

**Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft**

Hohenzollernstraße 60, 66117 Saarbrücken

Postfach 10 24 52, 66024 Saarbrücken

Telefon (0681) 501-7361/- 7213, Telefax (0681) 501-7550

E-Mail: [presse@bildung.saarland.de](mailto:presse@bildung.saarland.de)

[www.bildung.saarland.de](http://www.bildung.saarland.de)

Saarland

Ministerium für Bildung,  
Kultur und Wissenschaft

Saarbrücken 2005

**Achtjähriges Gymnasium**

**Lehrplan für das Fach Chemie**

**Klassenstufe 9**

Die Lehrpläne werden für jedes Fach in einem Band mit einem jahrgangsübergreifenden und einem jahrgangsbezogenen Teil zusammengefasst.

Der jahrgangsübergreifende Teil enthält eine Beschreibung der zentralen Inhalte und Ziele des Faches, Anmerkungen zum Umgang mit den Lehrplänen sowie einen Stoffverteilungsplan für alle Klassen- bzw. Jahrgangsstufen, in denen das Fach unterrichtet wird.

Der jahrgangsbezogene Teil enthält die bisher fertiggestellten Jahrgangsteilpläne und wird Zug um Zug vervollständigt.



Mit dem Schuljahr 2001/2002 hat das Saarland als erstes westliches Bundesland das achtjährige Gymnasium eingeführt.

Die Landesregierung hat dieses "Projekt der Zukunft" auf den Weg gebracht, um unseren Schülerinnen und Schülern im internationalen Wettbewerb eine bessere berufliche und persönliche Perspektive zu geben.

Von Anfang an war klar: Mit den Lehrplänen des neunjährigen Gymnasiums kann das achtjährige Gymnasium nicht arbeiten. Deshalb wurden die Lehrpläne gründlich überarbeitet und konzentriert.

Es bleibt also zukünftig trotz Schulzeitverkürzung mehr Zeit für das Wesentliche.

Ich bin sicher: Die Qualität des Unterrichts wird durch die neuen Lehrpläne gesteigert.

Jürgen Schreier  
Minister für Bildung, Kultur und Wissenschaft

# ZUM UMGANG MIT DEN LEHRPLÄNEN

## 1. Aufbau des Lehrplanes

Der Lehrplan besteht aus einem allgemeinen, jahrgangsübergreifenden sowie einem jahrgangsbezogenen Teil und umfasst in seiner endgültigen Form alle Klassen- und Jahrgangsstufen, in denen ein Fach am Gymnasium unterrichtet wird.

In dem **jahrgangsübergreifenden Teil** werden - ehe detaillierte Aussagen zum Stoff einzelner Jahrgangsstufen gemacht werden - zunächst die für alle Fächer geltenden grundlegenden Aufgaben und Ziele des Gymnasiums definiert. Diese allgemeine Zielsetzung, die sich in der Trias von Allgemeinbildung, Wissenschaftspropädeutik und Studierfähigkeit zusammenfassen lässt, ist die Grundlage der Lehrpläne und damit auch des Unterrichts der einzelnen Fächer. Ausgehend davon wird im nächsten Schritt definiert, welchen Beitrag das jeweilige Fach zum Erreichen der allgemeinen Ziele des Gymnasiums leistet. Mit dieser Struktur soll erreicht werden, dass sich die Benutzer der Lehrpläne immer wieder bewusst werden, worin die zentralen Kenntnisse und Fertigkeiten bestehen, die in einem Fach erworben werden sollen, und dass diese immer wieder geübt und wiederholt werden müssen. Es soll damit auch verhindert werden, dass durch eine zu starke Konzentration auf Detailwissen die zentralen Inhalte zu wenig Beachtung finden. Der jahrgangsübergreifende Teil der Lehrpläne enthält darüber hinaus eine Übersicht über die Verteilung der Themenbereiche auf die einzelnen Klassen- und Jahrgangsstufen.

Im **jahrgangsbezogenen Teil** der Lehrpläne sind die Lehrpläne der einzelnen Jahrgangsstufen im Wesentlichen in tabellarischer Form gestaltet und haben zumeist ein zweiseitiges Layout:

**In der linken Spalte sind die verbindlichen Lerninhalte aufgeführt.**

**In der rechten Spalte stehen Vorschläge und Hinweise, die empfehlenden Charakter haben.**

Ergänzend enthält der jahrgangsbezogene Teil des Lehrplanes auch Vorschläge für fakultative Inhalte, Hinweise zu fachübergreifendem Lernen und zum Medieneinsatz.

## 2. Verbindliche Inhalte und pädagogische Freiräume

Lehrpläne stehen stets im Spannungsverhältnis zwischen notwendigen Festlegungen und ebenso notwendigen pädagogischen Freiräumen: Einerseits ist es im Hinblick auf die Zielsetzung des Gymnasiums und die Vergleichbarkeit der Anforderungen sowie auf die Abiturprüfung unabdingbar, verbindliche Ziele und Inhalte zu formulieren, so dass Lehrpläne naturgemäß prüfungsrelevante Aspekte betonen. Zum anderen muss es im Unterricht des Gymnasiums aber auch Freiräume geben, die von den Lehrerinnen und Lehrern in eigener pädagogischer Verantwortung gestaltet werden können.

Aus diesem Grund wurden die verbindlichen Lerninhalte auf die zentralen, unverzichtbaren Inhalte beschränkt. Außerdem wurden nicht alle, sondern nur ein Teil der im Laufe eines Schuljahres zur Verfügung stehenden Unterrichtsstunden in den Lehrplänen verbindlich verplant: Grundsätzlich wurden pro Jahreswochenstunde, mit der ein Fach in der Stundentafel vorgesehen ist, 20 Unterrichtsstunden zur Durchnahme verbindlicher Lerninhalte veranschlagt, wobei die für die einzelnen Themengebiete angegebenen Stundenansätze auch als Maß für die Intensität der Behandlung dieser Lerninhalte zu verstehen sind. Bei einem Fach, das mit zwei Stunden in der Stundentafel vorgesehen ist, sind also grundsätzlich 40 Unterrichtsstunden für die Behandlung der verbindlichen Inhalte vorgesehen, bei einem fünfständigen Fach 100 Unterrichtsstunden. Damit verbleibt eine je nach Dauer des Schuljahres unterschiedlich große, insgesamt aber doch recht beachtliche Zahl von Unterrichtsstunden, für die im Lehrplan keine verbindlichen Inhalte vorgegeben sind.

Es liegt in der Verantwortung der Lehrerinnen und Lehrer, diesen zeitlichen Freiraum pädagogisch sinnvoll zu gestalten.

Er kann vor allem genutzt werden für

- regelmäßige Stoffauffrischungen, Wiederholungen und vertiefendes Üben, insbesondere im Hinblick auf die zentralen Ziele und Inhalte des Fachs,
- die eingehende Besprechung von Hausaufgaben und Schülerarbeiten,
- die Förderung der mündlichen Darstellungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler etwa bei Referaten und bei der Präsentation von Hausaufgaben,
- die Durchnahme zusätzlicher, fakultativer Lerninhalte (Vorschläge dazu finden sich in den jahrgangsbezogenen Teilen des Lehrplanes),
- fächerverbindendes Arbeiten,
- Projektarbeit,
- das Einbeziehen Neuer Medien in den Unterricht (z.B. Textverarbeitung am PC, Internet-Recherche, Präsentationsprogramme, Lernsoftware).

### **3. Zeichenerläuterung**

- @ Symbol für die Möglichkeit des Einsatzes von Computern und Neuen Medien
- 2 Symbol für die Möglichkeit der Zusammenarbeit mit anderen Fächern
- è Symbol für Querverweise zu Lernbereichen, die bereits behandelt sind oder noch anstehen

### **Vorbemerkung:**

Im sprachlichen Zweig der Klassenstufe 9 lernt der Schüler ausgewählte Stoffe kennen und fasst diese auf Grund ihrer Eigenschaften sinnvoll zu Stoffgruppen zusammen. Er wird mit der chemischen Symbolik vertraut, erlernt den sicheren Umgang mit der chemischen Formelsprache, übt das Formulieren von Reaktionsgleichungen und erkennt erste, daraus resultierende quantitative Beziehungen.

Die letztgenannten Themen wurden im mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig bereits in der Klassenstufe 8 unterrichtet. Sie werden in der Klassenstufe 9 an weiteren Beispielen vertieft und gefestigt. Ein Unterrichtsschwerpunkt liegt in diesem Zweig auch in der Erweiterung der Stoffkenntnisse: Wichtige anorganische Säuren und ihre Salze werden vorgestellt. Dabei ist der Unterricht so zu gestalten, dass der Schüler deutliche Beziehungen zwischen Chemie und Alltagserfahrungen erkennt und für Umweltprobleme sensibilisiert wird.

