



Rahmenrichtlinien für den Unterricht im Fach Chemie für das Gymnasium, Schuljahrgänge 7 – 10

Seit dem Schuljahr 2002/2003 werden nach Änderung der Erlasse des MK „Die Arbeit in den Jahrgängen 7-10 des Gymnasiums“ sowie „Die Arbeit in der kooperativen Gesamtschule“ vom 31.1.2002 die Fächer Biologie, Chemie und Physik durchgängig unterrichtet. Diese Empfehlung für den Unterricht im Fach Chemie am Gymnasium ergänzt die geltenden Rahmenrichtlinien für das Gymnasium –Schuljahrgänge 7 – 10, Chemie. Die vorliegende Empfehlung beinhaltet den Teil, der für die Schuljahrgänge 7 und 8 bereits mit Erlass des MK vom 2.5.2002 veröffentlicht wurde. Geltende Aussagen über die Organisation des Unterrichts oder zur Leistungsbewertung finden sich in den zurzeit gültigen „Rahmenrichtlinien für das Gymnasium –Schuljahrgänge 7-10, Chemie“.

Über die Neufassung der Rahmenrichtlinien für den Unterricht im Fach Chemie im Gymnasium, Schuljahrgänge 7-10, wird in Kürze entschieden.

Hannover, Februar 2003

Erarbeitet wurde diese Empfehlung von

Dr. Jens Friedrich, Varel
Heinz-Ulrich Gosemann, Hameln
Theodor Grofe, Lüneburg
Liane Haas, Göttingen
Gerhard Harms, Osnabrück
Dr. Marco Oetken, Oldenburg
Dr. Hans-Rainer Porth, Braunschweig

Benutzerhinweise:

Symbol	Bedeutung
PH [7]	Bezüge zu anderen Fächern in dem jeweiligen Schuljahrgang, z. B. Physik, 7
(fachÜV)	Fachübergreifende und fächerverbindende Fragestellungen und Themen
(Projekt)	Möglichkeit zur Durchführung von projektorientiertem Unterricht
(UmMI)	Umgang mit Medien und Informationstechniken

Empfehlungen für den Unterricht im Fach Chemie für das Gymnasium, Schuljahrgänge 7 – 10

Schuljahr- gang	Themen- bereich	Inhalte	Seite
		Rahmenrichtlinien für den Unterricht im Fach Chemie für das Gymnasium, Schuljahrgänge 7-10	1
7	1	Stoffe aus phänomenologischer Sicht	3
8	2	Reaktionen auf phänomenologischer Ebene	5
	3	Stoffe und Reaktionen auf der Teilchenebene	7
	4	Chemische Symbole und Formeln	9
9	5	Gasförmige und leicht flüchtige Stoffe	10
	6	Systematisieren von Stoffen und Teilchen	12
	7	Erweiterung des Dalton'schen Atommodells	13
	8	Ionen und Ionenverbindungen	14
10	9	Einfache organische Verbindungen	16
	10	Elektronenpaarbindung, Polarität von Bindungen und Molekülen	18
	11	Saure und alkalische Lösungen	19
		Hinweise / Anmerkungen zum Schuljahrgang 11	20

Schuljahrgang 7

Themenbereich 1: Stoffe aus phänomenologischer Sicht

Die Inhalte dieses Themenbereichs beziehen sich auf vorwiegend sinnlich erfahrbare Phänomene (Kontinuumsvorstellung). Die Schülerinnen und Schüler des Schuljahrgangs 7 bringen unterschiedliche Einstellungen, Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten aus dem Alltag und dem vorausgegangenen Unterricht mit. Dem Chemieunterricht kommt daher die Aufgabe zu, diese gezielt aufzugreifen und unter Beachtung der phänomenologischen Ebene in behutsamer und altersspezifischer Weise zu erweitern. Dabei muss der Unterricht so strukturiert sein, dass den spezifischen Fähigkeiten und Begabungen der Schülerinnen und Schüler, Ihre Begeisterungsfähigkeit, Aufgeschlossenheit und Fantasie sowie dem damit verbundenen unbefangenen Denken und Handeln entsprechend Raum gegeben wird.

Gerade in dieser Altersstufe beruhen die Freude und das Interesse der Lernenden am Chemieunterricht auf dem besonderen Charakter chemischer Experimente, vor allem dann, wenn die Schülerinnen und Schüler selbst tätig sind. Auf Grund der natürlichen Neugier und der Begeisterungsfähigkeit kann für sie das Experiment zum Erlebnis werden, zumal dessen Ablauf meist direkt und in kurzer Zeit beobachtet werden kann.

Zunächst gilt es, die unterschiedlichen Kenntnisse über Stoffe und deren Eigenschaften im Sinne der chemischen Begriffssystematik auszuwerten und zu ordnen. Bei der Erarbeitung des Stoffbegriffs (chemischer Reinstoff) wird ein Satz charakteristischer Eigenschaften experimentell ermittelt und gegebenenfalls mit Literaturdaten - auch unter Nutzung neuer Medien - ergänzt.

Die Betrachtung von Aggregatzustandsänderungen, der Diffusion, der Chromatografie und der Lösevorgänge bietet die Möglichkeit für den Übergang in die Diskontinuumsvorstellung. Mit dem Teilchenkonzept muss - der Altersstufe angemessen - sehr behutsam umgegangen werden, besonders im Hinblick auf die anschluss- und erweiterungsfähige Fortsetzung in den folgenden Jahrgängen. Es ist darauf zu achten, dass im siebten Schuljahrgang der Unterrichtsschwerpunkt im Bereich der Phänomene liegt, im Schuljahrgang 8 dagegen spielt das Denken im Diskontinuum eine zentrale Rolle.

