Chemie 11. Klasse

Methodische Hinweise

Ausgabe 1972

Zum Lehrplan 1969

C H E M I E

11. Klasse

Methodische Hinweise
zum Lehrplan 1969
(Ausgabe 1972)

Volk und Wissen
Volkseigener Verlag Berlin
1972

Autor
Werner Trebing

1. Auflage
Ausgabe 1972
Veränderte und ergänzte Fassung der Ausgabe von 1969
(Bestell-Nr. 03 21 13-1)
Lizenz Nr. 203 • 1000/72 (SN)
ES 10 C
Redaktionelle Bearbeitung: Edward Gutmacher
Zeichnungen: Sybille Linka
Gesamtherstellung: Staatsdruckerei der Deutschen Demokratischen Republik
Redaktionsschluß: 15. Mai 1972
Bestell-Nr. 03 21 35-1
Preis: 5,–

Inhalt

		Seite
0.	Einführung	5
1.	Funktion des Chemieunterrichts in der Abiturstufe	7
2.	Struktur des Lehrgangs in der Klasse 11	11
2.1.	Nutzung der Vorleistungen aus dem Chemieunterricht der Klassen 7 bis 10	11
2.2.	Zur staatsbürgerlichen Bildung und Erziehung	18
2.3.	Zu wichtigen Schülertätigkeiten	26
2.4.	Koordinierung mit anderen Unterrichtsfächern	37
2.5.	Zur didaktisch-methodischen Gestaltung des Unterrichts	43
3.	Atombau - chemische Bindung	55
3.1.	Hinweise zum Stoffgebiet	55
3.2.	Stundenerläuterungen	62
4.	Ermittlung der Summen- und Strukturformel	89
4.1.	Hinweise zum Stoffgebiet	89
4.2.	Stundenerläuterungen	93
5.	Makromolekulare Stoffe	107
5.1.	Hinweise zum Stoffgebiet	107
5.2.	Stundenerläuterungen	115
6.	Literatur	159

Abkürzungen

LV	Lehrervortrag
UG	Unterrichtsgespräch
SSA	selbständige Schülerarbeit
SV	Schülervortrag
LK	Leistungskontrolle
LDE	Lehrerdemonstrationsexperiment
SE	Schülerexperiment
LB	Textstelle im Lehrbuch
LB-Abb.	Abbildung im Lehrbuch
LB-Tab.	Tabelle im Lehrbuch
LB-Übersicht	Übersicht im Lehrbuch
LB-Aufg.	Aufgabe im Lehrbuch

0. Einführung

Die "Methodischen Hinweise" wurden auf der Grundlage des Lehrplans Chemie für die Klasse 11, Ausgabe 1972, entwickelt. Sie sollen zur Verwirklichung der Lehrplanforderungen beitragen und den Lehrer bei der Planung des Bildungs- und Erziehungsprozesses unterstützen. Die "Methodischen Hinweise" enthalten Empfehlungen zur Verwirklichung der Festlegungen im Lehrplan über Ziele, Inhalt und Methoden des Chemieunterrichts in Klasse 11 und setzen eine solide Lehrplankenntnis voraus.

Der erste Abschnitt enthält Aussagen zum Anteil des Chemieunterrichts in der Abiturstufe an der Herausbildung allseitig entwickelter sozialistischer Persönlichkeiten.

Im zweiten Abschnitt werden Schwerpunkte für die Weiterentwicklung der sozialistischen Allgemeinbildung und die Herausbildung sozialistischer Grundüberzeugungen im Chemieunterricht der Klasse 11 genannt. Dabei wird zunächst auf die Nutzung des Wissens und Könnens sowie der erworbenen Überzeugungen, Verhaltensweisen und Einstellungen aus dem Chemieunterricht der Klassen 7 bis 10 eingegangen. Danach folgt die Beschreibung von Ansatzpunkten für die staatsbürgerliche Bildung und Erziehung im Chemieunterricht der Klasse 11 sowie die Erläuterung wichtiger geistiger und praktischer Tätigkeiten der Schüler. In mehreren Übersichten werden Möglichkeiten der Koordinierung des Chemieunterrichts mit anderen Unterrichtsfächern dargestellt. Anschließend sind Beispiele für die didaktisch-methodische Gestaltung des Chemieunterrichts in der Klasse 11 beschrieben.