Einen weiteren Unterrichtsschwerpunkt sowohl im sprachlichen als auch im naturwissenschaftlichen Zweig bilden die Themen „Atombau“ und „Chemische Bindung“. Das Thema „Atombau“ wird in dieser Klassenstufe von den Fächern Chemie und Physik fächerübergreifend behandelt, wobei die Chemie den Schwerpunkt auf die Atomhülle, die Physik auf den Atomkern legt.

Die im Lehrplan angegebenen Inhalte sind für die betreffende Klassenstufe verbindlich. Die Reihenfolge der angegebenen Inhalte kann als Vorschlag verstanden werden; sie ist nicht verbindlich.

Chemie Klassenstufe 9; sprachlicher Zweig		
Thema 7: Quantitative Betrachtungen von Stoffen und Reaktionen		8 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise	
<p><b>7.1 Elementsymbol, Formel, Wertigkeit, chemische Gleichung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementsymbol, Verhältnisformel, Molekülformel</li> <li>• Wertigkeit der Elemente</li> <li>• Aufstellen von einfachen Formeln mit Hilfe der Wertigkeit</li> <li>• Reaktionsgleichungen</li> </ul> <p><b>Chemische Fachbegriffe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Molekülformel</li> <li>• Reaktionsgleichung</li> <li>• Wertigkeit</li> </ul>	<p><b>Mögliches Experiment:</b> Bestimmung der Molekülformel von Wasser durch Vergleich der Gasvolumina von Sauerstoff und Wasserstoff mit dem Gasvolumen des daraus gebildeten Wasserdampfes (Versuch nach ZITT oder mit beheizbarem Eudiometer)</p> <p>Verhältnis- und Molekülformel an den Beispielen Wasser und Wasserstoffperoxid</p> <p>Hinweise auf Stoffe mit Gitterstruktur</p> <p>Hinweis auf den Zusammenhang zwischen der Flüchtigkeit einer Verbindung, ihrer Struktur und der zugehörigen Formelaussage</p> <p><b>Umschreibung:</b> Die Wertigkeit gibt an, wieviele Wasserstoff-Atome ein Atom des betreffenden Elements binden oder in einer Verbindung ersetzen kann.</p> <p>Es bietet sich an, positive und negative Wertigkeit zu unterscheiden.</p> <p>Reaktionsgleichungen der Wassersynthese und anderer einfacher Reaktionen: Verfahrensschritte: 1) Aufstellen des Reaktionsschemas („Stoffgleichung“) 2) Einsetzen der korrekten Formeln 3) Einsetzen der Koeffizienten</p>	

Chemie Klassenstufe 9; sprachlicher Zweig	
Thema 7: Quantitative Betrachtungen von Stoffen und Reaktionen	8 Stunden
verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise
<p><b>7.2 Die Stoffmenge (n)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Stoffmenge (n) und ihre Einheit Mol</li> <li>Molare Masse (M) und ihre Einheit</li> <li>Molares Volumen (<math>V_m</math>) und seine Einheit</li> <li>Stöchiometrisches Rechnen an einfachen Beispielen</li> </ul> <p><b>Chemische Fachbegriffe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>AVOGADRO-Konstante</li> <li>Normbedingungen</li> </ul>	<p><b>Umschreibung:</b> Ein Mol (mol) ist die Stoffmenge einer Stoffportion, die <math>6 \cdot 10^{23}</math> gleichartige Teilchen enthält.</p> <p>Zusammenhang zwischen der Stoffmenge (n) und der Teilchenanzahl (N)</p> $N = N_A \cdot n; \quad N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ <p>Die molare Masse als stoffspezifische Größe</p> <p><b>Definitionsvorschlag:</b> Die molare Masse (M) eines Stoffes ist der Quotient aus der Masse (m) und der Stoffmenge (n) einer Stoffportion dieses Stoffes.</p> $M = m \cdot n^{-1}; \quad \text{Einheit: g} \cdot \text{mol}^{-1}$ <p><b>Definitionsvorschlag:</b> Das molare Volumen (<math>V_m</math>) ist der Quotient aus dem Volumen (V) und der Stoffmenge (n) eines Gases.</p> $V_m = V \cdot n^{-1}; \quad \text{Einheit: l} \cdot \text{mol}^{-1}$ <p>Bei Normbedingungen (<math>0^\circ\text{C}</math>, 1013 hPa) ist das molare Volumen: <math>V_m = 22,4 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}</math> (bei Zimmertemperatur: <math>V_m \approx 24 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}</math>)</p> <p>Mit Hilfe des molaren Volumens (<math>V_m</math>) und der Dichte (<math>\rho</math>) eines unbekanntes Gases lässt sich die molare Masse (M) und damit die Teilchenmasse des Gases ermitteln. Dies ermöglicht häufig Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Gasteilchen.</p> $\rho = m \cdot V^{-1} = M \cdot V_m^{-1} \rightarrow M = \rho \cdot V_m$ <p>Stöchiometrisches Rechnen soll im Mittelstufenunterricht immer wieder geübt werden.</p>

Chemie Klassenstufe 9; sprachlicher Zweig	
Thema 8: Elementgruppen des Periodensystems	14 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise
<p><b>8.1 Halogene, Halogenwasserstoffe, Halogenwasserstoffsäuren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Element Chlor <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften</li> </ul> </li> <li>• Verwendung</li> <li>• Chlorwasserstoff <ul style="list-style-type: none"> <li>• Synthese aus den Elementen</li> <li>• Formel</li> <li>• Eigenschaften</li> </ul> </li> <li>• Salzsäure <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formel</li> <li>• Eigenschaften</li> <li>• Verwendung</li> </ul> </li> <li>• Elementgruppe Halogene <ul style="list-style-type: none"> <li>• Namen und Symbole</li> <li>• Eigenschaften</li> </ul> </li> <li>• Halogenwasserstoffe <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formeln</li> <li>• Eigenschaften</li> <li>• formaler Aufbau von Säuren</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Chemische Fachbegriffe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Säure</li> <li>• Säurerest</li> <li>• Säurewasserstoff</li> </ul>	<p><b>Hinweis zu Experimenten:</b> Experimente mit Chlor sind unter dem Abzug oder in geschlossenen Apparaturen durchzuführen!</p> <p>Auf die Gefahr der Chlor Entwicklung beim Einsatz bestimmter Haushalts- und Sanitärreiniger (auch durch Reaktion miteinander) ist hinzuweisen!</p> <p>Berechnung der molaren Masse von Chlor (und von Chlorwasserstoff) mit Hilfe der Dichte. Ermittlung der Formeln über die molare Masse</p> <p><b>Mögliche Experimente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbrennen von Wasserstoff in einer Chlor-Atmosphäre</li> <li>• „Springbrunnenversuch“ mit Chlorwasserstoff</li> </ul> <p>Hinweis auf die ätzende bzw. reizende Wirkung und die Giftigkeit;</p> <p>2 (Biologie): Verdauung</p> <p>Die Reaktionen von Salzsäure mit Metallen bzw. mit Kalk sollen erst nach der Einführung des Salz- begriffs als Gleichungen formuliert werden.</p> <p>Übersichtstabelle der Halogene und ihrer Eigen- schaften</p> <p>Informationen über den Begriff MAK-Wert und ü- ber Konzentrationsangaben im Bereich des Ar- beits- und Umweltschutzes</p> <p>„Säurewasserstoff“ als charakteristisches Merkmal der Säuren</p> <p><b>Medienhinweis:</b> „Halogene“, (VHS-Video, FWU 4201199)</p>

Chemie Klassenstufe 9; sprachlicher Zweig	
Thema 8: Elementgruppen des Periodensystems	14 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise
<p><b>8.2 Alkali- und Erdalkalimetalle, Hydroxide und Laugen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktionen der Alkalimetalle <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alkalioxide</li> <li>• Alkalihydroxide <ul style="list-style-type: none"> <li>• aus Alkalioxiden und Wasser</li> <li>• aus Alkalimetallen und Wasser</li> </ul> </li> <li>• Basecharakter der Alkalihydroxide</li> </ul> </li> <li>• Elementgruppe der Alkalimetalle <ul style="list-style-type: none"> <li>• Namen und Symbole</li> <li>• Eigenschaften</li> <li>• Flammenfärbung</li> </ul> </li> <li>• Elementgruppe der Erdalkalimetalle <ul style="list-style-type: none"> <li>• Namen und Symbole</li> <li>• Eigenschaften</li> <li>• Flammenfärbung</li> <li>• Bildung der Oxide und Hydroxide</li> <li>• Basecharakter der Hydroxide</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Chemische Fachbegriffe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Base, Lauge</li> <li>• basische / alkalische Lösung</li> <li>• Hydroxide, Hydroxidgruppe</li> <li>• Natronlauge, Kalilauge</li> <li>• Säure-Base-Indikator</li> </ul>	<p><b>Hinweis zu Experimenten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aus Sicherheitsgründen empfiehlt sich das Experimentieren mit Lithium und Natrium.</li> <li>• Die Reaktion von Natrium mit Wasser nur mit entrindetem Natrium durchführen!</li> <li>• Verminderung der Oberflächenspannung durch ein Tensid beim Arbeiten mit dem „Natriumlöffel“!</li> </ul> <p>Übersichtstabelle der Alkalimetalle und ihrer Eigenschaften</p> <p>Übersichtstabelle der Erdalkalimetalle und ihrer Eigenschaften</p> <p><b>Mögliche Experimente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flammenfärbungen</li> <li>• Projektionsversuche zum Vergleich der Reaktionen von Magnesium und Calcium mit Wasser</li> </ul> <p><b>Umschreibungen:</b> Basen sind Stoffe, deren Lösung alkalisch reagiert. Laugen sind wässrige Lösungen von Hydroxiden.</p> <p><b>Medienhinweis:</b> „Alkalimetalle“ (VHS-Video, FWU 4201198) „Erdalkalimetalle“ (VHS-Video, FWU 4201202)</p>