Die Stoffeigenschaft Dichte ist einzuführen als Quotient aus der Masse eines Körpers und seinem Volumen. Im Vordergrund steht die Veranschaulichung der Dichte als stoffkennzeichnende Größe. Umrechnungsoperationen der verwendeten Einheiten oder Operationen mit der Definitionsgleichung folgen erst im weiteren Verlauf des Physik- und Chemieunterrichts.

Bei der Einführung einer Teilchenvorstellung und der Behandlung der Dichte ist eine Abstimmung mit der Physik erforderlich.

Bereits im Schuljahrgang 7 sollen die Schülerinnen und Schüler Erkenntnismethoden und Arbeitstechniken der Chemie praktisch kennen lernen. Dabei soll der Schwerpunkt auf dem Beobachten, Beschreiben und altersgemäßen Auswerten von Versuchen liegen. Die Schülerinnen und Schüler lernen die Grundregeln für sorgfältiges Experimentieren und Protokollführen und erweitern so Fähigkeiten und Fertigkeiten, die auch in den anderen naturwissenschaftlichen Fächern Anwendung finden.

An mehreren Stellen bietet sich fachübergreifendes und fächerverbindendes Lernen an. Verbindungen zum Fach Deutsch (Versuchsbeschreibungen) und zum Fach Mathematik (proportionale Zuordnungen) sollten bewusst genutzt werden.

Die Entwicklung und Förderung von Kompetenzen wie Konzentrationsfähigkeit, Teamfähigkeit und Selbstständigkeit werden durch den Einsatz verschiedener Lernmethoden (u. a. Lernen an Stationen, Spiele) adressatengerecht unterstützt.

Inhalte	Inhaltliche und methodische Hinweise
<p>Identifizieren von Stoffen</p> <p>Farbe, Geruch, Brennbarkeit Löslichkeit Aggregatzustände, Schmelz- und Siedetemperaturen Dichte</p> <p>Indikatoren pH-Skala (sauer, neutral, alkalisch)</p>	<p>mit den Sinnen wahrnehmbare Stoffeigenschaften <i>BI [5,6]</i> qualitative und quantitative Bestimmung Anwendung eines einfachen Teilchenmodells <i>CH/PH [5,6]; PH [7,8]</i> Dichte als stoffkennzeichnende Größe, proportionale Zuordnungen, Diagramme <i>MA [7,8], PH [7,8]</i> Nutzen von Datenbanken und -sammlungen Untersuchen von Stoffen aus dem Alltag <i>BI [8,9]</i> Veranschaulichung durch Verdünnungsreihen</p>
<p>Gefahren beim Umgang mit Stoffen</p> <p>Stoffeigenschaften und Gefahrensymbole</p>	<p>Erkennen und Einordnen von gefährlichen Substanzen Stoffe aus dem Alltag sachgerechtes und verantwortungsvolles Experimentieren Umgang mit dem Gasbrenner, Glasbearbeitung</p>
<p>Trennen von Stoffgemischen</p> <p>Filtrieren Destillieren Chromatografieren</p>	<p>sinnvolle Ergänzungen: Extrahieren, Kristallisieren; <i>CH/PH [5,6]</i> Anwendung eines einfachen Teilchenmodells <i>CH/PH [5,6]</i> lebensweltbezogene Beispiele: Extrahieren von Duftstoffen, Parfüm Salzgewinnung, Züchten von Kristallen Abwasserreinigung Isolieren von Lebensmittelfarbstoffen z. B. aus Schokolinsen Untersuchung von Limonaden</p>
<p>Klassifizieren von Stoffen</p> <p>Reinstoffe und Gemische heterogene und homogene Gemische</p>	<p>Charakterisieren von Stoffgemischen, wie z. B. Suspension, Emulsion, Rauch, Nebel, Lösungen</p>

Schuljahrgang 8

Themenbereich 2: Reaktionen auf phänomenologischer Ebene

Bei der Einführung des zentralen Begriffs der chemischen Reaktion werden, von Experimenten ausgehend, die im Schuljahrgang 7 vermittelten Erkenntnismethoden und Arbeitstechniken der Chemie erweitert und vertieft. Die Schülerinnen und Schüler lernen chemische Reaktionen auf der phänomenologischen Ebene als reversible Stoffumwandlungen kennen, die stets mit Energieumsätzen einhergehen. An dieser Stelle können auch verschiedene Energieformen diskutiert werden. Dabei ist eine Absprache mit der Physik insbesondere hinsichtlich des Begriffsverständnisses erforderlich.

Durch das Einbeziehen alltagsrelevanter organischer und anorganischer Stoffe wird einer Trennung zwischen systematischer organischer und anorganischer Chemie entgegengewirkt. Die ausgewählten Beispiele sollen dazu dienen, Einsicht in die formale Darstellung von Reaktionen sowie in grundlegende Denkmuster zu geben. Dazu werden die chemischen Reaktionen durch Schemata beschrieben, welche die Stoffe, den Reaktionspfeil, die Symbole für den Aggregat- bzw. Lösungszustand sowie den Energieumsatz (exotherm; endotherm) enthalten. Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten durch das Aufstellen von Reaktivitätsreihen erste Ordnungskriterien für Reaktionsabläufe.

