beim Kontakt mit Wasser. Die Wasser-Moleküle umlagern die herausgebrochenen Ionen als eine recht stabile Schicht. Man nennt den Vorgang Hydratisierung. Dabei wird Energie frei – die Hydratisierungs-Energie $E_{\text{Hyd.}}$. Die Ionen werden beim Lösen also hydratisiert oder auch aquatisiert. Die Differenz aus Gitter-Energie und Hydratisierungs-Energie wird Lösungs-Energie genannt. Für den Fall, dass die gesamte Hydratisations-Energie als Wärme(-Energie) frei wird, spricht man dann von der Lösungs-Enthalpie (Lösungs-Wärme; $\Delta_S H$ oder auch ΔH_S).



Das Auflösen eines Salzes unter Energie-Abgabe – also einen exothermen Lösungs-Vorgang – zu erklären, ist also kein Problem.

Wie sieht es nun aber bei endothermen Lösungs-Vorgängen aus. Da wären die aquatisierten Ionen energetisch benachteiligt. Spätestens an dieser Stelle muss ein weiterer thermodynamischer Effekt mit ins Spiel gebracht werden – die Veränderung der Ordnung der Teilchen bei solchen Vorgängen. Exakt heißt die gemeinte thermodynamische Größe Entropie (Formelzeichen S) und ist eigentlich das Maß für die Unordnung. Bestimmte Reaktionen oder Vorgänge laufen dann freiwillig ab, wenn die Entropie dabei deutlich steigt. Genauer dazu später bei den genaueren Betrachtungen von thermodynamischen Aspekten chemischer Reaktionen.



Im Fall des Kochsalzes ist die Lösungs-Wärme bescheiden klein. Die Abkühlung der Lösung (oder der Umgebung) durch die benötigten 3,89 kJ / mol fallen kaum auf.

Angetrieben von den Stößen anderer gelöster Teilchen oder des Lösungsmittels bewegen sie sich die gelösten Teilchen langsam zufällig durch das gesamte Medium. Letztendlich kommt es dann zu einer gleichmäßigen Verteilung des einen in dem anderen Stoff (Substanz in Lösungsmittel).

Als Eselsbrücke kann man sich 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 Lösungseigenschaften enthalten. Typische Beispiele sind Ethanol und Aceton. Sie lösen sowohl polare wie auch unpolare Stoffe. Sie werden auch Lösungs-Vermittler genannt.

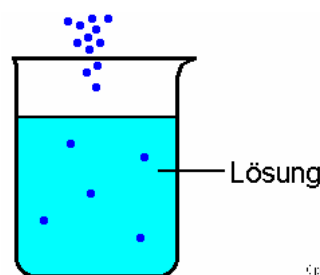
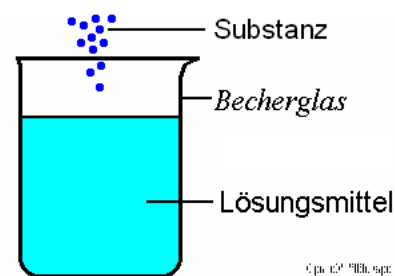
Bisher haben wir die Lösungs-Vorgänge im Wesentlichen qualitativ betrachtet. Vielfach spielen aber auch quantitative Effekte eine Rolle.

Mit dem Einbringen der ersten Substanz in das Lösungsmittel, bzw. mit dem ersten Anlösen der Substanz innerhalb des Lösungsmittels, entsteht eine sogenannte **ungesättigte Lösung**. Das Lösungsmittel hat noch Kapazitäten, 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 dazugegeben, dann setzt sich diese auf dem Grund ab. Der Rückstand löst sich zwar auch wieder auf, dafür gehen aber auch andere Teilchen als Niederschlag in den Rückstand über. Es herrscht ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Lösen und Ausfällen.

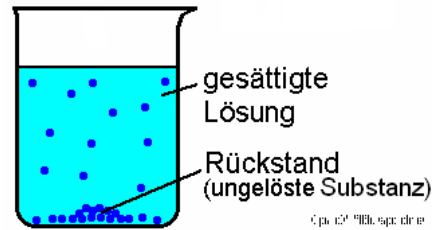
Unter der **Löslichkeit** / verstehen wir die größtmögliche Menge (Masse) eines Stoffes (Substanz, S), der sich in einem anderen – dem Lösungsmittel (LsgM, LM) löst (in einer definierten Masse (üblich 100 g = m_{LsgM})). Zumeist wird hier von Wasser ausgegangen. Das Lösungsmittel muss aber eigentlich immer mit notiert werden. Wurde kein



Lösungsmittel angegeben, dann geht man i.A. von Wasser als Lösungsmittel aus.

$$l = \frac{m_S}{m_{LsgM}}$$

$$\left[\frac{g}{g[LsgM]} \right]$$



Aus dieser Löslichkeit leitet sich die – in der Praxis häufiger verwendete – Angabe in Masse-Prozent ab:

$$l\% = \frac{m_S \cdot 100\%}{m_{LsgM}} = l \cdot 100\% \quad [\%] \quad \text{od.} \quad [m\%]$$

Dies ist auch die übliche Ausdrucksweise. Man sagt z.B. dieser oder jener Stoff ergibt maximal eine 30%ige Lösung. Was nichts anderes bedeutet, als das sich maximal 30 g der Substanz in 100 g Lösungsmittel gelöst haben.

Löslichkeit / [g [Salz]/100 g [Wasser]]

	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻
Na ⁺	35,8	90,5	184,0	88,0	19,4	21,6
K ⁺	34,4	54,0	144,3	31,6	11,1	112,0
NH ₄ ⁺	29,7	77,0	172,0	187,7	75,4	100,0
Mg ²⁺	54,3	101,5	148,0	70,5	26,7	0,18
Ca ²⁺	74,5	142,0	204,0	127,0	0,2	0,0015
Ba ²⁺	37,5	104,0	170,0	9,0	0,00025	0,0017
Cu ²⁺	70,6	122,0		122,0	21,0	
Ag ⁺	0,00015	0,000014	0,000003	218,0	0,8	0,0003
Zn ²⁺	367,0	447,0	432,0	327,0	54,0	0,00006
Hg ²⁺	6,6	0,6	0,01	127,0		

Daten-Q: Tabellen und Formeln.-Volk u. Wissen Verl. 1980

Daneben kann die Löslichkeit auch als Volumen-basierte Größe ausgedrückt werden:

Volumen-Anteil φ (sprich: phi):

$$\varphi = \frac{V_S}{V_{LsgM}} \quad \varphi\% = \varphi \cdot 100\% \Rightarrow Vol\%$$

Zur semiquantitativen Benennung der Löslichkeit schlägt das Deutsche Arzneibuch Nr. 10 die folgenden Bereiche vor:

Benennung der Löslichkeit	notw. Volumenteile [ml] Lösungsmittel für 1 Masseteil [g] Substanz (DAB 10)	Löslichkeit [g/ml] (Masse-Konzentration)	
sehr leicht löslich	< 1	> 1	
leicht löslich	1 – 10	1,0 – 0,1	
löslich	10 – 30	0,1 – 0,3	
wenig löslich	30 – 100	0,3 – 0,01	
schwer löslich	100 – 1.000	0,01 – 0,001	
sehr schwer löslich	1.000 – 10.000	0,001 – 0,000.1	
praktisch unlöslich	> 10.000	< 0,00001	