<p><b>8.3 Die Neutralisationsreaktion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildung von Natriumchlorid</li>   <li>• Reaktion von Alkali- und Erdalkalihydroxiden mit Halogenwasserstoff-Säuren</li>   <li>• Reaktionsgleichungen</li>   <li>• Zusammensetzung von Salzen</li>   <li>• Nomenklatur binärer Salze</li>   <p><b>Chemische Fachbegriffe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Halogenid, Fluorid, Chlorid, Bromid, Iodid</li> <li>• Neutralisation</li> <li>• Salz</li> </ul> </ul>	<p><b>Mögliche Experimente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gleiche Volumina gleich konzentrierter Salzsäure und Natronlauge werden gemischt; Bildung einer neutralen Lösung aus der sich „Salz“ auskristallisieren lässt.</li>   <li>• Projektionsversuch: Gesättigte Natronlauge wird mit konzentrierter Salzsäure vorsichtig überschichtet (Schutzbrille); Bildung von NaCl-Kristallen in der Grenzschicht.</li> </ul> <p><b>Umschreibung:</b> Unter einer Neutralisations-Reaktion versteht man die Reaktion einer Säure mit einer Lauge. Die Schüler sollen erkennen, dass bei einer Neutralisationsreaktion die Hydroxid-Gruppe mit dem Säurewasserstoff zu Wasser reagiert.</p> <p>Allgemeine Formulierung:  <math display="block">\text{Me}(\text{OH})_n + n \text{HX} \rightarrow \text{MeX}_n + n \text{H}_2\text{O}</math></p> <p>Hier genügt: Salze bestehen aus einer Metallkomponente (Baserest) und einem Säurerest.</p> <p>Zur Nomenklatur binärer Verbindungen siehe HOLLEMANN-WIBERG „Lehrbuch der anorganischen Chemie“ oder andere Lehrbücher.</p>
--	---

Chemie Klassenstufe 9; sprachlicher Zweig		
Thema 8: Elementgruppen des Periodensystems		14 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise	
<p><b>8.4 Halogenide</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wichtige Halogenide <ul style="list-style-type: none"> <li>Vorkommen</li> <li>Eigenschaften</li> <li>Verwendung</li> </ul> </li> <li>Nachweisreaktionen auf Halogenide</li> <li>Kennzeichen salzartiger Stoffe: <ul style="list-style-type: none"> <li>relativ hohe Schmelz- und Siedetemperaturen</li> <li>Sprödigkeit</li> <li>relativ große Härte</li> <li>häufig gute Wasserlöslichkeit</li> <li>elektrische Leitfähigkeit der wässrigen Lösungen</li> </ul> </li> <li>Salzbildungsmethoden <ul style="list-style-type: none"> <li>Neutralisation</li> <li>Metalloxid und Säure</li> <li>Metall und Säure</li> <li>Synthese aus den Elementen</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Chemischer Fachbegriff:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nachweisreaktion</li> </ul>	<p>Natriumchlorid:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gewürz und Konservierungsmittel</li> <li>Rohstoff zur Produktion wichtiger Chemikalien (Na, Cl<sub>2</sub>, NaOH, H<sub>2</sub>)</li> <li>Streusalz</li> </ul> <p>Kalium- und Magnesiumchlorid:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rohstoffe für die Düngemittelindustrie</li> </ul> <p>Auf die Entstehung von Salzlagerstätten und die Salzgewinnung kann eingegangen werden.</p> <p>Hier genügt es, wenn als Nachweismittel „lösliches Silbersalz“ genannt wird.</p> <p>Am Beispiel der Halogenide soll gezeigt werden, dass nicht nur Elemente, sondern auch Verbindungen auf Grund ähnlicher Eigenschaften zu Stoffgruppen zusammengefasst werden können.</p> <p><b>Mögliche Experimente:</b></p> <p>Bei der Salzbildung aus den Elementen bietet sich neben der Synthese von NaCl, MgI<sub>2</sub>, AlBr<sub>3</sub> auch die Synthese farbiger Halogenide wie FeCl<sub>3</sub> und CuCl<sub>2</sub> an.</p> <p>Weitere Salzbildungsmethoden können nach der Behandlung der Ionenlehre unter dem Begriff „Ionen austausch-Reaktionen“ betrachtet werden.</p>	

Chemie Klassenstufe 9; sprachlicher Zweig	
Thema 9: Ionen	9 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise
<p><b>9. Ionen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe der Elektrizitätslehre</li> </ul> <p>+</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutung des elektrischen Stroms als bewegte elektrische Ladungen</li> <li>• Elektronen als Träger negativer Ladung</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anziehung bzw. Abstoßung elektrisch geladener Körper</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische Leitfähigkeit von Säure-, Base- und Salzlösungen</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ionen und Ionenwanderung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ionen als Teilchen mit Elektronenüberschuß oder Elektronenmangel</li> </ul> </li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ionenbegriff</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ionenladung und Wertigkeit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung der Ionenladung und der Wertigkeit</li> <li>• die Ladung wichtiger Ionen</li> </ul> </li> </ul>	<p>2 (Physik): vgl. Lehrplan Physik Wdhg. der Grundbegriffe der Elektrizitätslehre</p> <p>„Wassermodell“ des elektrischen Stroms</p> <p>Auf die Portionierung der elektrischen Ladung soll hingewiesen werden.</p> <p><b>Mögliches Experiment:</b> Das Vorzeichen einer elektrischen Ladung lässt sich mit Hilfe einer Glimmlampe oder Leuchtdiode ermitteln.</p> <p><b>Mögliche Experimente:</b> Schülerversuche: Leitfähigkeitsuntersuchungen verschiedener Lösungen</p> <p><b>Mögliches Experiment:</b> Versuch zur Ionenwanderung mit einer ammoniakalischen Kupferchromat-Lösung im 3-Schenkel-Rohr; Aus dem sofortigen Stromfluss und der unterschiedlichen Wanderungsrichtung der Teilchen folgt, - dass es unterschiedlich geladene Teilchen gibt. - dass die Teilchen schon vor Anlegen der Spannung als geladene Teilchen in der Lösung vorliegen.</p> <p><b>Umschreibung:</b> Ionen sind elektrisch geladene Teilchen von Atom- oder Molekülgröße.</p> <p>Wdhg. Thema 7.1 „Wertigkeit“</p> <p>z.B.: Wasserstoff-, Alkali-, Erdalkali-, Säurerest- und Hydroxid-Ionen</p>

Chemie Klassenstufe 9; sprachlicher Zweig	
Thema 9: Ionen	9 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrolyse von Salz-Lösungen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrodenreaktionen</li> <li>• Gesamtreaktionen</li> </ul> </li>   <li>• Elektrische Leitfähigkeit von Salzschnmelzen, reinen Säuren und Säure-Lösungen</li>         <li>• Säure-Base-Definition nach ARRHENIUS</li>       <li>• Dissoziationsgleichungen und Reaktionsgleichungen in Ionenform</li> </ul> <p><b>Chemische Fachbegriffe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrode, Anode, Katode</li> <li>• Elektrolyt</li> <li>• Elementarladung</li> <li>• Ion, Anion, Kation</li> <li>• Ionenverbindung</li> <li>• Salz</li> <li>• Wasserstoff-Ion</li> </ul>	<p>Auch im Zusammenhang mit Kap. 10.2 („Ionenbildung und Ionenbindung“) können die Reaktionen an den Elektroden erarbeitet werden.</p> <p>Es sollen nur solche Elektrolysen behandelt werden, bei denen keine Zerlegung von Wasser erfolgt (z.B. <math>ZnI_2</math>, <math>CuCl_2</math>).</p> <p><b>Mögliche Experimente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrolyse einer Schmelze von <math>ZnCl_2</math> bzw. <math>LiCl</math> (als Ersatz für <math>PbCl_2</math>)</li> <li>• Leitfähigkeitsuntersuchung reiner Essigsäure und einer Essigsäurelösung</li> </ul> <p>Die Schüler sollen erkennen, dass Salze aus Ionen aufgebaut sind, während Säuren erst beim Lösen in Wasser Ionen bilden.</p> <p><b>Umschreibung:</b> Salze sind Verbindungen, die in der Regel aus Metall-Ionen und Säurerest-Ionen bestehen.</p> <p><b>Definitionsvorschläge:</b> Säuren sind Stoffe, die beim Lösen in Wasser in Wasserstoff- und Säurerest-Ionen dissoziieren.</p> <p>Basen sind Stoffe, die beim Lösen in Wasser in Metall- und Hydroxid-Ionen dissoziieren.</p>