Das Klassifizieren chemischer Reaktionen in Oxidation, Reduktion und Redoxreaktion betont die besondere Bedeutung von Sauerstoff als Reaktionspartner. Es muss den Lehrenden bewusst sein, dass diese Definitionen in der später folgenden elektronentheoretischen Deutung keine Erweiterung erfahren. Der so genannte erweiterte Redoxbegriff stellt vielmehr eine neue Klassifizierung chemischer Reaktionen dar, der mit einem Wechsel bekannter Begriffsinhalte verbunden ist. Es wird damit eine andere, auf die Teilchen bezogene, leistungsfähigere Klassifizierungsvariante eingeführt, die sich allerdings derselben Terminologie bedient.

Im Sinne einer Erprobung besteht die Möglichkeit, auf den Lavoisier'schen Oxidationsbegriff zu verzichten und die Begriffe Oxidation, Reduktion und Redoxreaktion erst mit der elektronentheoretischen Definition chemischer Reaktionen einzuführen.

Die Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler beim Lernen wird durch das Bearbeiten geeigneter Themen in Form von fachübergreifenden bzw. Fächer verbindenden Projekten gefördert (siehe inhaltliche und methodische Hinweise).

Inhalte	Inhaltliche und methodische Hinweise
Kennzeichen chemischer Reaktionen Stoffumwandlung Edukte, Produkte	Beispiele aus dem Alltag unter Einbeziehung anorganischer und organischer Reaktionen, z. B.: Verbrennung von Benzin, Holz, Kerzenwachs; Rosten "Stoffwechsel"- Vorgänge (<i>FachÜV</i>), <i>BI</i> [7/8] Gären von Obst, Sauerwerden von Milch

<p>Energieumsatz exotherm, endotherm Aktivierungsenergie Katalysator</p> <p>Gesetz von der Erhaltung der Masse</p> <p>Umkehrbarkeit Bildungsreaktionen (Synthese) und Zerlegungsreaktionen (Analyse)</p>	<p>Wärme, Licht, elektrische Energie <i>PH [7/8]</i> Fotosynthese, Atmung (<i>FachÜV</i>), <i>BI [7/8]</i> modellhafte Veranschaulichung Katalysator als Stoff, der eine chemische Reaktion beeinflusst, ohne sich zu verändern Experimente zu Reaktionen in offenen und geschlossenen Systemen</p>
<p>Element und Verbindung</p> <p>Klassifizieren von Elementen: Metalle, Nichtmetalle</p>	<p>Elemente als Reinstoffe, die im Gegensatz zu Verbindungen durch chemische Reaktionen nicht in weitere Stoffe zerlegbar sind</p>
<p>Reaktionsschema</p> <p>Aggregatzustände (s), (l), (g)</p>	<p>Darstellen von Reaktionen als Wortgleichungen unter Einbeziehen des Energieumsatzes wässrige Lösungen (aq)</p>
<p>Luft und Verbrennung</p> <p>Oxidation</p> <p>Oxidationsmittel Luftzusammensetzung</p>	<p>Reaktion mit Sauerstoff langsame und schnelle Oxidation Verbrennungsmotoren Wunderkerzen, Streichhölzer, Bleichmittel Brände, Brandvorsorge, Brandbekämpfung (<i>Projekt</i>) Luft und Luftverschmutzung (<i>Projekt</i>) Phlogistontheorie (<i>Projekt</i>)</p>
<p>Metalle und Metallgewinnung</p> <p>Reduktion Redoxreaktion Reduktionsmittel</p>	<p>Reduktion von Oxiden unedle Metalle, Kohlenstoff und Wasserstoff Ordnen einiger Elemente nach ihrem Reduktionsvermögen Eisen und Stahl (<i>Projekt</i>) Metallgewinnung früher und heute (<i>Projekt</i>)</p>

Themenbereich 3: Stoffe und Reaktionen auf der Teilchenebene

Die Diskontinuität der Materie ist aus Sicht der Schülerinnen und Schüler eine wenig naheliegende Eigenschaft, da sie durch keine sinnliche Erfahrung erlebbar gemacht werden kann. Sie lässt sich aber aus geeigneten Experimenten erschließen. Mit der Möglichkeit der Erklärung bekannter Vorgänge (z. B. Aggregatzustandsänderungen, Diffusion etc.) anhand des Teilchenmodells wird den Schülerinnen und Schülern spätestens in diesem Schuljahrgang der Wert des Denkens im Diskontinuum verdeutlicht.

Die angenommenen Teilchen werden zunächst nicht nach Atomen und Molekülen unterschieden. Von Anfang an ist darauf zu achten, dass die Eigenschaften der Teilchen nicht mit den makroskopischen Eigenschaften der Stoffe gleichzusetzen sind.

Die Massenerhaltung bei chemischen Reaktionen und die Existenz von Stoffkreisläufen finden eine überzeugende Deutung in der Vorstellung vom Erhalt der Atome. Die nicht weiter zerlegbaren Grundstoffe, die chemischen Elemente, bestehen offenbar nur aus je einer Sorte von Atomen. Die Interpretation des Gesetzes der konstanten Proportionen führt auf der Basis des Dalton'schen Atommodells zu der Vorstellung, dass Atome zweier oder mehrerer Elemente sich nur in einem bestimmten Zahlenverhältnis verbinden. Die Annahme der Umgruppierung der Atome liefert eine erste befriedigende Erklärung für den Stoffumsatz bei einer chemischen Reaktion.

Eine Diskussion über den Zusammenhalt der Atome untereinander macht die Begrenztheit des Dalton'schen Atommodells deutlich. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer Erweiterung der Vorstellungen im nachfolgenden Unterricht.