Die Zahlen-Verhältnisse der Teilchen in einer Lösung spiegelt der **Molenbruch χ** (sprich: chi; vereinfacht wird auch x verwendet) wieder:

$$\chi = \frac{n_S}{n_{Lsg}} = \frac{n_S}{n_S + n_{LsgM}} \quad [\div]$$

Das Mol-Prozent ist die resultierende Prozentgröße auf Teilchenzahlen-Ebene:

$$Mol\% = \frac{n_S \cdot 100\%}{n_{Lsg}} \quad [\%]$$

Ein Molenbruch von 0,05 besagt, das 5 von 100 Teilchen z.B. von der gelöste Substanz stammen. Für das Lösungsmittel wäre der Molenbruch dann dementsprechend 0,95.
In der Chemie wird besonders die **Konzentration c** eines Stoffes gerne als Maß verwendet.

$$c = \frac{n_S}{V_{Lsg}} \quad [\text{mol/l}^{-1} = \text{molar} = \text{M}]$$

Neben der Einheit Mol pro Liter findet man vielfach die verkürzte Angabe molar. Bei der Schreibung hat sich eine verkleinerte (kleinere Schriftgröße) für das Zeichen (M) eingebürgert. Damit soll eine Verwechslung mit dem Präfix M (für: Mega = 10^6) vermieden werden. Eine 1 M Lösung ist also 1 molar bzw. enthält 1 mol pro l. Diese spezielle Art der Konzentrations-Angabe wird **Molarität** genannt. Daneben gibt es noch die **Normalität**, bei der die aktiven Teilchen (z.B. Protonen, Wasserstoff-Ionen) betrachtet werden. So ist z.B. eine 1M Schwefelsäure-Lösung 2N (2 normal), weil beim Lösen der Schwefelsäure immer jeweils 2 Wasserstoff-Ionen (Protonen) freiwerden.

Eher selten wird die **Molalität** verwendet. Dabei werden die Anzahl Mole betrachtet, die in jeweils 1kg Lösungsmittel gelöst sind.

Die Konzentration eignet sich im Allgemeinen am Besten als Angabe von Substanz-Lösungsmittel-Verteilungen, da chemische Reaktionen immer vom Kontakt der reagierenden Teilchen abhängen. Bei geringer Konzentration ist die Chance für einen Kontakt deutlich geringer, als bei höherer Konzentration (mit entsprechend mehr gelösten Teilchen).

Die maximale Konzentration (Sättigungs-Konzentration, c_s) wird aber eher selten tabelliert.

Meistens findet man Tabellen mit der Löslichkeit, dem maximalen Volumen-Anteil oder der Molarität.

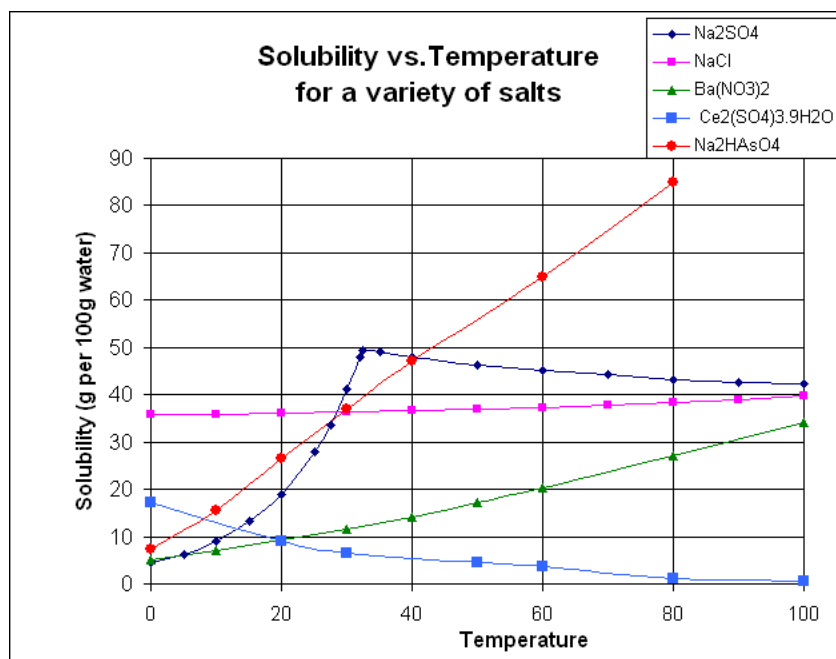
Der Löse-Vorgang und auch die maximale Lösungsmenge sind von der Temperatur abhängig. Die Geschwindigkeit des Lösevorgangs unterliegt der RGT-Regel (VANT-HOFFschen Regel). Danach erhöht sich die Geschwindigkeit ungefähr um das 2 bis 3fache, wenn die Temperatur um 10 K (= 10 grad (veraltet!)) steigt. Selten werden auch Geschwindigkeitszuwächse um das 10fache registriert. Die Umkehrung der Regel gilt ebenfalls.

Etwas komplizierter verhält es sich mit der Temperatur-abhängigkeit der gelösten Substanz-Mengen.

Zum Einen kann die Löslichkeit bei steigender Temperatur z.B. kleiner werden. Dies kann man über die erhöhte Beweglichkeit der Teilchen und dem damit verbundenen häufigeren Abreißen der Kräfte zwischen Lösungsmittel und Substanz erklären. In anderen Fällen kann es aber auch zu einer verbesserten Löslichkeit bei höheren Temperaturen kommen, wenn z.B. die Lösungsmittel-Teilchen weiter auseinanderrücken und so zusätzlichen Platz für neues Substrat schaffen.

Häufig spielt aber auch das eigentliche Reaktionsgeschehen des Lösungsvorgangs eine Rolle. Beim Lösen eines Stoffes sind zwei unterschiedliche energetische Einzelsvorgänge beteiligt.

Zum Ersten wird Energie für das Aufbrechen der Bindungen (Gitter-Energie; z.B. die Ionen-beziehung in einem Salz-Kristall) benötigt. Zum Zweiten wird bei der Hydratisierung Energie frei. Die Bildung von Substanz-Lösungsmittel-Clustern bringt einen energetischen Vorteil, der mit einer Verringerung der inneren Energie verbunden ist. Die Beträge der beiden Vorgänge sind sehr unterschiedlich. Mal übersteigt die Hydratisierungs-Energie die Energie zum Aufbrechen der Stoffbindungen.



Temperatur-Abhängigkeit der Löslichkeit (Solubility)

Q: de.wikipedia.org (Walkerma)

Die Lösung ist am Ende wärmer, als das Lösungsmittel zu Anfang. Insgesamt handelt es sich dann um einen exothermen Vorgang. Bei solchen Lösungsvorgängen wirkt eine äußere Temperaturerhöhung kontraproduktiv. Die Menge an maximal lösbarer Substanz sinkt mit steigender Temperatur. Zu Stoffen, die sich so verhalten, gehören: Natriumhydroxid oder Cersulfat. Beim Ammoniumnitrat ist sowohl das Aufbrechen der Substanz-Bindungen, als auch die Hydratisierung ein endothermer Vorgang. Die Energie für den Lösungsvorgang wird dem Lösungsmittel entzogen – es kühlt sich ab. Hier ist eine Temperaturerhöhung förderlich. Mit zunehmender Temperatur steigt dann auch die Menge an der lösbarer Substanz.

Zu den Stoffen mit energetisch fast ausgeglichenen Teilreaktionen (Hydratisierung und Gitter-Zerlegung) zählt Natriumchlorid (Kochsalz). Die Menge Substanz für gesättigte Lösung ist bei solchen Stoffen im Allgemeinen mit zunehmender Temperatur fast unverändert.