**10.1 Vom Kern-Hülle-Modell zum Energie-stufen-Modell des Atoms**

- Kern-Hülle-Modell des Atoms
  - RUTHERFORD – Streuversuch
  - Größenverhältnisse und Ladungsverteilung im Atom
  
- Bausteine des Atoms
  - Elementarteilchen: Proton, Neutron, Elektron
  - Element, Isotop
  - Bezugsgröße <sup>12</sup>C (Atommasseneinheit 1u, Stoffmengeneinheit 1 mol)
  
- Energiestufen-Modell des Atoms
  - Ionisierungsenergie
  
- Schalenaufbau der Atomhülle
  
- Elektronenkonfiguration und chemische Eigenschaften
  - typischer Hauptgruppen-Metalle und typischer Nichtmetalle
  - Edelgaskonfiguration und Stabilität

**Chemische Fachbegriffe:**

- Atomkern, Atomhülle
- Edelgaskonfiguration
- Elektronenkonfiguration
- Elektronenoktett
- Energieniveau: K-, L-, M-...-Schale
- Ionisierungsenergie
- Mol
- Nuklid, Isotop, Nukleonenzahl
- Proton, Neutron, Nukleon
- Valenzelektron, Atomrumpf

**Definition:**

1 Mol ist die Stoffmenge eines Systems, die aus ebensoviel Teilchen besteht, wie Kohlenstoff-Atome im Kohlenstoff-Isotop <sup>12</sup>C enthalten sind. (Whdg. Thema 7.2: „Die Stoffmenge“)

$1 \text{ u} = 1/12 \text{ m } (^{12}\text{C} - \text{Atom})$

**Definitionsvorschlag:**

Unter Ionisierungsenergie versteht man die Energie, die notwendig ist, um ein Mol Elektronen aus der Hülle eines Mols Atomen (oder Ionen) zu entfernen (Einheit: kJ • mol<sup>-1</sup>).

Hier ist nur an die Gliederung der Atomhülle in K-, L-, M-,... - Schale gedacht.

Bereits hier können Beziehungen zwischen der Elektronenkonfiguration und der Stellung des Elementes im PSE aufgezeigt werden (siehe Thema 12: „PSE“).

Chemie Klassenstufe 9; sprachlicher Zweig	
Thema 10: Bau der Materie	9 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise
<p><b>10.2 Ionenbildung und Ionenbindung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ionenbildung aus Atomen</li> <li>• Regel von KOSSEL</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bindekräfte zwischen Ionen</li> <li>• Ausbildung von Ionengittern</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ionengitter und Salz-Eigenschaften</li> </ul> <p><b>Chemische Fachbegriffe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrostatische Kräfte</li> <li>• Ionengitter</li> </ul>	<p>Als Regel von KOSSEL genügt hier:          Atome bilden Ionen, um so den Zustand der energiearmen Edelgaskonfiguration zu erreichen.          Damit ergibt sich auch eine erste, vorläufige Begründung der Wertigkeiten der Hauptgruppen-Elemente.</p> <p>elektrostatische Kräfte</p> <p><b>Medienhinweis:</b>          Die Verwendung von Gittermodellen wird empfohlen.          Die Schüler sollen wissen, dass die Begriffe „Ionenverbindung“ und „salzartiger Stoff“ Synonyme sind.</p> <p>Struktur-Eigenschaftsbeziehungen</p> <p>Folgende Eigenschaftskombination soll als typisch für Salze herausgearbeitet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kristalliner Bau</li> <li>- Sprödigkeit</li> <li>- hohe Schmelz- und Siedetemperatur</li> <li>- häufig gute Wasserlöslichkeit</li> <li>- elektrische Leitfähigkeit von Schmelzen und wässrigen Lösungen</li> </ul> <p>Wurden in Thema. 9 („Ionen“) die Elektroden-Reaktionen einfacher Elektrolysen nicht behandelt, können sie hier besprochen werden.</p> <p>Gegebenenfalls kann auf die Metallbindung eingegangen werden</p>

Chemie Klassenstufe 9; sprachlicher Zweig	
Thema 10: Bau der Materie	9 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise
<p><b>10.3 Atombindung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atombindung als Bindung durch gemeinsame Elektronenpaare</li> <li>• Elektronen- und Valenzstrichformel</li> <li>• Regel von LEWIS</li> <li>• unpolare und polare Atombindungen</li> <li>• Dipol-Moleküle <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorwasserstoff</li> <li>• Wasser</li> </ul> </li> <li>• Wasser als Lösemittel</li> </ul> <p><b>Chemische Fachbegriffe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atombindung</li> <li>• bindende, nichtbindende Elektronenpaare</li> <li>• Dipol</li> <li>• Einfach-, Doppel-, Dreifachbindung</li> </ul>	<p>Der Bereich der gemeinsam genutzten Elektronenpaare kann als Bereich erhöhter negativer Ladung betrachtet werden. Diese Ladungswolke und die benachbarten Kerne ziehen sich gegenseitig an. Die Schüler sollen erkennen, dass der Zusammenhalt der Teilchen auch hier durch elektrostatische Kräfte erfolgt.</p> <p>Es ist darauf zu achten, dass die Valenzstrich-Schreibweise nur bei Atombindungen angewandt wird. Auf den Unterschied zwischen Verhältnisformel und Molekülformel soll nochmals eingegangen werden (Wdhg. Thema 7.1).</p> <p>Hier genügt: In Molekülverbindungen ist jeder Atomrumpf in der Regel von 8 bindenden und nichtbindenden Elektronen umgeben.</p> <p>Die Schüler sollen wissen, dass Fluor-, Chlor-, Sauerstoff- und Stickstoff-Atome Bindungselektronen stark anziehen, so dass häufig polare Bindungen entstehen.</p> <p><b>Mögliches Experiment:</b> Ablenkung eines feinen Wasserstrahls mit Hilfe eines elektrisch geladenen Kunststoff-Stabes.</p> <p>Der Dipolcharakter des Wassers und die daraus resultierende Fähigkeit polare Stoffe zu umhüllen, liefert den Schülern eine einleuchtende Begründung für die Löslichkeit polarer Stoffe in Wasser.</p> <p>Steht genügend Zeit zur Verfügung, so kann hier auf zwischenmolekulare Kräfte eingegangen werden.</p>

Verbindliche Inhalte

Vorschläge und Hinweise

9.1 Die Neutralisationsreaktion

- Bildung von Natriumchlorid
  
- Reaktion von Alkali- und Erdalkalihydroxiden mit Halogenwasserstoffsäuren
  
- Reaktionsgleichungen
  
- Zusammensetzung von Salzen
  
- Nomenklatur binärer Salze

**Chemische Fachbegriffe:**

- Halogenid, Fluorid, Chlorid, Bromid, Iodid
- Neutralisation
- Salz

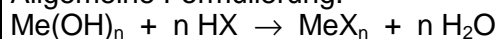
**Mögliche Experimente:**

- Gleiche Volumina gleich konzentrierter Salzsäure und Natronlauge werden gemischt; Bildung einer neutralen Lösung aus der sich „Salz“ auskristallisieren lässt.
  
- Projektionsversuch:  
Gesättigte Natronlauge wird mit konzentrierter Salzsäure vorsichtig überschichtet (Schutzbrille); Bildung von NaCl-Kristallen in der Grenzschicht.

**Umschreibung:**

Unter einer Neutralisations-Reaktion versteht man die Reaktion einer Säure mit einer Lauge. Die Schüler sollen erkennen, dass bei einer Neutralisationsreaktion die Hydroxid-Gruppe mit dem Säurewasserstoff zu Wasser reagiert.

Allgemeine Formulierung:



Hier genügt: Salze bestehen aus einer Metallkomponente (Baserest) und einem Säurerest.