Beim Wechselspiel zwischen dem Beobachten im Kontinuum und dem Interpretieren im Diskontinuum kommt dem Denken in Modellen eine zentrale Bedeutung zu. Hierbei sollen die Schülerinnen und Schüler von Beginn an sowohl ein Bewusstsein für den Wert von Modellen als auch eine kritische Haltung gegenüber deren Leistungsfähigkeit entwickeln.

Inhalte	Inhaltliche und methodische Hinweise
<p>Teilchenmodell</p> <p>Teilchengröße</p> <p>Beschreibung bekannter Vorgänge im Teilchenmodell</p>	<p>Modellbegriff</p> <p>Mögliche Zugänge zur Teilchenebene und Teilchengröße: Teilchentrennung mit Hilfe semipermeabler Membranen (Dialyseschlauch, Einmachfolie)</p> <p>Ölfleckversuch</p> <p>Lösen, Diffusion, Chromatografie <i>CH [7], BI [7/8]</i></p> <p>Aggregatzustände <i>PH [7/8]</i></p> <p>Brown'sche Molekularbewegung</p> <p>Verteilung von Stoffen in der Umwelt, z.B. Riechstoffe, Pestizide</p> <p>Nutzen von Modellexperimenten, Computersimulationen, (<i>FachÜV</i>), (<i>UmMI</i>)</p>
<p>Dalton'sche Atomhypothese</p> <p>Dalton'sches Atommodell</p> <p>Größe und Masse von Atomen</p> <p>Atommasseneinheit u</p> <p>Anwendung der Atomhypothese zur Erklärung der chemischen Reaktion, der chemischen Grundgesetze und der Stoffklassen</p>	<p>Anordnung der Atome und Eigenschaften der Stoffe (Modifikationen)</p> <p>rastertunnelmikroskopische Abbildungen</p> <p>Zusammenhang zwischen den Masseneinheiten Gramm (g) und u-nit (u)</p> <p>Kennzeichen chemischer Reaktionen</p> <p>Gesetz von der Erhaltung der Masse</p> <p>Gesetz der konstanten Massenverhältnisse</p> <p>Element und Verbindung</p> <p>Veranschaulichungen mit Hilfe von Modellen</p> <p>Die Erhaltung der Kohlenstoffatome im Kohlenstoffkreislauf (<i>FachÜV</i>), <i>BI [7/8]</i></p>

Themenbereich 4: Chemische Symbole und Formeln

Einfache chemische Formeln werden als Ergebnisse möglichst selbst gewonnener experimenteller Daten abgeleitet. Die Interpretation in Form einer verbalen und bildlichen Darstellung des Gemeinten darf nicht vernachlässigt werden. Um die Kontinuumsebene deutlich von der Ebene des Diskontinuums abzugrenzen, ist es günstig, die chemischen Zeichen nicht als Elementsymbole, sondern als Atomsymbole zu verwenden.

Das Aufstellen und Interpretieren von Reaktionsgleichungen soll nur an einfachen Beispielen eingeübt werden. Ebenso dürfen stöchiometrische Berechnungen nicht Selbstzweck sein. Sie müssen an überschaubaren Beispielen zeigen, welche Denk- und Rechenschritte erforderlich sind, um die Brücke zwischen der Stoffebene und der Teilchenebene zu schlagen.

Die Division der Gesamtmasse einer Stoffportion durch die Einzelmasse der Teilchen ergibt die Teilchenanzahl. Dieser Zusammenhang ist so einfach und einleuchtend, dass es vorteilhaft erscheint, zunächst mit dem Begriff der Anzahl zu arbeiten und die Stoffmenge im Sinne einer Anzahl zu interpretieren. Der Zusammenhang zwischen stoffmengenbezogener (molarer) Masse und Einzelmasse wird im weiteren Verlauf des Chemieunterrichts deutlich. Die Verwendung von Größengleichungen empfiehlt sich, weil sie dem Verständnis der Rechenoperationen dient.

Die Verhältnisformel einer Verbindung gibt lediglich das einfachste Zahlenverhältnis der beteiligten Atomsorten an. Für Atomgruppen, welche das einfachste Zahlenverhältnis repräsentieren, existiert kein festgelegter Begriff. Als Bezeichnungen sind u. a. Formeleinheit, Elementareinheit, Baugruppe üblich.

Die Molekülformel dagegen drückt die tatsächliche Anzahl der Atome in einer abgeschlossenen Gruppe von Atomen aus. Molekülformeln werden erst im Schuljahrgang 9 eingeführt.

Inhalte	Inhaltliche und methodische Hinweise
Erste Symbole und Formeln Atomsymbole Verhältnisformeln einfache Reaktionsgleichungen	Baugruppe als kleinste Einheit (Formeleinheit) Darstellung unter Verwendung von Atomsymbolen und Verhältnisformeln
Einfache Berechnungen Stoffmenge Stoffmengeneinheit Mol	Zusammenhang zwischen Gesamtmasse, Einzelmasse und Teilchenanzahl Ermittlung einfacher Verhältnisformeln aus experimentell bestimmten Massenverhältnissen

Schuljahrgang 9

Themenbereich 5: Gasförmige und leicht flüchtige Stoffe

Molekülformeln geben im Gegensatz zu den Verhältnisformeln die tatsächliche Anzahl der Atome in Atomverbänden an (vergleiche Themenbereich 4). Die gasförmigen und leicht flüchtigen Stoffe sind mit Ausnahme der Edelgase aus Molekülen aufgebaut. Neben den chemischen Verbindungen bestehen auch einige chemische Elemente aus Molekülen, von denen vor allem Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und die Halogene große Bedeutung haben.