Eine scheinbare Ausnahme stellt das Natriumsulfat (Na_2SO_4 , GLAUBER-Salz, Karlsbader Salz) dar. Zuerst ($0 - 32^\circ\text{C}$) nimmt die Löslichkeit mit steigender Temperatur exponentiell zu. Oberhalb von 32°C kommt es dann zu einem langsamen Abfall der Löslichkeit. Um diesem besonderen Effekt zu verstehen, muß sich genau ansehen, was gelöst wird. Im allgemeinen Umgang mit Natriumsulfat wird meist einfach unterschlagen, dass dieses Salz Kristall-Wasser besitzt. Richtig ist also eigentlich die folgende Formel für das (Wasser-haltige) Natriumsulfat $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$. Diese Formel bedeutet, dass pro Baueinheit Na_2SO_4 – also zwei Natrium-Ionen und einem Sulfat-Ion – zehn Moleküle Wasser mit in die Kristall-Struktur eingebaut sind. Praktisch sind die Ionen schon im Kristall hydratisiert. Erwärmt man das reine Wasser-haltige Natriumsulfat, dann schmilzt es überraschenderweise schon bei 32°C (andere Salze erst bei Temperaturen über 400°C). Bei dieser Temperatur wird das Hydratations-Wasser im Kristall-Verband beweglicher und das ganze Gebilde quasi flüssig. Es handelt sich also nicht um eine echte Schmelze, sondern um einen Löse-Vorgang im eigenen Kristall-Wasser!

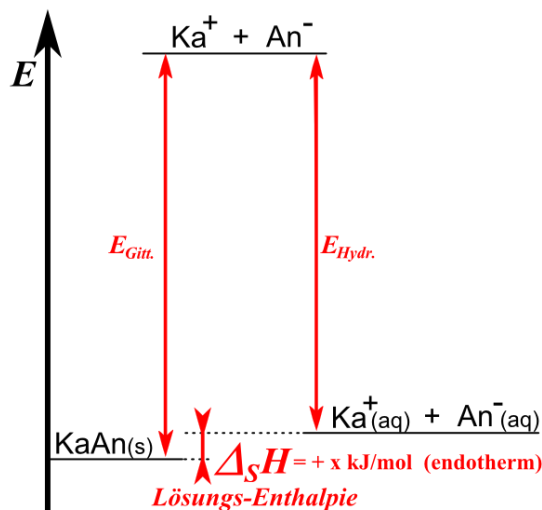
Aufgaben:

1.

2. *Geben Sie jeweils ein Kristall Kaliumpermanganat (gleich groß) in Bechergläser mit unterschiedlich warmen Wasser (z.B. Zimmertemperatur und 80°C)! Beobachten Sie die Gläser, ohne diese zu bewegen!*

3. *Informieren Sie sich, was eine übersättigte Lösung ist! Wie kann man sie herstellen? Warum fallen die übermäßig gelösten Teilchen nicht aus?*

4. *Erläutern Sie anhand des nebenstehenden Energie-Niveau-Schemas den energetischen Ablauf des Lösungs-Vorganges eines Salzes!*



Beim Heraus-Lösen (Auswaschen, Auslaugen) handelt es sich eigentlich um ein Trenn-Verfahren. Zwei Stoffe werden aufgrund unterschiedlicher Löslichkeit verschieden schnell oder gut gelöst. Das zugrundeliegende Prinzip für den einzelnen Stoff ist natürlich das Lösen.

3.2.2.1. kolloidales Lösen

Bisher haben wir von echten Lösungen gesprochen. Werden die Moleküle aber größer, dann können sie nicht mehr "gelöst" werden. Sie bleiben als Ganzes bestehen oder zerfallen nur an wenigen Stellen. Das passiert z.B. an exponierten funktionellen Gruppen, die mit Wasser bzw. eben einem anderen Lösung-Mittel interagieren können. Trotzdem werden die Moleküle in den Wasser-Körper aufgenommen und aufgrund einer relativ dicht bei Wasser liegenden Dichte schwimmen sie im Wasser-Körper. Die Wärme-Bewegung der Wasser-Teilchen sorgt für ein Hin- und Her-Treiben im gesamten Wasser-Raum.

Bekannte Beispiele für Kolloide sind das Ei-Klar, "Danziger Wasser" (Spirituose mit kolloidalem Gold), Stärke-Lösungen, Tapeten-Kleister, ...

Das Volumen und die Masse vieler organischer Moleküle (z.B. Proteine) ist für die relativ geringe Oberfläche zu groß, dass die Solvat-Hülle die Teilchen tragen kann.

Aufgaben:

1. Suchen Sie nach weiteren Beispielen für kolloidale Lösungen! Vergleichen Sie Ihre Funde mit denen anderer Suchenden!
2. Stellen Sie in einer Tabelle ausgehend vom Radius das Volumen und die Oberfläche von Kugeln über mehrere Größen-Ordnungen (z.B. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, ...100, 200, ..., 1000 LE) zusammen! Berechnen Sie auch das Verhältnis von Volumen zur Oberfläche!

für die gehobene Anspruchsebene:

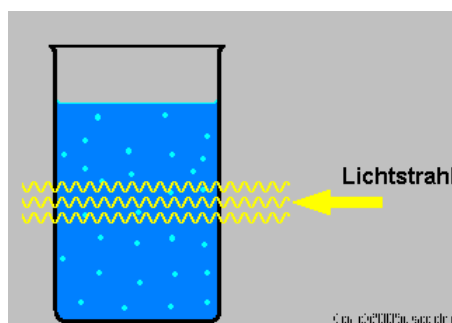
3. Erstellen Sie die Tabelle mit einer Tabellenkalkulation (z.B. microsoft EXCEL, LibreOffice CALC)! Lassen Sie die Rechnungen vom Programm ausführen und erstellen Sie Diagramme für die Zusammenhänge vom Radius zu den berechneten Werten!

Als Kriterium für die Unterscheidung, ob ein Stoff sich echt oder kolloidal löst wird meist vereinfacht die Molekül-Größe benutzt. Moleküle, die eine Größe im Bereich von 10^{-7} - 10^{-9} m (100 bis 1 nm = 10^{-4} bis 10^{-6} cm) haben, sind praktisch nur noch kolloidal löslich. Letztendlich bestimmen das aber auch die Oberflächen-Eigenschaften des Moleküls und die innere Zusammensetzung.

böse Frage zwischendurch:

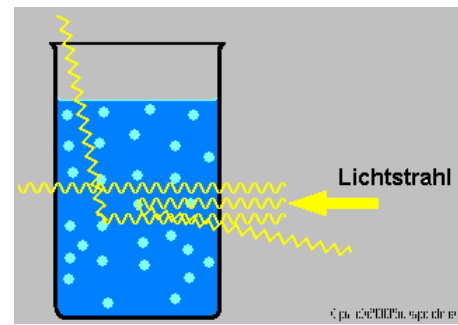
Wieviele Moleküle mit einer Länge von 20 nm bräuchte man, um einen Millimeter bzw. einen Centimeter zu erhalten?