Zur Nomenklatur binärer Verbindungen siehe HOLLEMANN-WIBERG „Lehrbuch der anorganischen Chemie“ oder andere Lehrbücher

<p><b>9.2 Halogenide</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Wichtige Halogenide<ul style="list-style-type: none"><li>• Vorkommen</li><li>• Eigenschaften</li><li>• Verwendung</li></ul></li> <li>• Nachweisreaktionen auf Halogenide</li> <li>• Kennzeichen salzartiger Stoffe:<ul style="list-style-type: none"><li>• relativ hohe Schmelz- und Siedetemperaturen</li><li>• Sprödigkeit</li><li>• relativ große Härte</li><li>• häufig gute Wasserlöslichkeit</li><li>• elektrische Leitfähigkeit der wässrigen Lösungen</li></ul></li> <li>• Salzbildungsmethoden<ul style="list-style-type: none"><li>• Neutralisation</li><li>• Metalloxid und Säure</li><li>• Metall und Säure</li><li>• Synthese aus den Elementen</li></ul></li></ul>	<p>Natriumchlorid: - Gewürz und Konservierungsmittel - Rohstoff zur Produktion wichtiger Chemikalien (Na, Cl<sub>2</sub>, NaOH, H<sub>2</sub>) - Streusalz</p> <p>Kalium- und Magnesiumchlorid - Rohstoffe für die Düngemittelindustrie</p> <p>Auf die Entstehung von Salzlagerstätten und die Salzgewinnung kann eingegangen werden.</p> <p>Hier genügt es, wenn als Nachweismittel „lösliches Silbersalz“ genannt wird.</p> <p>Am Beispiel der Halogenide soll gezeigt werden, dass nicht nur Elemente, sondern auch Verbindungen auf Grund ähnlicher Eigenschaften zu Stoffgruppen zusammengefasst werden können.</p> <p><b>Mögliche Experimente:</b> Bei der Salzbildung aus den Elementen bietet sich neben der Synthese von NaCl, MgI<sub>2</sub>, AlBr<sub>3</sub> auch die Synthese farbiger Halogenide wie FeCl<sub>3</sub> und CuCl<sub>2</sub> an. Weitere Salzbildungsmethoden können nach der Behandlung der Ionenlehre unter dem Begriff „Ionen-Austauschreaktionen“ betrachtet werden.</p>
<p><b>Chemischer Fachbegriff:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Nachweisreaktion</li></ul>	
<p><b>9.3 Halogenide im Alltag</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Kochsalz<ul style="list-style-type: none"><li>• geschichtliche Bedeutung</li><li>• physiologische Bedeutung</li><li>• Verwendung</li><li>• Entstehung und Vorkommen</li><li>• Gewinnung</li></ul></li></ul>	<p>Kochsalzbedarf des Menschen: etwa 2 bis 3 Gramm pro Tag. Kochsalz ist notwendig für die Funktion des Nervensystems und die Bildung von Magensäure. Es ist Inhaltsstoff in Blutersatz-Lösungen (physiologische Kochsalz-Lösung). Hinweis auf den Kochsalzgehalt in Fertignahrungsprodukten und die Gefahren durch erhöhte Salzzufuhr</p>

**Verbindliche Inhalte**

**Vorschläge und Hinweise**

- Halogenlampe
  - Wolfram-Ablagerungen in Glühlampen und Lichtausbeute
  - Wirkung des Iods in Halogenlampen
- Fotografischer Prozess
  - fotochemische Reaktion von Silberbromid
  - Vorgänge beim Belichten, Entwickeln und Fixieren
  - Herstellung von Positiv-Bildern

Auf die Formulierung von Reaktionsgleichungen soll verzichtet werden.

Die chemischen Prozesse beim Entwickeln und Fixieren sollen ohne Verwendung exakter Gleichungen dargestellt werden.

**Mögliche Experimente:**

Steht ein verdunkelbarer Raum zur Verfügung, so empfiehlt sich die Anfertigung von Fotogrammen.

**Chemischer Fachbegriff:**

- Fotochemische Reaktion

**Verbindliche Inhalte**

**Vorschläge und Hinweise**

**10.1 Gefriertemperatur-Erniedrigung bei wässrigen Lösungen**

- Gefriertemperatur-Erniedrigung (GTE)
  - Phänomen
  - modellhafte Begründung der GTE
  
- Bedeutung
  
- GTE und Teilchenkonzentration:
  - bei Nichtelektrolyten
  - bei Elektrolyten

- Dissoziation von Halogenwasserstoff-Säuren, Hydroxiden und Halogeniden

**Chemische Fachbegriffe:**

- Elektrolyte, Nichtelektrolyte
- Gefriertemperatur-Erniedrigung (GTE), bzw. Siedetemperatur-Erhöhung (STE), Osmose

Anstelle der Gefriertemperatur-Erniedrigung (GTE) kann auch die Siedetemperatur-Erhöhung (STE) bzw. die Osmose als Hinführung zur Ionenlehre eingesetzt werden.

Die GTE lässt sich mit der störenden Wirkung der gelösten Teilchen auf die Kristallisation des Lösemittels modellhaft erklären.

Wirkung von Streusalz und Gefrierschutzmitteln Herabsetzen der Gefriertemperatur von Körperflüssigkeiten

Mit Hilfe von GTE-Untersuchungen soll gezeigt werden, dass Elektrolyt-Lösungen mehr gelöste Teilchen enthalten als gleich konzentrierte Nichtelektrolyt-Lösungen.

**Mögliche Experimente:**

Die Gefriertemperaturen von Wasser und wässrigen Lösungen (Zucker-, Harnstoff- oder Salz-Lösungen) werden unter Verwendung einer Kältemischung bestimmt.

Die Gefriertemperatur lässt sich am besten durch die Aufnahme einer Temperatur-Zeit-Kurve (Abkühlungskurve) ermitteln, wobei die Lösung gleichmäßig gerührt wird.

Die Versuche können als Schülerversuche durchgeführt werden.

Das Auftreten geladener Teilchen soll erst im Zusammenhang mit der elektrischen Leitfähigkeit von Elektrolyt-Lösungen erarbeitet werden.

Da sich z.B. in einer Natriumchlorid-Lösung keine Hinweise auf elementares Chlor und elementares Natrium ergeben, müssen hier besondere Natrium- und Chlorteilchen vorliegen.

**10.2 Ionen**

- Grundbegriffe der Elektrizitätslehre
  - Deutung des elektrischen Stroms als bewegte elektrische Ladungen
  - Elektronen als Träger negativer Ladung
  - Anziehung bzw. Abstoßung elektrisch geladener Körper
  
- Elektrische Leitfähigkeit von Säure-, Base- und Salzlösungen
  
- Ionen und Ionenwanderung
  - Ionen als Teilchen mit Elektronenüberschuß oder Elektronenmangel
  
- Ionenbegriff
  
- Ionenladung und Wertigkeit
  - Ermittlung der Ionenladung und der Wertigkeit
  - Ladung wichtiger Ionen

2 (Physik): vgl. Lehrplan Physik  
Wdhg. der Grundbegriffe der Elektrizitätslehre

„Wassermodell“ des elektrischen Stroms

Auf die Portionierung der elektrischen Ladung soll hingewiesen werden.

**Experimenteller Hinweis:**  
Das Vorzeichen einer elektrischen Ladung lässt sich mit Hilfe einer Glimmlampe oder Leuchtdiode ermitteln.

**Mögliche Experimente:**  
Schülerversuche: Leitfähigkeitsuntersuchungen verschiedener Lösungen

**Mögliches Experiment:**  
Versuch zur Ionenwanderung mit einer ammoniakalischen Kupferchromat-Lösung im 3-Schenkel-Rohr

Aus dem sofortigen Stromfluss und der unterschiedlichen Wanderungsrichtung der Teilchen folgt,

- dass es unterschiedlich geladene Teilchen gibt.
- dass die Teilchen schon vor Anlegen der Spannung als geladene Teilchen in der Lösung vorliegen.

**Umschreibung:**  
Ionen sind elektrisch geladene Teilchen von Atom- oder Molekülgröße.

Wdhg. Thema 7.1 „Wertigkeit“

z.B.: Wasserstoff-, Alkali-, Erdalkali-, Säurerest- und Hydroxid-Ionen

**Verbindliche Inhalte**

**Vorschläge und Hinweise**

- Elektrolyse von Salz-Lösungen
  - Elektrodenreaktionen
  - Gesamtreaktionen
  
- Elektrische Leitfähigkeit von Salzschnmelzen, reinen Säuren und Säure-Lösungen
  
  
  
  
  
- Säure-Base-Definition nach ARRHENIUS
  
  
  
  
- Dissoziations- und Reaktionsgleichungen in Ionenform

**Chemische Fachbegriffe:**

- Elektrode, Anode, Katode
- Elektrolyse
- Elementarladung
- Ion, Anion, Kation
- Ionenverbindung
- Salz
- Wasserstoff-Ion

Auch im Zusammenhang mit Kap. 11.2 („Ionenbildung und Ionenbindung“) können die Elektrodenreaktionen erarbeitet werden.