Die Schülerinnen und Schüler können bei den chemischen Elementen an den Molekülformeln (z. B. O_2 , H_2 , N_2) den molekularen Aufbau erschließen. Bei vielen chemischen Verbindungen dagegen lässt sich aus der Formel nicht ableiten, ob es sich um eine Verhältnis- oder Molekülformel handelt (z. B. H_2O , NH_3 , CO_2 , CH_4). Nur wenn die Molekülzusammensetzung nicht dem einfachsten Zahlenverhältnis der Atome entspricht, ist die Formel eindeutig als Molekülformel identifizierbar (z. B. C_2H_4 , C_4H_{10}).

Die experimentelle Ermittlung von Molekülformeln ist bei Gasen besonders einfach, wenn deren physikalisches Gleichverhalten und deren Interpretation mit Hilfe des Satzes von Avogadro bekannt sind. Deshalb bietet es sich an, den Molekülbegriff als Erweiterung der Vorstellungen über den Aufbau von Stoffen bei der Behandlung der Gase einzuführen.

Im Physikunterricht werden die Gasgesetze im Laufe des Schuljahrgangs 9 behandelt. Eine Absprache zwischen beiden Fächern ist daher erforderlich.

Für den Schuljahrgang 9 ist lediglich die Ermittlung erster einfacher Molekülformeln wie O_2 , H_2 , N_2 und H_2O vorgesehen. Dabei reicht es aus, über die Dichte der Gase oder mit Hilfe des Satzes von Avogadro und der Volumenverhältnisse bei Gasreaktionen zu vorläufigen Aussagen zu kommen. Erst im Schuljahrgang 11 soll an weiteren Beispielen (z. B. bei der Analyse einer organischen Verbindung) die experimentelle Bestimmung einer Molekülformel durchgeführt werden, weil dann die Gasgesetze aus dem Physikunterricht bereitgestellt sind und eine weitergehende Bestimmung möglich ist.

Inhalte	Inhaltliche und methodische Hinweise
<p>Gase</p> <p>gleichartiges Verhalten von Gasen</p> <p>Satz von Avogadro</p> <p>molekulare elementare Gase</p>	<p>Zusammenhang zwischen Druck, Temperatur und Volumen eines Gases (qualitativ) PH [9]</p> <p>Simulationen</p> <p>Anwendung auf Reaktionen, an denen Gase beteiligt sind, z. B. Wassersynthese</p>
<p>Moleküle</p> <p>Molekülformel</p> <p>Molekülmasse</p>	<p>experimentelle Ermittlung bei Elementen und Verbindungen</p> <p>Verhältnisformel, Molekülformel</p> <p>Zusammenhang zwischen Dichte von Gasen und Teilchenmasse (grafische Ermittlung), molare Masse</p>

Themenbereich 6: Systematisieren von Stoffen und Teilchen

Die Eigenschaften und das Reaktionsverhalten der Alkalimetalle und Halogene werden untersucht, beschrieben und gesammelt. Der Vergleich führt zum Begriff der Elementfamilien. Am Beispiel dieser beiden Elementfamilien werden die jeweils grundsätzlich gleichartigen, aber graduell unterschiedlichen Eigenschaften und Reaktionen besonders deutlich. Die Ähnlichkeit der Alkalimetalle wird bereits an den Elementen offensichtlich, während die Halogene die Ähnlichkeit bei ihren Verbindungen zeigen. Zur Festigung des Begriffs Elementfamilie und zur Erweiterung der Basis für die Entwicklung des Periodensystems ist eine ergänzende Behandlung der Erdalkalimetalle und Edelgase empfehlenswert.

Die Reaktionen der Alkalimetalhydroxide und der Halogenwasserstoffe mit Wasser liefern den Schülerinnen und Schülern eine erste Erklärung für die Bildung und die Zusammensetzung alkalischer und saurer Lösungen. Die Deutung der Säuren und Laugen im Sinne von Arrhenius erfolgt im Themenbereich 11.

Die Einteilung von Elementen in Familien findet unter Berücksichtigung der Atommassen ihre Vollendung im Periodensystem der Elemente. Weitergehende Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge innerhalb des Periodensystems werden mit Hilfe differenzierter Atommodelle (Themenbereich 7) erarbeitet.

Inhalte	Inhaltliche und methodische Hinweise
Elementfamilien Charakteristische Eigenschaften und Reaktionen Vergleiche innerhalb der Elementfamilien Alkalimetalle Hydroxide, alkalische Lösungen Halogene Halogenwasserstoffe, saure Lösungen Halogenide	 Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Elemente und ihrer Verbindungen auf der Stoff- und Teilchenebene Erdalkalimetalle Edelgase Salzsäure Kochsalz
Periodensystem der Elemente Periodensystem als Ordnungs- und Klassifikationschema	Elementfamilien, Haupt- und Nebengruppen

Themenbereich 7: Erweiterung des Dalton'schen Atommodells

Versuche zur Elektrolyse, das Phänomen der Radioaktivität oder auch die Frage nach dem Zusammenhalt der Atome zeigen den Schülerinnen und Schülern die Notwendigkeit zur Erweiterung des Dalton'schen Atommodells auf.

Der Streuversuch von Rutherford liefert experimentelle Fakten für die Einführung des Kern-Hülle-Modells des Atoms, das die Reihenfolge der Atome im Periodensystem und die Existenz von Ionen erklärt. Da die Radioaktivität im Physikunterricht erst in der Jahrgangsstufe 10 behandelt wird, ist eine Absprache erforderlich.