Ein gutes Unterscheidungs-Merkmal für echte und kolloidale Lösungen ist der sogenannte TYNDALL-Effekt. Während bei echten Lösungen die gelösten Teilchen die Licht-Strahlen kaum verändern (optisch leer), werden in kolloidalen Lösungen die Strahlen von den großen Teilchen gebeugt oder reflektiert. Es erscheint so, als würden die Teilchen leuchten.



lagern sich die (kolloidal gelösten) Moleküle wieder zusammen, spricht man von Koagulation. Die Koagulate sind dann meist so schwer (- haben ein so hohe Dichte -), dass sie ausfallen.

echte Lösung: Licht-Strahl durchdringt die Lösung



Licht-Strahl wird von einzelnen Molekülen gestreut und reflektiert (TYNDALL-Effekt)
→ kolloidale Lösung

3.2.3. weitere Misch-Verfahren

3.2.3.x. Homogenisieren

... ist die Herstellung einer feinen, gleichgestaltigen (homogenen, gleichförmigen) Phase aus zwei oder mehr ineinander mischbaren Stoffen (meist zumindest eine Flüssigkeit dabei)

3.2.3.x. Suspendieren

... ist die Herstellung einer feinen, homogenen (gleich-förmigen) Verteilung eines oder mehrerer Feststoffe(s) in einer Flüssigkeit. Suspensionen sind i.A. instabil und es kommt zur Sedimentation (Absetzen, Ausfallen) bzw. zum Aufsteigen des / der Feststoffe(s).

Eine Stabilisierung ist durch erneutes Durchmischen, Energiezufuhr (erhöhte Teilchen-Beweglichkeit), aber auch Temperatur-Erniedrigung (Behinderung der Absetz-Bewegungen) und durch Lösungs-Vermittler möglich. Je feiner die Feststoffe sind, umso stabiler sind die meisten Suspensionen. Oft gibt es dann aber Probleme bei der Herstellung, weil die feinen Feststoff-Teilchen die Oberflächenspannung nicht so leicht durchdringen können.

3.2.3.x. Dispergieren

.. ist die Herstellung einer feinen gleichgestaltigen Verteilung von zwei oder mehr Flüssigkeiten ineinander, die sich normalerweise nicht miteinander mischen / ineinander lösen. Üblicherweise setzen sich die Flüssigkeiten – entsprechend ihrer Dichte - übereinander ab und bilden Phasen. Diese Schichten werden durch mechanisches Mischen in Tröpfchen umgewandelt. Die Tröpfchen bilden zum Umgebungs-Medium aber immer noch ein Zwei-Phasen-System mit klaren Phasengrenzen. Beim gegenseitigen Berühren von stofflich gleichen Tropfen kommt es dann häufig zum Zusammenfließen (Aggregation). Am Ende liegen die ursprünglichen Phasen wieder getrennt vor (Koaleszenz).

Die bekanntesten Dispersionen im Lebensmittel-Bereich sind die Emulsionen, die aus Fetten und Wasser (od.ä.) hergestellt werden. Für die Mischung Öl und Wasser ergeben sich zwei verschiedene Grundtypen der Emulsion. Für eine Wasser-in-Öl-Emulsion (W/O-Typ) wird weniger Wasser in das Öl eingemischt. Die resultierenden Tröpfchen bestehen dann aus Wasser und sind von dem überschüssigen Fett umgeben. Bei Öl-in-Wasser-Emulsion (O/W-Typ) sind die Tröpfchen entsprechend aus Öl und die Umgebung Wasser.

Beispiele: Kosmetika (Cremes), Pflegemittel (Zahlpasta), Kleber

Eine Stabilisierung ist durch erneutes Durchmischen, Energiezufuhr (erhöhte Teilchen-Beweglichkeit), aber auch Temperatur-Erniedrigung (Behinderung der -Bewegungen) und durch Lösungs-Vermittler (Emulgatoren) möglich. Je feiner die Verteilungen ineinander sind, umso stabiler sind die meisten Dispersionen.

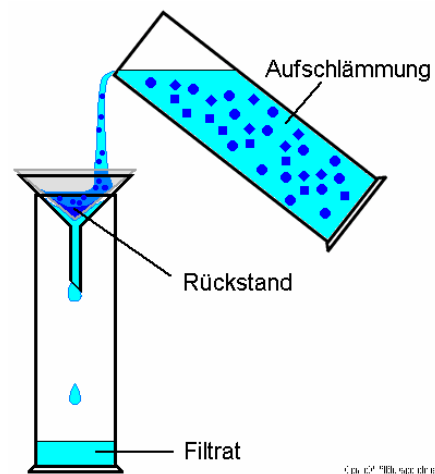
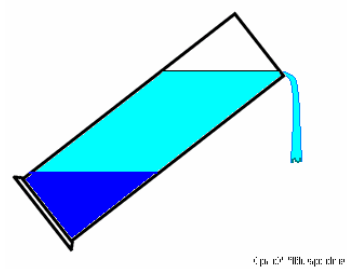
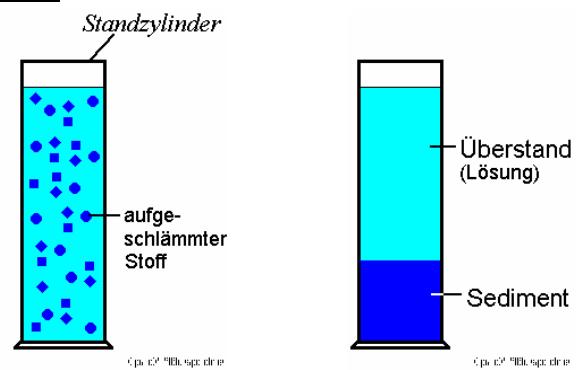
Echte Lösungen und Dispersionen unterscheiden sich in der mikroskopischen Struktur. Während echte Lösungen homogene Gemische sind, liegen bei Dispersionen immer heterogene Gemische vor. Beide Stoffe liegen in eigenen – wenn auch mikroskopisch kleinen – Phasen(-Bereichen) vor.

Dispersionen zeigen i.A. – wenn sie denn überhaupt Licht-durchlässig sind – den sogenannten TYNDALL-Effekt (s.a. weiter vorn).

3.2.3.x. Begasen

... ist das feine Verteilen eines Gases in einer Flüssigkeit. Dies kann durch direktes (Ein-)Drücken des Gases in die Flüssigkeit passieren oder auch durch Aufschlagen der Flüssigkeit.
z.B. bei der Herstellung Kohlensäure-haltiger Getränke
oder bei Herstellung von Schlagsahne

3.2.4. Dekantieren, Sichten und Filtern



Definition(en): Sichten

Sichten ist ein (mechanisches / physikalisches) Trenn-Verfahren, beim dem Feststoffe nach bestimmten Kriterien (z.B. Partikel-Größe, Dichte, Trägheit) in verschiedene Gruppen klassifiziert werden.

Definition(en): Dekantieren

Dekantieren ist ein (mechanisches / physikalisches) Trenn-Verfahren, bei dem ein Überstand (Lösung) von einem Sediment durch Abgießen / Umfüllen / Ablaufen abgetrennt wird.

Definition(en): Sieben

Sieben ist ein (mechanisches / physikalisches) Trenn-Verfahren, bei dem Feststoffe nach der Korngröße in seine Bestandteile zerlegt wird.