Der dritte, vierte und fünfte Abschnitt enthalten Hinweise zu fachlichen und methodischen Schwerpunkten bei der Behandlung der verschiedenen Stoffgebiete und Vorschläge zur Planung der Ziele, zur Gliederung des Inhalts und zur methodischen Gestaltung der einzelnen Unterrichtsstunden. Mit den Stundenerläuterungen werden Vorschläge zur Verwirklichung der Zielstellungen im Lehrplan und zur Gestaltung des einheitlichen Prozesses der Aneignung von Wissen und Können sowie der Herausbildung von Überzeugungen, Verhaltensweisen und Einstellungen unterbreitet. Die Verteilung des

Unterrichtsstoffes auf die einzelnen Stunden erfolgt auf der Grundlage des Lehrplans. Die Stundenerläuterungen enthalten Angaben zum Stundenziel, zur Gliederung der Stunde in einzelne Unterrichtsabschnitte und zu den Tätigkeiten des Lehrers und der Schüler. Im Stundenziel sind die Schwerpunkte für den Wissenserwerb, die Entwicklung des Könnens und die Erziehungsarbeit in der Unterrichtsstunde angegeben. Mit den Vorschlägen zur Gliederung der Unterrichtsstunde in mehrere Abschnitte und zum zeitlichen Ablauf der Stunde erhält der Lehrer Anregungen für die Gestaltung der Relation zwischen Unterrichtsstoff und Unterrichtszeit. Die methodischen Hinweise zu den Tätigkeiten des Lehrers und der Schüler im Unterrichtsprozeß sollen die Planung der Bildungs- und Erziehungsarbeit erleichtern und zu einer rationellen Unterrichtsgestaltung beitragen. Bei der Erläuterung der Tätigkeiten des Lehrers und der Schüler sind verschiedene Abkürzungen verwendet worden (s. S. 4).

Die Literaturangaben im sechsten Abschnitt sind nicht nur als Quellenangaben gedacht, sondern sollen zur weiteren Auseinandersetzung mit fachlichen, didaktischen und methodischen Problemen anregen.

Entsprechend der Gliederung der "Methodischen Hinweise" sind Aussagen zu einzelnen Stoffabschnitten des Lehrplans an verschiedenen Stellen der Broschüre zu finden. Seitenverweise auf betreffende Abschnitte sollen daher die Benutzung der Broschüre erleichtern. Die Verweise auf Aussagen zu einzelnen Stoffabschnitten des Lehrplans sind bei den Stundenerläuterungen im dritten, vierten und fünften Abschnitt zusammengestellt.

1. Funktion des Chemieunterrichts in der Abiturstufe

Die allgemeinbildende polytechnische Oberschule hat wichtige Aufgaben bei der Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik zu erfüllen. Sie muß in einem wissenschaftlichen und parteilichen Unterricht hohe Allgemeinbildung vermitteln und eine hohe Wirksamkeit der sozialistischen Erziehung erreichen. In der allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule sind die Schüler zu bewußten sozialistischen Staatsbürgern zu erziehen, die aktiv an der Gestaltung des gesellschaftlichen Lebens mitwirken (1; S. 24). Aus dieser Funktion der allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule erwachsen die Aufgaben für den Chemieunterricht in der Abiturstufe bei der Bildung und Erziehung sozialistischer Persönlichkeiten.