Durch Vergleich der Ionisierungsenergien wird die Vorstellung von Energiestufen entwickelt, die zum leistungsfähigeren Elektronenschalen-Modell der Atomhülle führt. Von der Anzahl der Außen- oder Valenzelektronen hängen wichtige Eigenschaften der Atome ab. Ihre Kenntnis ermöglicht die Vorhersage von Eigenschaften eines Elements.

Es können auch die Grenzen der Aussagekraft des Elektronenschalen-Modells und der Oktettregel thematisiert werden, z. B. an der Tatsache, dass die Bildung von Metall-Kationen unter Energiezufuhr abläuft.

Inhalte	Inhaltliche und methodische Hinweise
Kern-Hülle-Modell des Atoms Proton, Neutron, Kern, Kernladungszahl, Ordnungszahl, Isotope Elektron	Radioaktivität PH [10], Rutherford-Versuch Elektronen-Atomrumpf-Modell PH [9]
Elektronenschalen-Modell Energiestufen, Elektronenschalen Valenzelektronen Edelgaskonfiguration, Oktettregel	Ionisierungsenergien

Themenbereich 8: Ionen und Ionenverbindungen

Das Vorhandensein von Elektronen in Metallen ist den Schülerinnen und Schülern bereits aus dem Physikunterricht der Schuljahrgänge 8 und 9 bekannt (Physik: Elektrizitätslehre I und II).

Im Chemieunterricht zeigt sich nun, dass *alle* Atome Elektronen enthalten. Daraus ergibt sich eine erste Erweiterung des Dalton'schen Atommodells: Atome bestehen aus einem positiv geladenen Rumpf und einem oder mehreren Elektronen. Schon diese Vorstellung vermag die Bildung positiv und negativ geladener Ionen zu erklären. Die Deutung elektrolytischer Elektrodenprozesse ist mit diesem Elektronen-Atomrumpf-Modell möglich.

Die Frage nach dem Grund der Elektronenübertragung wie auch der Anzahl der übertragenen Elektronen lässt sich für die Atome der Hauptgruppen mit dem leistungsfähigeren Elektronenschalen-Modell und der Oktettregel sowie der Gitterenergie beantworten. Da die Gitterenergie im Sekundarbereich I jedoch noch nicht thematisiert wird, ist hier nur eine propädeutische Behandlung der energetischen Aspekte bei der Salzbildung möglich. Der Zusammenhalt von Ionen in Ionenverbindungen findet durch die elektrostatischen Kräfte eine angemessene Deutung (Physik: Elektrizitätslehre I).

Der Ladungstransport in Salzschnmelzen und Salzlösungen beruht im Gegensatz zum Elektronenfluss in Metallen auf einem bipolaren Leitungsmechanismus. Hier kann die Brücke zum Ladungstransport in Halbleitern (Physik: Elektrizitätslehre II) geschlagen werden.

Sowohl die Ladung von Ionen als auch die Edelgasregel dienen den Lernenden als nützliche Hilfsmittel für die Vorhersage der chemischen Formel von Salzen. Für die Schülerinnen und Schüler ist es sehr hilfreich, auch die Formeln für die festen Salze in der Ionenschreibweise darzustellen (z. B. $\text{Cu}^{2+}\text{Cl}_2(\text{s})$), weil sich darin die Erweiterung des Dalton'schen Atommodells zeigt.

Sollen an dieser Stelle auch Salze mit Molekül-Ionen betrachtet werden, so müssen deren Ladungen mitgeteilt werden. Um den Unterschied zu den Atom-Ionen herauszustellen, bietet sich für die Formeln der entsprechenden Salze ebenfalls die Ionenschreibweise an (z. B. $\text{Mg}^{2+}(\text{NO}_3)_2(\text{s})$). Eine sinnvolle Alternative ist die Einführung der mehratomigen Ionen im Schuljahrgang 10, weil dann durch die Elektronenpaarbindung der Zusammenhalt der beteiligten Atome erklärt werden kann.

Die Deutung der charakteristischen Stoffeigenschaften von Salzen auf Grundlage des Ionengittermodells trägt in besonderer Weise zur Festigung eines Struktur-Eigenschafts-Konzeptes bei.

Bei der Einführung des so genannten erweiterten Redoxbegriffes ist zu beachten, dass die Begriffe Oxidation, Reduktion und Redoxreaktion in der elektronentheoretischen Deutung keine Erweiterung, sondern eine neue Klassifizierung chemischer Reaktion bedeuten (vgl. Themenbereich 2). Daher ist es notwendig, den Wechsel der Begriffsinhalte beim Übergang von der Lavoisier'schen Oxidationstheorie zur elektronentheoretischen Deutung besonders herauszustellen. Da diese Neudefinition in einem sehr kurzen zeitlichen Abstand erfolgt, ist es denkbar, im Sinne einer Erprobung im Schuljahrgang 9 zunächst nur von „Elektronenübertragungsreaktionen“ zu sprechen und die Zuordnung der Begriffe Oxidation und Reduktion erst bei der Einführung der Oxidationszahlen vorzunehmen.

Ist von der Alternative Gebrauch gemacht worden, im vorausgegangenen Unterricht auf den Lavoisier'schen Oxidationsbegriff zu verzichten, wird der Redoxbegriff im Schuljahrgang 9 eingeführt. Hierbei ist zu bedenken, dass eine Anwendung der Begriffe zunächst nur für Ionenverbindungen möglich ist. Für die Ausweitung des Konzeptes auf Molekülverbindungen ist die Einführung der Oxidationszahl erforderlich.