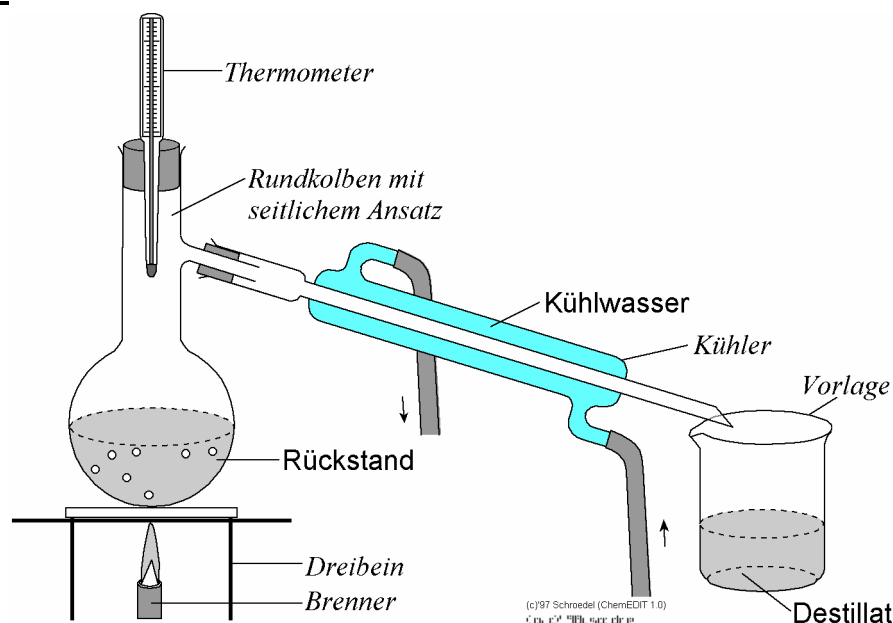
Sieben ist ein Sichtungs-Verfahren, bei dem Feststoffe durch Raster-artige technische Strukturen (Siebe) in Größe-Klassen aufgetrennt werden.

Definition(en): Filtrieren

Filtrieren ist ein (mechanisches / physikalisches) Trenn-Verfahren, bei dem Suspensionen / Aufschlämmungen / kolloidale Lösungen mittels Raster-artiger technischer Strukturen (Filter) in Feststoffe (Retentate) und (Rest-)Lösung (Permeate) zerlegt werden.

Begriff leitet von Filz ab, welches früher als Filter verwendet wurde.

3.2.5. Destillieren



nur dann möglich, wenn ein Flüssigkeiten-Gemisch oder eine Lösung für die einzelnen Komponenten unterschiedliche Siedepunkte (K_P , K_D , Kochpunkt) besitzen. niedriger siedende Komponente geht in einem höheren (molaren) Anteil in die Dampf-Phase über, die zumeist kleineren Teilchen benötigen weniger Energie (entspricht der kleineren Temperatur), um die flüssige Phase zu verlassen und sich in der Gas-Phase zu halten manche Stoff-Gemische zeigen eine Anpassung der (molaren) Anteile an die jeweilige Siedetemperatur. Sie können nicht vollständig getrennt werden. Man nennt sie azeotrope Gemische. Azeotrop bedeutet frei übersetzt so viel wie "unzersiedbar".

Ein typisches Azeotrop sind Alkohol-Wasser-Gemische. Eine Mischung von 96 % Ethanol und 4 % Wasser lässt sich Destillation nicht weiter trennen. Das Erreichen dieses Punktes kann man an einem Siedepunkt von 78,2 °C erkennen. Bei niedriger konzentrierten Gemischen geht zuerst mehr Ethanol über (aufkonzentrieren). Ausgehend von einer höherkonzentrierten Lösung geht mehr Wasser über (runterkonzentrieren).

Q: de.wikipedia.org ()

weitere typische Beispiele für Destillationen

Herstellung von (echtem) destilliertem Wasser, Trennung der Erdöl-Bestandteile (Rektifikation), technische Zerlegung von Luft in die Einzelgase

In natürlichen Rohstoffen für eine Destillation (z.B. Weine) befinden sich noch viele andere und z.T. sehr verschiedene Stoffe. Bei einer Destillation gehen nun zuerst niedrig siedende Komponenten über. Dies sind z.B. Methanol (Methylalkohol) und Ethanal (Acetaldehyd). Beide sind sehr giftig. Deshalb verwirft man den ersten Teil (Vorlauf) des Destillates. Praktisch sind das meist rund 15 %. Ähnlich verhält es sich mit dem letzten Teil (Nachlauf). Er enthält die schwersiedenden, sogenannten Fusel-Öle. Sie sorgen z.B. für die Unverträglichkeit von Spirituosen ("Kopf", Magenschmerzen).

Definition(en): Destillieren

Destillieren ist ein Trenn-Verfahren, bei dem Stoffe nach ihrer Siede-Temperatur unterschieden werden. Der Rückstand hat dabei eine Siede-Temperatur über dem aktuellen Arbeitswert, während das Kondensat Stoff(e) enthält, die unterhalb der Arbeits-Temperatur sieden.

Definition(en): fraktioniertes Destillieren / Fraktionieren

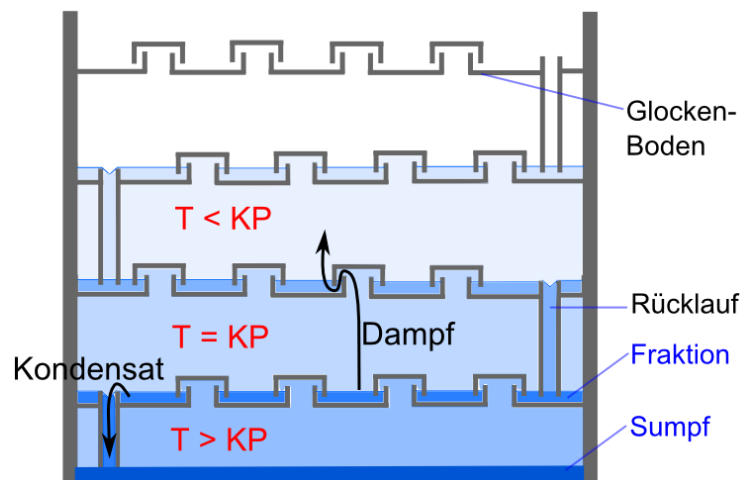
Fraktionieren ist ein Trenn-Verfahren,.

Die beste Trennung erreicht man mit Hilfe der fraktionierten Destillation. Dabei werden in einer Anlage feine Temperatur-Unterschiede erzeugt, die sich auf einzelne Stufen oder Bereiche der Destillations-Kolonne auswirken. In diesen Einzel-Bereichen können sich dann genau die Stoffe aufkonzentrieren, deren Siedetemperatur in dem Bereich gerade unterschritten wird. Die leichter siedenden Bestandteile des zu trennenden Stoff-Gemisches können in die kälteren Gefäßteile aufsteigen.

Eine der wichtigsten chemisch-technischen Trennverfahren ist die fraktionierte Destillation (Fraktionierung) von Erdöl. Dabei ist es das Ziel, möglichst reine Gruppen von Substanzen zu erhalten, die dann später gesondert weiterverarbeitet werden sollen.

Im unteren Bereich der Fraktionier-Kolonne wird das Roh-Öl (vorher gereinigt) auf über 600 °C erwärmt. Die schon bei geringeren Temperaturen siedenden Substanzen gehen sofort in die Gas- oder Dampf-Phase über und steigen nach oben. Hier ist es dann etwas kälter. Die ersten Substanzen kondensieren jetzt schon. Es sind solche, deren Siedetemperatur gerade unter der Heiz-Temperatur gelegen hat. Die noch niedriger siedenden Substanzen steigen weiter auf und der Vorgang wiederholt sich bei jeder Temperatur-Stufe. Durch einen geringfügigen Rückfluss auf jeder Stufe sorgt man dafür, dass sich die Stoffe in "Ruhe" trennen können und nicht zu viele mit zur nächsten Stufe mitgerissen werden.