Es sollen nur solche Elektrolysen behandelt werden, bei denen keine Zerlegung von Wasser erfolgt (z.B.  $ZnI_2$ ,  $CuCl_2$ ).

**Mögliche Experimente:**

- Elektrolyse einer Schmelze von  $ZnCl_2$  bzw.  $LiCl$  (als Ersatz für  $PbCl_2$ ).
- Leitfähigkeitsuntersuchung reiner Essigsäure und einer Essigsäurelösung

Die Schüler sollen erkennen, dass Salze aus Ionen aufgebaut sind, während Säuren erst beim Lösen in Wasser Ionen bilden.

**Umschreibung:**

Salze sind Verbindungen, die in der Regel aus Metall-Ionen und Säurerest-Ionen bestehen.

**Definitionsvorschläge:**

Säuren sind Stoffe, die beim Lösen in Wasser in Wasserstoff- und Säurerest-Ionen dissoziieren.

Basen sind Stoffe, die beim Lösen in Wasser in Metall- und Hydroxid-Ionen dissoziieren.

**Verbindliche Inhalte** | **Vorschläge und Hinweise**

<p><b>10.3 Praktische Anwendung von Elektrolysen</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Galvanisieren:<ul style="list-style-type: none"><li>in der Schmuckindustrie</li><li>als Korrosionsschutz</li></ul></li><li>Gewinnung unedler Metalle aus Salzschnmelzen</li></ul> <p><b>Chemische Fachbegriffe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Galvanisieren</li><li>Korrosion</li></ul>	<p>Es ist ein wesentlicher Aspekt dieses Kapitels, die Schüler mit der Bedeutung von Elektronenübergängen bei vielen Reaktionen vertraut zu machen und die entsprechenden Gleichungen einzuüben (Donator-Akzeptor-Prinzip). Jedoch sollen weitergehende Aspekte des modernen Redox-Konzepts ausgespart bleiben.</p> <p>Bildung von Gold- und Silberüberzügen Verzinken, Verzinnen, Verchromen</p> <p>Der Korrosionsschutz durch Überzugsmetalle soll hier nur mit der Bildung fest haftender Oxid-Schichten begründet werden. Auf die Opferwirkung unedler Metallüberzüge soll nicht eingegangen werden.</p> <p>Natrium-, Magnesium-, Aluminium-Gewinnung</p>
--	---

Verbindliche Inhalte

Vorschläge und Hinweise

11. 1 Vom Kern-Hülle-Modell zum Energie-stufen-Modell des Atoms

- Kern-Hülle-Modell des Atoms
  - RUTHERFORD – Streuversuch
  - Größenverhältnisse und Ladungsverteilung im Atom
- Bausteine des Atoms
  - Elementarteilchen: Proton, Neutron, Elektron
  - Element, Isotop
  - Bezugsgröße  $^{12}\text{C}$  (Atommasseneinheit 1u, Stoffmengeneinheit 1 mol)

- Energiestufen-Modell des Atoms
  - Ionisierungsenergie

- Schalenaufbau der Atomhülle

- Elektronenkonfiguration und chemische Eigenschaften
  - typischer Hauptgruppen-Metalle und typischer Nichtmetalle
  - Edelgaskonfiguration und Stabilität

**Chemische Fachbegriffe:**

- Atomkern, Atomhülle
- Edelgaskonfiguration
- Elektronenkonfiguration
- Elektronenoktett
- Energieniveau: K-, L-, M-...-Schale
- Ionisierungsenergie
- Mol
- Nuklid, Isotop, Nukleonenzahl
- Proton, Neutron, Nukleon
- Valenzelektron, Atomrumpf

**Definitionsvorschlag:**

1 Mol ist die Stoffmenge eines Systems, die aus ebensovielen Teilchen besteht, wie Kohlenstoff-Atome im Kohlenstoff-Isotop  $^{12}\text{C}$  enthalten sind. (Wdhg. Thema 7.2: „Die Stoffmenge“)

$$1 \text{ u} = 1/12 \text{ m } (^{12}\text{C} - \text{Atom})$$

**Definitionsvorschlag:**

Unter Ionisierungsenergie versteht man die Energie, die notwendig ist, um ein Mol Elektronen aus der Hülle eines Mols Atome (oder Ionen) zu entfernen (Einheit:  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ).

Hier ist nur an die Gliederung der Atomhülle in K-, L-, M- ... - Schale gedacht.

Bereits hier können Beziehungen zwischen der Elektronenkonfiguration und der Stellung des Elementes im PSE aufgezeigt werden (siehe Thema 12: „PSE“).

Chemie Klassenstufe 9; mathematisch – naturwissenschaftlicher Zweig	
Thema 11: Bau der Materie	10 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise
<p><b>11.2 Ionenbildung und Ionenbindung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ionenbildung aus Atomen</li> <li>• Regel von KOSSEL</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bindekräfte zwischen Ionen</li> <li>• Ausbildung von Ionengittern</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ionengitter und Salz-Eigenschaften</li> </ul> <p><b>Chemische Fachbegriffe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrostatische Kräfte</li> <li>• Ionengitter</li> </ul>	<p>Als Regel von KOSSEL genügt hier: Atome bilden Ionen, um so den Zustand der energiearmen Edelgaskonfiguration zu erreichen. Damit ergibt sich auch eine erste, vorläufige Begründung der Wertigkeiten der Hauptgruppen-Elemente.</p> <p>elektrostatische Kräfte</p> <p><b>Medienhinweis:</b> Die Verwendung von Gittermodellen wird empfohlen. Die Schüler sollen wissen, dass die Begriffe „Ionenverbindung“ und „salzartiger Stoff“ Synonyme sind.</p> <p>Struktur-Eigenschaftsbeziehungen</p> <p>Folgende Eigenschaftskombination soll als typisch für Salze herausgearbeitet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kristalliner Bau</li> <li>- Sprödigkeit</li> <li>- hohe Schmelz- und Siedetemperatur</li> <li>- häufig gute Wasserlöslichkeit</li> <li>- elektrische Leitfähigkeit von Schmelzen und wässrigen Lösungen</li> </ul> <p>Wurden in Thema 10.2 („Ionen“) die Elektroden-Reaktionen einfacher Elektrolysen nicht behandelt, können sie hier besprochen werden.</p>
<p><b>11.3 Metallbindung</b></p> <p>Metallgitter und Elektronengas-Modell</p> <p>Elektronengas-Modell und Metall-Eigenschaften</p> <p><b>Chemische Fachbegriffe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektronengas</li> <li>• Metallgitter</li> </ul>	<p>Vergleich: Metallgitter / Ionengitter</p> <p>Folgende Metall-Eigenschaften lassen sich mit Hilfe dieses Modells erklären:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gute elektrische Leitfähigkeit</li> <li>- gute Wärmeleitfähigkeit</li> <li>- gute Verformbarkeit</li> </ul>

Verbindliche Inhalte

Vorschläge und Hinweise

11.4 Atombindung

- Atombindung als Bindung durch gemeinsame Elektronenpaare
  
- Elektronen- und Valenzstrichformel
  
- Regel von LEWIS
  
- unpolare und polare Atombindungen
  
- Dipol-Moleküle
  - Chlorwasserstoff
  - Wasser
  
- Wasser als Lösemittel

**Chemische Fachbegriffe:**

- Atombindung
- bindende, nichtbindende Elektronenpaare
- Dipol
- Einfach-, Doppel-, Dreifachbindung

Der Bereich der gemeinsam genutzten Elektronenpaare kann als Bereich erhöhter negativer Ladung betrachtet werden. Diese Ladungswolke und die benachbarten Kerne ziehen sich gegenseitig an.

Die Schüler sollen erkennen, dass der Zusammenhalt der Teilchen auch hier durch elektrostatische Kräfte erfolgt.

Es ist darauf zu achten, dass die Valenzstrich-Schreibweise nur bei Atombindungen angewandt wird.

Auf den Unterschied zwischen Verhältnisformel und Molekülformel soll nochmals eingegangen werden (vgl. Thema 7.1).

Hier genügt: In Molekülverbindungen ist jeder Atomrumpf in der Regel von 8 bindenden und nichtbindenden Elektronen umgeben.

Die Schüler sollen wissen, dass Fluor-, Chlor-, Sauerstoff- und Stickstoff-Atome Bindungselektronen stark anziehen, so dass häufig polare Bindungen entstehen.

**Mögliches Experiment:**

Ablenkung eines feinen Wasserstrahls mit Hilfe eines elektrisch geladenen Kunststoff-Stabes.

Der Dipolcharakter des Wassers und die daraus resultierende Fähigkeit polare Stoffe zu umhüllen, liefert den Schülern eine einleuchtende Begründung für die Löslichkeit polarer Stoffe in Wasser.

Steht genügend Zeit zur Verfügung, so kann hier auf zwischenmolekulare Kräfte eingegangen werden.