Die Bedeutung von Redoxvorgängen in Alltag und Technik kann im Rahmen von Projekten am Beispiel einfacher Elektrolyseprozesse, elektrischer Energiequellen oder von Galvanisiervorgängen erarbeitet werden.

Inhalte	Inhaltliche und methodische Hinweise
<p>Ionen</p> <p>elektrische Leitfähigkeit von Salzlösungen und Salzschnmelzen</p> <p>Elektrolyse Anode, Kathode Stoffabscheidung an den Elektroden Ionen, Anionen, Kationen Elektronenübertragung</p> <p>Bildung von Ionenverbindungen aus den Elementen</p> <p>Ionenbindung, Ionengitter</p> <p>Salze und ihre Eigenschaften</p> <p>Struktur-Eigenschafts-Beziehungen bei Salzen</p>	<p>Leitfähigkeitsuntersuchungen PH [8]</p> <p>Energieumwandlung PH [9, 10]</p> <p>Ionen als geladene Atome Reaktionsgleichungen für Elektrodenprozesse in Ionenschreibweise</p> <p>Halogenide, Oxide, Sulfide</p> <p>Kristalle, Gittermodelle, Mineralien</p> <p>Salze als Ionenverbindungen chemische Formeln von Salzen Molekül-Ionen (z. B. Nitrat-, Sulfat-Ion) Löslichkeit, Nachweisreaktionen für Ionen</p> <p>Härte, Schmelz- und Siedetemperaturen, Sprödigkeit</p>
<p>Elektronenübertragungsreaktionen</p> <p>Oxidation als Elektronenabgabe Reduktion als Elektronenaufnahme Redoxreaktionen als Elektronenübergänge</p>	<p>elektronentheoretische Deutung</p> <p>Reaktionen zwischen Metall- und Nichtmetallatomen Nichtmetallatome als Oxidationsmittel, Metallatome als Reduktionsmittel</p> <p>einfache Batterien, Aluminiumgewinnung, Kupferaffination, Galvanisieren (<i>Projekte</i>)</p>

Schuljahrgang 10

Themenbereich 9: Einfache organische Verbindungen

Die Themenbereiche 9 und 10 sind außerordentlich stark miteinander verknüpft, da sich bei der Erweiterung des Atommodells zu einem Tetraeder-Modell und der Einführung der unpolaren und polaren Elektronenpaarbindung einfache organische Moleküle besonders anbieten. Auch die Zusammenhänge zwischen der Molekülstruktur und den Eigenschaften der Stoffe werden an Beispielen aus der organischen Chemie gut deutlich.

Bei der erstmaligen Behandlung der organischen Chemie in systematischer Form soll einerseits der einfache Grundbauplan homologer Reihen zusammen mit der entsprechenden Nomenklatur herausgestellt werden, andererseits ist eine übertriebene Systematik zu vermeiden. Ebenso darf die Nomenklatur nicht zum Selbstzweck werden. Wichtiger ist die Behandlung ausgewählter Alkane in ihrer Bedeutung als Energieträger.

Kunststoffe spielen in der heutigen Zeit eine herausragende Rolle. Am Beispiel des Reaktionstyps der Polymerisation wird die Synthese von einfachen Monomeren mit einer Doppelbindung zu Makromolekülen deutlich.

Die Alkohole eignen sich besonders zur Demonstration der abgestuften Eigenschaften, die aus den Wechselwirkungen zwischen unpolaren und polaren Bereichen in den Molekülen resultieren. Hydrophilie und Lipophilie sind Eigenschaften, die auch im Fach Biologie Bedeutung erlangen.

Inhalte	Inhaltliche und methodische Hinweise
Kohlenwasserstoffe indirekte Nachweise von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen homologe Reihe der Alkane und Alkene Kunststoffe	Nomenklatur Erdgas und Erdöl (Benzin) als Energieträger Polymerisation (PE, PP, PVC) Bedeutung der Kunststoffe Recycling Vom Erdöl zum Kunststoff (<i>Projekt</i>)
Alkohole homologe Reihe der Alkanole	Bedeutung der Alkohole Gärung Alkohol als Droge (<i>Projekt</i>)

<p>Molekülstruktur und Stoffeigenschaften</p> <p>Siedetemperatur</p> <p>Löslichkeit, hydrophil, lipophil</p> <p>Viskosität</p>	<p>Erklärung über zwischenmolekulare Wechselwirkungen</p> <p>Schmelztemperatur</p> <p>Flammtemperatur</p> <p>Entzündlichkeit (Gefahrensymbole F+, F)</p> <p>polare und unpolare Lösemittel</p> <p>Glycerin, Öle</p>
---	---

Themenbereich 10: Elektronenpaarbindung, Polarität von Bindungen und Molekülen

Sucht man nach einer Erklärung für die Existenz von Molekülen, so bietet sich – unter Beachtung der Oktett- bzw. Dublettregel – die Vorstellung von gemeinsamen Elektronenpaaren an. Im Gegensatz zu den Ionen in salzartigen Strukturen erreichen die Atome in den Molekülen nur eine scheinbare Edelgaskonfiguration. Vorübergehend sollten die Elektronenformeln mit Punkten in der Lewis-Schreibweise entwickelt, dann aber die Elektronenpaare durch Striche ersetzt werden. Die Valenzstrichformel gibt nicht nur über die Art und die jeweilige Anzahl von Atomen im Molekül Auskunft, sondern auch darüber, wie die einzelnen Atome im Molekül gebunden sind.