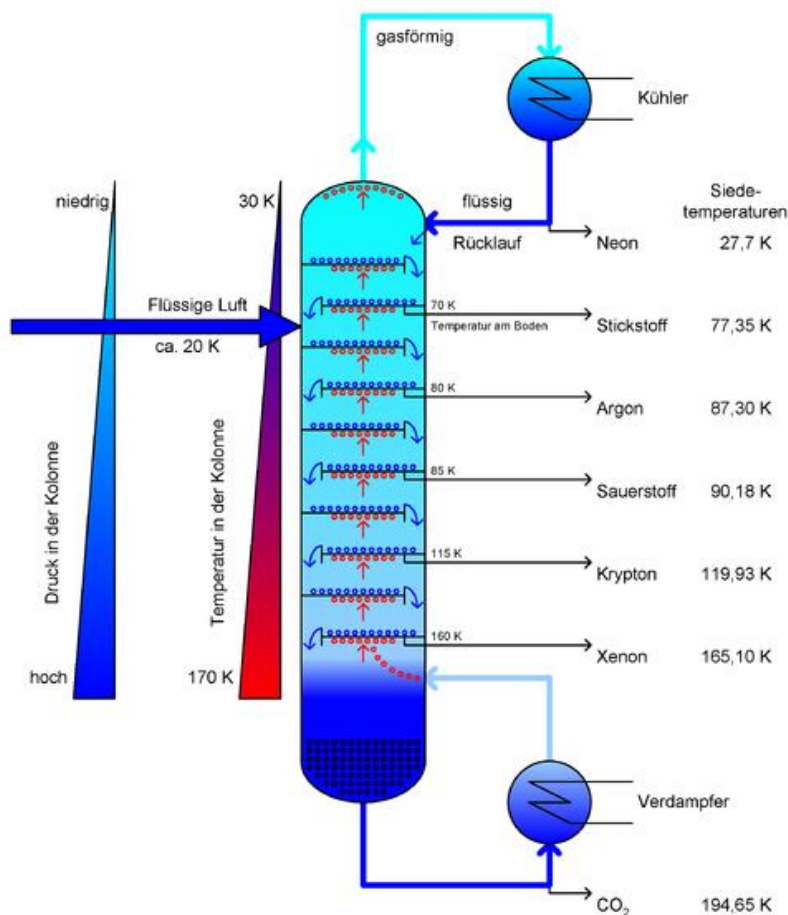
Der nicht verdampfbare Rest auf dem Grund der Fraktionier-Kolonne (Sumpf genannt) wird in einer speziellen Kolonne ein weiteres Mal fraktioniert. Da man aber nicht noch höhere Temperaturen einsetzen kann – dies würde die meisten Substanzen zerstören – verwendet man ein Vakuum in der Kolonne. Dadurch gehen die Substanzen bei deutlich niedrigeren Temperaturen in den gasförmigen Zustand übergehen und so getrennt werden.



Prinzip und Technik der fraktionierten Destillation

Q: de.wikipedia.org ()

Bei der Luft-Rektifikation wird das Stoff-Gemisch Luft in seine wesentlichen Bestandteile zerlegt. Das Prinzip der Zerlegung mittels differenzierter Temperatur-Bereiche wird auch hier angewendet. Allerdings geht man von flüssiger Luft mit einer Temperatur von 20 K (-253 °C) aus und lässt diese im gewissen Sinne sich immer weiter erwärmen.



Rektifikations-Kolonne zur Luft-Zerlegung
Q: de.wikipedia.org (Mordechai1)

Definition(en): Fraktionieren

Aufgaben und Übungen:

1. Vor Ihnen liegen Stoffgemische, welche jeweils die folgenden Stoffe enthalten:

- a) Wasser, Salz
- b) Öl, Wasser
- c) Seesand, Zucker, Wasser
- d) Öl, Benzin
- e) Seesand, Zucker, Eisen (Pulver bzw. Feilspäne)
- f)

Informieren Sie sich über die Eigenschaften der Einzelkomponenten!

Geben Sie Verfahren zum Trennen an, um letztendlich die Einzel-Komponenten zu erhalten! Wenn nötig, begründen Sie auch, in welcher Reihenfolge Sie die Verfahren einsetzen wollen!

3.2.6. Extrahieren

gehört zur Gruppe der Trenn- bzw. Scheide-Vorgänge

Definition(en): Extrahieren

3.2.6.x. Hochdruck-Extraktion

physikalisch-chemisches Verfahren, beruht auf unterschiedlicher Löslichkeit eines Stoffes in verschiedenen Medien

als Extraktions-Mittel wird überkritisches CO₂-Gas verwendet, ab 500 bar hat es die gleichen Lösungs-Eigenschaften, wie Hexan – einem weit verbreiteten, unpolaren, organischen Lösungsmittel

mit überkritischem CO₂ lassen sich diverse Fett-lösliche (lipophile, hydrophobe) Stoffe extrahieren (herauslösen) z.B. Aromen, Fette, Coffein, Nikotin, Cholesterol, ...

Vorteile: wirkt bakterio-statisch, toxikologisch weitgehend unbedenklich, Reaktions-träge, nicht brennbar, begrenzt Umwelt-belastend (zumindestens biologisch abbaubar), leicht und kostengünstig verfügbar, leichte Abtrennbarkeit von extrahierten / gelösten Stoffen,

praktisch genutzt für die Entfettung von Stärke, Entfernung von Cholesterol aus Ei-Pulver und Butter, Reinigung von Enzym-Präparaten

besonders umfassender Einsatz bei der Destraktion (kombinierte Destillation und Extraktion) von Coffein zur Erzeugung von Coffein-freiem bzw. –reduziertem Kaffee

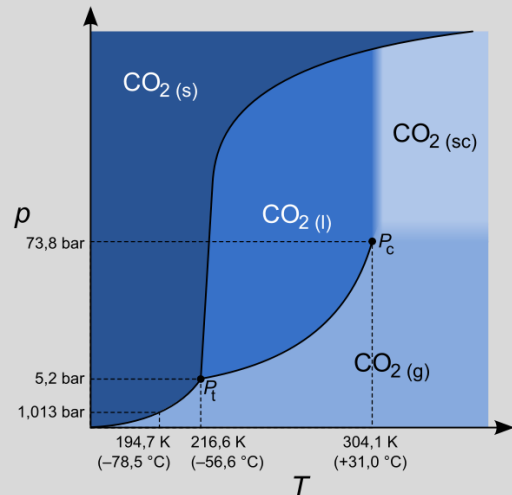
Exkurs: überkritischer Zustand von Gasen

Normalerweise kann man Gas durch erhöhten Druck oder herabgesetzter Temperatur verflüssigen.

Bei den Gasen gibt es aber eine Stoff-spezifische Temperatur oberhalb derer die Verflüssigung auch bei höchsten Drücken nicht mehr möglich ist. Interessanterweise verhalten sich die hochkomprimierten Gase wie Flüssigkeiten. Sie sind aber weiterhin im gasförmigen Zustand.