**Verbindliche Inhalte**

**Vorschläge und Hinweise**

**12. Das Periodensystem der Elemente**

- Ursprüngliches und modernes Ordnungsprinzip des PSE
- Wichtige Begriffe zum PSE
- Einfache Zusammenhänge zwischen der Stellung eines Elementes im PSE und
  - seinem Elementcharakter
  - der Struktur der Atomhülle

**Chemische Fachbegriffe:**

- Atommasse
- Haupt- und Nebengruppe
- Isotop
- Ordnungszahl
- Periode

Kurzer Abriss der Geschichte des PSE

Folgende Bezeichnungen sollen den Schülern bekannt sein:  
Alkali-, Erdalkalimetalle, Halogene, Edelgase.

Die Zusammenhänge zwischen Struktur der Atomhülle und Anordnung im PSE sollen auf die Hauptgruppen-Elemente beschränkt bleiben.

Wichtige Gebrauchsmetalle sollen als Nebengruppenelemente erkannt werden.  
Die Elementreihen Lanthanoide und Actinoide sollen nur erwähnt werden.

Verbindliche Inhalte

Vorschläge und Hinweise

**13.1 Phosphor, Phosphor(V)-oxid, Phosphorsäure und Phosphate**

- Weißer und roter Phosphor
  - Selbstentzündlichkeit
  - Löslichkeit
  - Giftigkeit
- Phosphor(V)-oxid:
  - Bildung
  - Eigenschaften
- Phosphor(V)-säure (Orthophosphorsäure)
  - Bildung aus dem Oxid
  - Eigenschaften
  - Verwendung
- Allgemeines Schema der Bildung sauerstoffhaltiger Säuren aus ihren Anhydriden
- Salze der o-Phosphorsäure
  - Namen und Formeln der drei Reihen von Salzen
  - Verwendung und Bedeutung

**Chemische Fachbegriffe:**

- Säureanhydrid
- Hydrogensalz

Die Reihenfolge der Behandlung der sauerstoffhaltigen Säuren und ihrer Salze ist dem Fachlehrer überlassen.

**Experimenteller Hinweis:**

Vorsicht beim Experimentieren mit weißem Phosphor; Kupfersulfat-Lösung bereithalten!

Wdhg. der Begriffe „Verhältnisformel“ und „Molekülformel“

Auf andere Phosphorsäuren muss nicht eingegangen werden.  
Hinweis auf den nichtionischen Charakter der reinen (festen) Säure und der Ionenbildung beim Lösen in Wasser (Wdhg. Thema 10);  
(Achtung! Geschmolzene, wasserfreie Phosphorsäure leitet auf Grund von Autoprotolyse-Reaktionen den elektrischen Strom.)  
Wdhg. Säuredefinition nach ARRHENIUS

Phosphor(V)-oxid eignet sich gut zur Erarbeitung dieses Schemas, da das Oxid ein gut erkennbarer Feststoff ist, der in einer deutlich exothermen Reaktion zur Säure reagiert.

Das Schreiben von Dissoziations- und Ionen-gleichungen soll geübt werden.

Die Bedeutung der Phosphate für den menschlichen Organismus soll nur angedeutet werden.

Die Verwendung der Phosphate als Düngemittel soll erwähnt werden.  
Auf Düngemittel wird in Thema 14.2 ausführlich eingegangen.

**Medienhinweis:**

„Phosphorpentoxid und Phosphorsäure“, (VHS-Video, FWU 4253020)

**13.2 Schwefel, Schwefeloxide, Säuren des Schwefels, Sulfite und Sulfate**

- Schwefel
  - wichtige Eigenschaften
  - Vorkommen
  - Gewinnung
  - Verwendung
  
- Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid
  - Bildungsreaktionen
  - wichtige Eigenschaften
  - Verwendung
  - Umweltproblematik
  
- Schweflige Säure und Schwefelsäure
  - Bildungsreaktionen
  - wichtige Eigenschaften
  - Verwendung

Teilweise Wiederholung von Stoff aus Klassenstufe 8

**Mögliches Experiment:**  
Erhitzen des Schwefels

Auf die Schwefel-Modifikationen soll nur kurz eingegangen werden.  
Das Verhalten des Schwefels beim Erhitzen und Abkühlen soll modellhaft erklärt werden (Struktur-Eigenschaft-Beziehung).  
Auf die moderne Methode der Schwefelgewinnung aus Erdgas und Erdöl soll hingewiesen werden.

Auf die Bildung von  $\text{SO}_2$  und  $\text{SO}_3$  bei der Verbrennung von Kohle und Erdöl und die daraus resultierenden Umweltprobleme soll hingewiesen werden.

Die technische Schwefelsäure-Synthese wird in Thema 13.3 behandelt.

Als Eigenschaften sollen u.a. genannt werden  
Schweflige Säure:  
- Instabilität  
- reduzierende, bleichende und desinfizierende Wirkung;  
Schwefelsäure (konz.):  
- beständige, schwerflüchtige Säure  
- sehr starke Säure  
- ätzende und korrodierende Wirkung  
- hygroskopische Wirkung  
- starke Wärmeentwicklung beim Verdünnen mit Wasser  
Auf die Bedeutung der Schwefelsäure als eine der wichtigsten Industriechemikalien soll hingewiesen werden.

**Mögliche Experimente:**

- Wärmeentwicklung beim Verdünnen konzentrierter Schwefelsäure
- Zuckerkohle-Pilz
- Reaktionen von konz. und verd. Schwefelsäure mit Kupfer und anderen Metallen

Chemie Klassenstufe 9; mathematisch – naturwissenschaftlicher Zweig	
Thema 13: Vom Nichtmetalloxid zur Säure und ihren Salzen	24 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sulfite und Sulfate <ul style="list-style-type: none"> <li>Namen und Formeln</li> </ul> </li> <li>Bildungsreaktionen</li> <li>Sulfat-Nachweis</li> <li>Herstellung und Verwendung von Gips</li> </ul> <p><b>Chemische Fachbegriffe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>hygroskopische Wirkung</li> <li>Kristallwasser</li> </ul> <p><b>13.3 Die technische Schwefelsäure-Synthese</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Doppelkontaktverfahren der Schwefelsäure-Synthese</li> <li>Schwefelsäure-Recycling: <ul style="list-style-type: none"> <li>thermische Spaltung von Abfallschwefelsäure</li> <li>Reinigung und Konzentration von Dünnsäure</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Chemischer Fachbegriff:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Recycling</li> </ul>	<p>Bei der Besprechung von Kupfersulfat und Gips soll auf das Kristallwasser eingegangen werden.</p> <p><b>Mögliche Experimente:</b> Erhitzen von blauem Kupfersulfat bzw. Gips</p> <p>Salzbildungsmethoden: - Reaktion eines unedlen Metalls mit Säure - Neutralisation - Ionenaustausch-Reaktionen</p> <p>Bildung von Industrie-Gips bei der Rauchgas-Entschwefelung</p> <p><b>Medienhinweise:</b> „Schwefeldioxid und Schweflige Säure“, (VHS-Video, FWU 4253021) „Salzbildung“ (VHS-Video, FWU 4240210)</p> <p>Das Doppelkontaktverfahren soll als Beispiel für großtechnische Prozesse ausführlich besprochen werden.</p> <p>Neben der Vermittlung von Kenntnissen über die wesentlichen dabei ablaufenden Reaktionen sind Möglichkeiten ihrer zielgerichteten Beeinflussung zu behandeln. Gleichgewichtsbetrachtungen sollen hier nicht durchgeführt werden. Auf Gesichtspunkte des Umweltschutzes bei der Schwefelsäure-Produktion soll eingegangen werden.</p> <p><b>Medienhinweis:</b> „Schwefelsäuresynthese“ (VHS-Video, FWU 4210312)</p>

Chemie Klassenstufe 9; mathematisch – naturwissenschaftlicher Zweig	
Thema 13: Vom Nichtmetall zur Säure und ihren Salzen	24 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise
<p><b>13.4 Kohlenstoff, Kohlenstoffoxide, Kohlen-säure und Carbonate</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohlenstoff <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bau und Eigenschaften verschiedener Kohlenstoff-Modifikationen</li> </ul> </li> <li>• Verwendung</li> <li>• Kohlenstoffmonooxid und Kohlenstoffdioxid <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildung</li> <li>• wichtige Eigenschaften</li> <li>• Bedeutung für die Umwelt</li> </ul> </li> <li>• Kohlensäure <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildungs- und Zerfallsreaktion</li> <li>• wichtige Eigenschaften und Verwendung</li> <li>• Bedeutung für die Umwelt</li> </ul> </li> <li>• Salze der Kohlensäure <ul style="list-style-type: none"> <li>• Namen, Formeln und Verwendung wichtiger Carbonate</li> <li>• Kreislauf des Kalks in der Natur</li> </ul> </li> <li>• Kreislauf des Kohlenstoffs in der Natur</li> </ul> <p><b>Chemischer Fachbegriff:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umkehrbare Reaktionen</li> </ul>	<p>Wdhg. Klassenstufe 8, Thema 2</p> <p>Neben Diamant und Graphit sollen auch die Fullerene erwähnt werden. Die Struktur-Eigenschafts-Beziehungen lassen sich bei Diamant und Graphit mit Hilfe von Gittermodellen anschaulich darstellen.</p> <p>Hier soll u.a. der Treibhaus-Effekt angesprochen werden.</p> <p>Auf die Wasserhärte sowie die Entstehung von Tropfsteinhöhlen soll kurz eingegangen werden.</p> <p><b>Medienhinweise:</b>  „Kohlendioxid und Kohlensäure“ (VHS-Video FWU )  „Kreislauf des Kalks in der Natur“ (VHS-Video FWU 4210308)  „Mineralwasser“ (VHS-Video FWU 4251447)</p>