Aus der Valenzstrichformel lässt sich mit Hilfe eines vereinfachten Elektronenpaarabstoßungs-Modells (Tetraeder-Modell) die räumliche Struktur von Molekülen entwickeln. Zur Veranschaulichung sind Molekülbaukästen geeignet.

Bei der Behandlung der Polarität von Bindungen in einfachen organischen und anorganischen Molekülen wird der Begriff der Elektronegativität eingeführt.

Eine gemeinsame Betrachtung der räumlichen Struktur und der Bindungspolarität macht die Deutung und die Voraussage von Dipolmolekülen möglich. Die Kenntnis der Polarität von Molekülen sowie die Vorstellung verschiedener zwischenmolekularer Wechselwirkungen eröffnet viele Anwendungen des für die Chemie spezifischen Wechselspiels zwischen der Modellebene und der stofflichen Ebene. Beispiele sind die Abschätzung der Siedetemperatur oder die Deutung der Löslichkeit.

Inhalte	Inhaltliche und methodische Hinweise
<p>Elektronenpaarbindung und Molekülstruktur</p> <p>bindende und freie Elektronenpaare Valenzstrichformel unpolare Atombindung räumlicher Bau einfacher Moleküle</p>	<p>tetraedrische Anordnung der Valenzelektronenpaare</p>
<p>Polarität von Bindungen und Molekülen</p> <p>polare Elektronenpaarbindung, Elektronegativität Dipolmoleküle zwischenmolekulare Wechselwirkungen</p>	<p>Wasser als Lösemittel, Lösen von Salzen und polaren Substanzen Wasserstoffbrückenbindungen Van-der-Waals-Kräfte</p>

Themenbereich 11: Saure und alkalische Lösungen

Die sauren und alkalischen Lösungen nehmen unter den wässrigen Elektrolytlösungen eine Sonderstellung ein. Sie können nach dem Arrhenius-Konzept behandelt werden. Charakteristische Bestandteile saurer bzw. alkalischer Lösungen sind demnach Wasserstoff- bzw. Hydroxid-Ionen. Die Einführung des Oxonium-Ions als charakteristisches Teilchen in sauren Lösungen $[(\text{H}_3\text{O})^+(\text{aq})]$ ist möglich, ohne dass die Brönsted-Theorie eingeführt wird.

Die Neutralisationsreaktion legt die Annahme nahe, dass Wasserstoff- und Hydroxid-Ionen in wässriger Lösung nicht koexistieren können. Die Neutralisation von sauren und alkalischen Lösungen bietet sich auch an, um den Begriff der Stoffmengenkonzentration einzuführen und ihn dabei gegen andere Konzentrationsangaben abzugrenzen.

Bei der Betrachtung von Reaktionen saurer Lösungen mit unedlen Metallen oder mit Carbonaten sollten ebenso wie bei der Neutralisation zunächst phänomenologische Aspekte im Vordergrund stehen. Die Deutung dieser Reaktionen auf der Teilchenebene zeigt, dass entweder Protonen oder Elektronen übertragen werden (Donator-Akzeptor-Prinzip).

Inhalte	Inhaltliche und methodische Hinweise
<p>Charakteristische Teilchen in sauren und alkalischen Lösungen</p> <p>Wasserstoff-Ionen in sauren Lösungen $\text{H}^+(\text{aq})$</p> <p>Hydroxid-Ionen in alkalischen Lösungen $(\text{OH})^-(\text{aq})$</p>	<p>Definition nach Arrhenius</p> <p>$(\text{H}_3\text{O})^+(\text{aq})$</p> <p>organische und anorganische Säuren</p> <p>Natronlauge, Kalkwasser, Ammoniakwasser (Salmiakgeist)</p> <p>organische und anorganische Säurerest-Ionen, Ammonium-Ion (Molekül-Ionen)</p>
<p>Reaktionen saurer und alkalischer Lösungen</p> <p>Neutralisation</p> <p>Titration</p> <p>Konzentrationsbegriff</p> <p>Reaktionen saurer Lösungen mit unedlen Metallen</p> <p>Reaktionen saurer Lösungen mit Carbonaten</p>	<p>Protonenübertragung, Elektronenübertragung</p> <p>Stoffmengenkonzentration, Massenkonzentration, Massenanteil</p> <p>Korrosion</p> <p>Reaktionen saurer Lösungen mit Metalloxiden</p> <p>Hydrogencarbonate</p> <p>Entkalker</p> <p>Antacida (Säureregulatoren), Lebensmittel-Zusatzstoffe (<i>Projekte</i>)</p>

Hinweise / Anmerkungen zum Schuljahrgang 11

Die Behandlung einfacher organischer Verbindungen (homologe Reihen, Struktur-Eigenschafts-Beziehungen) im Themenbereich 9 des Schuljahrgangs 10 führt zu einer zeitlichen Entlastung bei der Erarbeitung der für die Vorstufe vorgesehenen Inhalte (siehe Rahmenrichtlinien für die gymnasiale Oberstufe für das Fach Chemie von 1997). Dadurch wird es möglich, die dort bei den Hinweisen, Anregungen und Anknüpfungen aufgeführten Themen und Inhalte stärker zu berücksichtigen. Zusätzlich bietet sich die Chance, durch verschiedene Lernformen die methodischen Kompetenzen bei den Schülerinnen und Schülern in höherem Maße zu fördern. Selbstständiges Arbeiten in projektorientierten Unterrichtsphasen schult die im Hinblick auf die Erstellung von Facharbeiten in der Kursstufe notwendigen Fähigkeiten und Fertigkeiten.