Die Schüler sollen im Chemieunterricht der Klassen 11 und 12 sichere Kenntnisse über Erscheinungen und Prozesse in der Natur und ihre Anwendung in der sozialistischen Produktion erwerben. Im Chemieunterricht der Abiturstufe werden Kenntnisse vermittelt, Fähigkeiten und Fertigkeiten weiterentwickelt und Überzeugungen vertieft, die für ein erfolgreiches Studium an Universitäten, Hoch- und Fachschulen und eine verantwortungsvolle Tätigkeit als sozialistischer Facharbeiter notwendig sind.

Mit der Vermittlung eines anwendungsbereiten Wissens, der Herausbildung solider Fähigkeiten und Fertigkeiten und der Entwicklung wichtiger Elemente des sozialistischen Arbeitsverhaltens wird im Chemieunterricht der Abiturstufe ein wesentlicher Beitrag zur polytechnischen Bildung und Erziehung der Schüler geleistet. Ein hohes Niveau der sozialistischen Allgemeinbildung ist die sichere Grundlage für die Leistungsfähigkeit der jungen Menschen in Wissenschaft, Technik und Produktion. Eine hohe Allgemeinbildung ermöglicht den jungen Menschen, mit der gesellschaftlichen und wissenschaftlich-technischen Entwicklung Schritt zu halten.

Der wissenschaftlich-technische Fortschritt ist durch einen ständig zunehmenden Umfang der wissenschaftlichen Tätigkeit und der wissenschaftlichen Durchdringung der Produktion gekennzeichnet. Die Wissenschaft wird zu einer unmittelbaren Produktivkraft. Von den Chemikern werden immer neue Stoffe entdeckt, auf ihre Verwen-

dung zum Nutzen des Menschen untersucht und ständig neue Verfahren zur Herstellung von chemischen Erzeugnissen geprüft. Die Produktion großer Mengen chemischer Erzeugnisse hat zur Konstruktion von Reaktionsapparaten mit großen Abmessungen und automatischer Steuerung geführt. Der erreichte hohe Stand der Automatisierung vieler Verfahren der chemischen Industrie ist beispielgebend für die Erhöhung der Arbeitsproduktivität in anderen Bereichen der sozialistischen Volkswirtschaft geworden (2). So wird die Effektivität der Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen in den nächsten Jahren beträchtlich erhöht und damit die Werkstoffgrundlage für die Elektrotechnik, den Maschinenbau, das Bauwesen und die Textilindustrie wesentlich erweitert. Chemische Erzeugnisse für die Landwirtschaft tragen besonders zur Steigerung der Hektarerträge bei (3; S. 76)(4; S. 132). Auch die Erweiterung der Rohstoffgrundlage für die chemische Industrie durch den zunehmenden Einsatz von Erdöl und Erdgas setzt die rasche Verwirklichung wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis voraus. Die volle Entfaltung der Wissenschaft Chemie als Produktivkraft ist deshalb ein besonderes Kennzeichen für die weitere Chemisierung der Volkswirtschaft in der Deutschen Demokratischen Republik.

Die Funktion des Faches Chemie in den Klassen 11 und 12 besteht in der Vermittlung grundlegender Fakten über die Zusammensetzung und die Eigenschaften von Stoffen, in der Weiterentwicklung eines Systems von Begriffen der Wissenschaft Chemie und anderer Naturwissenschaften sowie in der Behandlung grundlegender Gesetzmäßigkeiten über den Bau der Stoffe und den Ablauf chemischer Reaktionen. Mit der Vermittlung von Kenntnissen und Einsichten über wichtige Bereiche der anorganischen und organischen Chemie, der allgemeinen Chemie und der chemischen Technologie werden notwendige Voraussetzungen für die Bewältigung der zukünftigen Aufgaben bei der Entwicklung der sozialistischen Gesellschaft geschaffen. Deshalb bilden anwendungsbereite Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen der Struktur der Teilchen und den Eigenschaften von makromolekularen Stoffen sowie Verbindungen der Nebengruppenelemente und tiefe Einsichten über den Bau der Atome auf der Grundlage des quantenmechanischen Atommodells sowie über das chemische Gleichgewicht an Hand des Massenwirkungsgesetzes einen festen Bestandteil der sozialistischen Allgemeinbildung in der Abiturstufe.