Chemie Klassenstufe 9; mathematisch – naturwissenschaftlicher Zweig	
Bereich 14: Stickstoffverbindungen und ihre Bedeutung in der Natur	5 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise
<p><b>13.5 Stickstoff, Stickstoffoxide, Salpetersäure und Nitrate</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stickstoff <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorkommen</li> <li>• wichtige Eigenschaften</li> </ul> </li> <li>• Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildung der Oxide aus den Elementen</li> <li>• wichtige Eigenschaften</li> <li>• Stickoxide als Luftschadstoffe</li> </ul> </li> <li>• Salpetersäure <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildung aus Stickstoffdioxid, Sauerstoff und Wasser</li> <li>• wichtige Eigenschaften und Reaktionen</li> <li>• Verwendungsmöglichkeiten</li> </ul> </li> <li>• Nitrate <ul style="list-style-type: none"> <li>• Benennung und Formeln</li> <li>• wichtige Eigenschaften und Verwendung</li> </ul> </li> </ul> <p><b>13.6. Salzbildungsreaktionen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Schemata wichtiger Salzbildungsmethoden <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metall und Nichtmetall</li> <li>• Metall und Säure</li> <li>• Ionenreaktionen, z.B. Neutralisation, Fällungsreaktionen</li> <li>• Metalloxid und Säure</li> </ul> </li> <li>• Beispiele wichtiger und typischer Salzbildungsreaktionen</li> </ul>	<p>Wdhg. des Stoffes der Klassestufe 8, Thema 5</p> <p>Um die Schüler mit Struktur-Eigenschafts-Beziehungen vertraut zu machen, soll die Reaktions-trägheit von Stickstoff mit der Molekülstruktur (Dreifachbindung) begründet werden.</p> <p><b>Mögliche Experimente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Luftverbrennung“ im elektrischen Lichtbogen;</li> <li>• Demonstration der Gas-Eigenschaften durch Einleiten von Sauerstoff in einen mit NO gefüllten, unten offenen Zylinder, der in Wasser steht (NO-Bildung aus Kupfer und halbkonzentrierter Salpetersäure.)</li> </ul> <p>Das OSTWALD-Verfahren soll erst nach der Behandlung des Ammoniaks in Thema 14.1 besprochen werden. Auf die unterschiedliche Reaktionsweise von verdünnter und konzentrierter Salpetersäure mit Metallen soll eingegangen werden.</p> <p>Die Verwendung von Nitraten als Düngemittel soll erwähnt werden. Düngemittel werden in Thema 14.2 ausführlich behandelt. Auf die gute Wasserlöslichkeit der Nitrate und die dadurch bedingte Trinkwassergefährdung soll eingegangen werden.</p> <p><b>Medienhinweis:</b> „Stickoxide und Salpetersäure“ (VHS-Video, FWU 4253019)</p> <p>Hier bietet sich eine Wiederholung folgender Begriffe an:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Salz, charakteristische Salzeigenschaften</li> <li>- Kristall</li> </ul> <p>Es soll darauf hingewiesen werden, dass Salzbildungen Ergebnisse von Ionenreaktionen sind, wenn z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wasser gebildet wird.</li> <li>- ein gasförmiges Produkt entweicht.</li> <li>- ein schwerlösliches Produkt ausfällt.</li> </ul> <p>Hier sollen Salzbildungsreaktionen wiederholt werden, bei denen wichtige Industriechemikalien oder Düngemittel gebildet werden. Dabei soll auch das Schreiben von Ionengleichungen geübt werden.</p>

Chemie Klassenstufe 9; mathematisch – naturwissenschaftlicher Zweig	
Bereich 14: Stickstoffverbindungen und ihre Bedeutung in der Natur	5 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise
<p><b>14.1 Ammoniak und Ammoniumverbindungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ammoniak <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung</li> <li>• Eigenschaften</li> </ul> </li> <li>• Ammoniak-Wasser</li> <li>• Ammonium-Salze</li> <li>• Synthese aus den Elementen HABER-BOSCH-Verfahren</li> <li>• Bedeutung von Ammoniak als Grundchemikalie der chemischen Industrie <ul style="list-style-type: none"> <li>• OSTWALD-Verfahren zur Salpetersäure-Synthese</li> <li>• Ausgangsstoff für die Herstellung von Düngemitteln, Kunststoffen, Sprengstoffen</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Chemischer Fachbegriff:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HABER-BOSCH-Verfahren</li> </ul>	<p>Eine Einführung in die Thematik ist sowohl mit Hilfe der Ammoniak-Synthese aus den Elementen als auch über die Magnesiumnitrid-Bildung und die anschließende Reaktion mit Wasser möglich.</p> <p>Auf die Formel <math>\text{NH}_4\text{OH}</math> soll zugunsten von <math>\text{NH}_4^+</math> und <math>\text{OH}^-</math> bzw. <math>\text{NH}_3</math> (aq.) verzichtet werden.</p> <p><b>Mögliches Experiment:</b> Nachweis von <math>\text{NH}_3</math> (g) mit <math>\text{HCl}</math> (g)</p> <p>Hier ist nur eine vereinfachte Darstellung möglich. So soll auf das Prinzip von LE CHATELIER noch nicht eingegangen werden. Zur Erläuterung der Reaktionsbedingungen des HABER-BOSCH-Verfahrens können Temperatur-Ausbeute-Diagramme für verschiedene Drücke verwendet werden.</p> <p>1995 wurden weltweit ca. 120 Mill. Tonnen Ammoniak produziert. Mehr als <math>\frac{3}{4}</math> davon wurden zur Produktion von Düngemitteln verwendet.</p> <p><b>Medienhinweis:</b> „Ammoniaksynthese“ (VHS-Video, FWU 4210257)</p>

Chemie Klassenstufe 9; mathematisch – naturwissenschaftlicher Zweig	
Bereich 14: Stickstoffverbindungen und ihre Bedeutung in der Natur	5 Stunden
Verbindliche Inhalte	Vorschläge und Hinweise
<p><b>14.2 Stickstoffkreislauf, Düngemittel und Welternährung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wichtige in Pflanzen vorkommende Elemente</li> <li>• LIEBIGs Minimumgesetz</li> <li>• Stickstoffkreislauf <ul style="list-style-type: none"> <li>• wichtige Stickstoffverbindungen</li> <li>• natürlicher Stickstoffkreislauf</li> <li>• anthropogene Eingriffe</li> </ul> </li> <li>• Düngemittel <ul style="list-style-type: none"> <li>• Naturdünger</li> <li>• Mineraldünger</li> </ul> </li> <li>• Vor- und Nachteile von Natur- und Mineraldünger</li> <li>• Bedeutung der Chemie für die Welternährung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Düngemitelesatz und Weltbevölkerung</li> <li>• chemische Schädlingsbekämpfung</li> <li>• moderne Entwicklungen im Pflanzenschutz</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Chemische Fachbegriffe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mineraldünger</li> <li>• Stickstoffkreislauf</li> </ul>	<p>Merkhilfe für die zehn wichtigsten Elemente: SCHON M(a)g PK CaFe</p> <p><b>Mögliche Experimente:</b> Nitrat-Bestimmung in Lebensmitteln, z.B. Kopfsalat, Chinakohl</p> <p><b>Mögliche Experimente:</b> Untersuchung eines Volldüngers auf: <math>K^+</math>, <math>Ca^{2+}</math>, <math>Fe^{2+}</math>, <math>NH_4^+</math>, <math>NO_3^-</math>, <math>PO_4^{3-}</math>, <math>SO_4^{2-}</math></p> <p>Naturdünger: langsame Freisetzung wasserlöslicher Salze, Begünstigung der Humusbildung und der Vermehrung von Bodenorganismen</p> <p>Mineraldünger: schnelle Freisetzung der Ionen, optimale Dosierbarkeit</p> <p><b>Medienhinweis:</b> „Dünger aus der Luft“ (VHS-Video, FWU 4282202)</p>