Die Dichte ähnelt der, des verflüssigten Gases, während z.B. die Viskosität, der des (gasförmigen) Gases entspricht.

für CO_2 liegt die kritische Temperatur bei $31,15^\circ\text{C}$ und einem Druck von $7,375\text{ MPa}$ ($73,75\text{ bar}$)



schematisches Phasen-Diagramm für CO_2
Q: de.wikipedia.org (Sponk)

3.2.7. weitere Trenn-Verfahren

auch scheiden oder entmischen genannt

3.2.7.x. Zentrifugieren

beruht auf der unterschiedlichen Massen-Trägheit (scheinbar von Dichte der Teilchen (und deren Masse) abhängig)

Definition(en): Zentrifugieren

3.2.7.x. Magnet-Scheiden

ein ferro-magnetischer Stoff wird von nicht-magnetischen Stoffen mit Hilfe eines Magneten getrennt

3.2.7.x. Sublimation

ein zur Sublimation fähiger Stoff kann durch Erhitzen von höher schmelzenden Feststoffen getrennt werden, der vergaste Stoffe wird dann an anderer (kälter) Stelle resublimiert

3.2.7.x. Flotation

setzt man bestimmten Stoff-Gemischen (z.B. Abwasser) Schaumbildner zu, dann können die Schäume häufig bestimmte Feststoffe in sich aufnehmen. Die kleinen Partikel werden an den Kontaktstellen von meist drei Schaum-Bläschen gehalten. Der Schaum lässt sich dann abschöpfen oder dekantieren. Nach dem Zerplatzen der Bläschen bleiben die flotierten Partikel übrig

3.2.7.x. Adsorption

Anlagerung eines Stoffes (Adsorbent) an der Oberfläche eines anderen (Adsorbent) Stoffes

z.B. Gas-Filter-Patronen, Wasser-Entkalkung, Demineralisierung von Wasser (mit Kationen- und Anionen-Tauscher), Brom an Aktivkohle,

Definition(en): Adsorbieren

3.2.7.x. Absorption

Einlagerung eines (meist kleineren) Stoffes in das Innere (Volumen) eines anderen (Absorbent) Stoffes

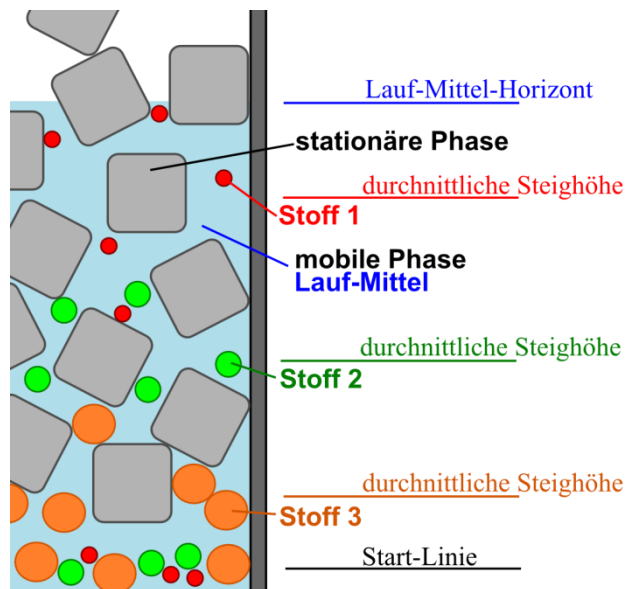
z.B. Zeolite, Kron-Ether

Definition(en): Absorbieren

3.2.7.x. Chromatographische Trennung

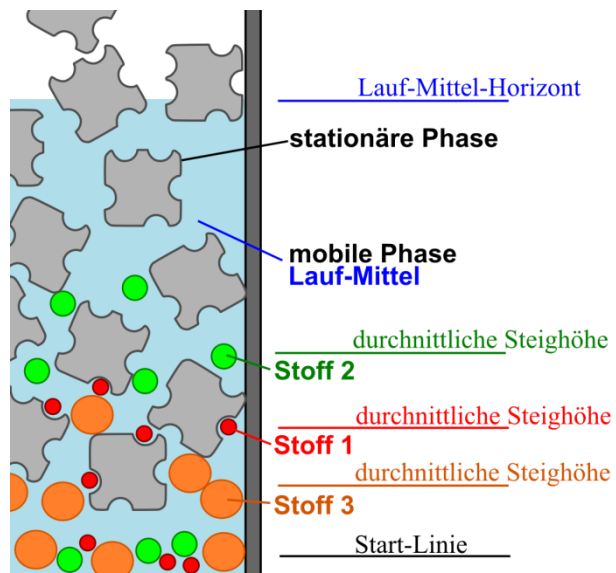
Ausnutzung von Effekten der Filterung (aufgrund unterschiedlicher Teilchen-Größen) und der Adsorption in und an bestimmte Materialien

kleine Teilchen / Stoffe können die Lücken zwischen den Feststoffen in der chromatographischen Säule / im Gel / zwischen den Papier-Fasern (stationäre Phase) besser passieren als größere; dadurch wandern kleinere schneller in der Säule (mobile Phase)



werden einzelne Stoffe / Teilchen am Säulen-Material / am Gel-Bildner / an den Papier-Fasern adsorbiert (angelagert / temporär gebunden), dann wandern diese langsamer als solche, die nicht adsorbiert wurden

beide Effekte laufen gleichzeitig ab; die jeweilige Trennungs-Geschwindigkeit bzw. Reihenfolge ist immer vom konkreten Säulen- / Gel- / Papier-Material und vom Lösungsmittel (Lauf-Mittel) abhängig



es bilden sich dynamische Gleichgewichte zwischen Wanderung mit dem Lauf-Mittel und der Rückwanderung (z.B. durch die Erdanziehungs-Kraft) und der Adsorption und der Desorption des Stoffes am Säulen-Material

praktisch kann es deshalb passieren, dass bei bestimmten Kombinationen von Säulen-Material und Lauf-Mittel ein großer Stoff schneller / höher wandert als ein kleiner, der ständig vom Träger-Material festgehalten (adsorbiert) wird

wichtige Verfahren:

- Säulen-Chromatographie
- Dünnschicht-Chromatographie
- Gas-Chromatographie

-
- Gel-Chromatographie

im Labor und in der Produktion gibt es sehr vielgestaltige, feine und leistungsfähige Chromatographie-Systeme

ist eine eigene kleine "Wissenschaft", viel Erfahrung und Intuition notwendig, Empirismus führt nur sehr schleppend zum Ziel der Trennung von zwei oder mehr Stoffen

Experiment für Zuhause I

Materialien / Geräte:

Gemüse-Glas mit Deckel; Filterpapier (ersatzweise einfaches Schreibpapier); wasserlösliche Filzstifte (non-permanent); Blumendraht od.ä. (kann bei einem dickbauchigen, hohen Glas ev. entfallen!)

Durchführung / Ablauf:

- aus dem Papier 2 cm breite Streifen schneiden (die Länge muss größer sein, als die Höhe des Glases)
- 2 cm von unten einen Bleistift-Strich ziehen und oben mit Bleistift die Farbe des Filzstiftes notieren, ein- bis mehrere Male den Filzstift zum Übermalen (nicht zu dick!) des Bleistift-Striches benutzen (ev. immer kurz abtrocknen lassen)
- in das Glas 1 cm Wasser füllen und die Papierstreifen mit der farbigen Seite so aufhängen (z.B. über Blumendraht oder Glas-Rand), dass nur der untere Teil des Streifens gerade so im Wasser eintaucht (nicht der Filzstift-Strich!)
- Glas mit Deckel locker abdecken; einige Zeit (10 – 30 min) warten

Zusatzuntersuchung:

- statt Wasser kann in einem zweiten Versuch auch ein Wasser-Brennspiritus-Gemisch verwendet werden, dann kann man auch mit wasserunlöslichen (permanent) Filzstiften (Folienschreibern) experimentieren

Vorsicht! Brennspiritus ist Feuergefährlich!

Experiment für Zuhause II

Materialien / Geräte:

Becherglas; 2 Blätter rundes Filterpapier; wasserlösliche Filzstifte (non-permanent); Wasser; Bleistift; Schere

Durchführung / Ablauf:

- bei einem Filterpapier in der Mitte ein kleines Kreuz schneiden
- mit dem/den Filzstift(en) einen Kreis ungefähr 1 cm vom Mittelpunkt entfernt zeichnen (ev. auch noch ein 2. Mal wiederholen, wenn das 1. Zeichnen getrocknet ist); ev. die Proben mit Bleistift beschriften
- das 2. Filterblatt zu einer dünnen Rolle aufrollen und durch das eingeschnittene Kreuz stecken
- Becherglas halb mit Wasser füllen
- Filterpapier auf das Becherglas legen und ev. die Rolle etwas weiter reindrücken, so dass die Rolle in das Wasser eintaucht
- einige Zeit (5 – 10 min) warten; wenn die Farbe bis zur Hälfte des Blattes gewandert ist, kann abgebrochen werden (die Farbe wandert noch ein bisschen)
- Filterpapier ohne die Rolle zum Trocknen aufhängen

Zusatzuntersuchung:

- statt Wasser kann in einem zweiten Versuch auch ein Wasser-Brennspiritus-Gemisch verwendet werden, dann kann man auch mit wasserunlöslichen (permanent) Filzstiften (Folienschreibern) experimentieren

Vorsicht! Brennspiritus ist Feuergefährlich!

3.2.8. Kombination aus Trenn- und Misch-Verfahren

Definition(en):

Literatur und Quellen:

- /1/ WÜNSCH, Prof. Dr. Karl-Heinz; MIETCHEN, Doz. Dr. Ralf; EHLERS, Dr. Dieter:
Organische Chemie – Grundkurs.- Berlin: Dt. Verl. d. Wissenschaften; 1986; 5. bericht.
Aufl.
ISSN 0233-0806
- /2/ FITTKAU, Dr. Siegfried:
Organische Chemie.-Jena: G. Fischer Verl.; 1984; 5., überarb. Aufl.
- /3/ BOTSCH, Walter; HÖFLING, Erich; MAUCH, Jürgen:
Chemie ind Versuch, Theorie und Übung.- Frankfurt am Main: Verl. M. Diesterweg;
Aarau, Frankfurt am Main, Salzburg: Verl. Sauerländer; 1984; 2., neubearb. Aufl.
ISBN 3-425-95421-0
ISBN 3-7941-2522-3
- /4/ HÄUSLER, Karl:
Chemie kompakt – Formeln, Regeln, Gesetze.-München: R. Oldenburg Verl.; 1994; 1.
Aufl.
ISBN 3-486-88567-7
- /5/ SCHLEIP, Alfred; KÖHLER, Georg:
Fundamentum CHEMIE – Sekundarstufe I – Lehr- und Arbeitsbuch.-Bonn: Ferd.
Dümmlers Verl.; 1994
ISBN 3-427-43101-0
- /6/ LÜTHJE – GALL - REUBER:
Verf.: THOMAS, Dr. Wolfgang; QUANTE, Marion; QUANTE, Uwe; HEFELE, Gerd:
Lehrbuch der Chemie – Organische Chemie.-Frankfurt am Main: Verl. M. Diesterweg;
1983
ISBN 3-425-050496-6
- /7/ WHITE, Emil H.:
Grundlagen der Chemie für Biologen und Mediziner.-Stuttgart: Kosmos – Gesell. d.
Naturfreunde; Franckh'sche Verlagshandlung; 1973.- 3. verbesserte Aufl.
ISBN 3-440-03981-1
- /8/ Chemie – Lehrbuch für Klasse 9
(TEICHMANN, Jochen; OBST, Heinz; ARNDT, Barbara); Hrsg.: TEICHMANN;
Berlin: Volk u. Wissen Verl.; 1980; 11. Aufl.
- /9/ Chemie – Lehrbuch für Klasse 8
(ARNDT, Barbara; LANGE, Peter; OBST, Heinz; TEICHMANN, Jochen);
Berlin: Volk u. Wissen Verl.; 1985; 6. Aufl.
- /10/ Organische Chemie – Lehrbuch für die Oberschule 9. und 10. Klasse
(HRADETZKY, Albert; WOLFFGRAMM, Horst; RENNEBERG, Werner);
Berlin: Volk u. Wissen Verl.; 1967
- /11/ Schüler-DUDEN: Die Chemie
Mannheim: Bibliogr. Inst. & F. A. Brockhaus; überarb. Aufl.
ISBN

-
- /12/ HAFNER, Lutz:
Biochemie – Materialien für den Sekundarbereich II – Chemie.-Hannover: Schroedel
Schulbuchverl.; 1993
ISBN 3-507-10604-3
- /13/ HAFNER, Lutz:
Einführung in die Organische Chemie – Unter besonderer Berücksichtigung der Bio-
chemie – Materialien für den Sekundarbereich II – Chemie.-Hannover: Schroedel
Schulbuchverl.; 1976; 2. Aufl.
ISBN 3-507-10600-0
- /14/ OEHMICHEN, Jobst:
Chemie für Landwirte.-Alfeld-Hannover: Verl. M. & H. Schaper; 1989.-2. überarb. u.
erw. Aufl.
ISBN 3-7944-0147-6
- /15/ ANDERS, A.; DEIBNER, H.; PAAR, F.; SCHWARZER, J.; SINDEL, G.:
Chemie – Fachschule Technik.-Troisdorf: Bildungsverl. EINS (Stam); 1994.-2. Aufl.
ISBN 3-8237-0039-1
- /16/ HACKL, Manfred; VOLKMANN, Hans; ...:
Chemie für Fachoberschulen – Ausgabe B.-Stuttgart, Dresden: Klett Verl. f. Wissen u.
Bildung; 1993.-1. Aufl.
ISBN 3-12-804300-0
- /17/ JÄCKL, Manfred; RISCH, Karl (Hrsg.):
Chemie heute – Sekundarbereich II.-Hannover: Schroedel Schulbuchverl.; 1991
ISBN 3-507-10618-3
- /18/ HABERDITZL, W.:
Bausteine der Materie und chemische Bindung.-Berlin: Verl. d. Wiss.; 1972.-Studien-
bücherei "Ausgewählte Lernabschnitte der Chemie"
- /19/ BLASCHETTE, Armand:
Allgemeine Chemie II – Chemische Reaktionen.- Heidelberg, Wiesbaden: Quelle &
Meyer; 1993.-3. durchges. Aufl.
ISBN 3-494-02195-3 (UTB: 3-8252-1713-2)
- /20/ LATSCHA, Hans Peter; MUTZ, Martin:
Chemie der Elemente – Chemie-Basiswissen IV.-Berlin, Heidelberg, Dordrecht, Lon-
don, New York: Springer Verl.; 2011
ISBN 978-3-642-16914-4
- /21/ KIRSCH, Wolfgang; MANGOLD, Marietta; SCHLACHTER, Brigitte; TSCHIEDEL, Mar-
tina:
Abitur clever vorbereitet – Chemie.-Potsdam: Tandem Verl. / BSV.-Schülerhilfe
ISBN 978-3-8427-0361-2
- /22/ GROßMANN, Gisbert; FABIAN, Jürgen; KAMMER, Hans-Werner:
Struktur und Bindung – Atome und Moleküle.-Leipzig: Dt. Verl f. Grundstoffindustrie;
1973.-1. Aufl.
Lehrwerk Chemie Bd. 1

/2/ :

ISBN 978-3-

/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:

// lern-soft-projekt: drews (c,p) 2006 – 2026 lsp: dre

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)

⌘-	(c,p)1998 - 2026 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	-⌘