Aus der Entwicklung von Wissenschaft, Technik und Produktion ergeben sich für den Chemieunterricht der Klassen 11 und 12 Konsequenzen hinsichtlich der Weiterentwicklung allgemeiner und fachspezifischer Denk- und Arbeitsweisen. Die Stellung des Menschen im System der Produktivkräfte verändert sich unter sozialistischen Produktionsverhältnissen. Der Mensch wird immer mehr zum Beherrscher großer Produktionsanlagen. Im Produktionsprozeß verlagert sich der Anteil der menschlichen Arbeit von der Fertigung auf die Forschung, Entwicklung, Konstruktion und Einrichtung. Dadurch wird die ständige Aneignung wissenschaftlicher Erkenntnisse und die schnelle Umsetzung in die Produktion ein besonderes Merkmal des wissenschaftlich-technischen Fortschritts.
Im Chemieunterricht der Abiturstufe sind daher am Beispiel der Zusammensetzung natürlicher und synthetischer makromolekularer Stoffe, an elektrochemischen Reaktionen sowie an chemischen Reaktionen bei der Herstellung und Verarbeitung fotochemischer Produkte Einsichten hinsichtlich der Übertragung chemischer Erkenntnisse in die Produktion und die Nutzung von Forschungsmethoden in der Technik zu entwickeln. Die Vermittlung von Kenntnissen über Stoffe und Reaktionen schließt die Vervollkommnung von Fähigkeiten und Fertigkeiten in der Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten, in der Benutzung von Tabellen und Nomogrammen sowie in der Anfertigung grafischer Darstellungen ein und geht mit der Entwicklung allgemeiner Techniken der geistigen Arbeit einher. Das gilt insbesondere für das selbständige Erkennen und Lösen von Problemen bei chemischen Erscheinungen und die Nutzung von Modellen im Erkenntnisprozeß.
Im engen Zusammenwirken mit den anderen Unterrichtsfächern ergibt sich auch für den Chemieunterricht der Abiturstufe die Notwendigkeit, alle Bereiche des gesellschaftlichen Lebens mit der sozialistischen Ideologie zu durchdringen (5) (6). Die aktive Auseinandersetzung mit vielfältigen Erscheinungen in Natur und Gesellschaft fördert die Herausbildung einer wissenschaftlichen Weltanschauung und beeinflußt zugleich die Einstellung der Schüler zu den gewonnenen Erkenntnissen. Das Verständnis für Stoffe und Reaktionen ist deshalb mit der Herausbildung philosophischer Verallgemeinerungen von der Erkennbarkeit und materiellen Einheit der Welt sowie von der wechselseitigen Bedingtheit der Erscheinungen und

Prozesse zu verbinden. Bei der Untersuchung chemischer Probleme sind Vorüberlegungen zu treffen und Hypothesen aufzustellen. Die Hypothesen müssen überprüft und die gewonnenen Ergebnisse ausgewertet werden. Diese geistigen und praktischen Tätigkeiten der Schüler müssen im Chemieunterricht der Klassen 11 und 12 vervollkommnet und als Schritte beim Anwenden der experimentellen Methode zum Erkenntnisgewinn bewußt werden.

Am Beispiel verschiedener Verfahren der Herstellung metallischer und nichtmetallischer Werkstoffe können im Chemieunterricht der Abiturstufe technische und ökonomische Probleme der Entwicklung der sozialistischen Volkswirtschaft aufgegriffen und damit Überzeugungen von der politischen, ökonomischen, moralischen und militärischen Überlegenheit der sozialistischen Gesellschaftsordnung gegenüber der kapitalistischen Gesellschaft angebahnt werden. Im Chemieunterricht der Klassen 11 und 12 besteht die Möglichkeit, die vielfältigen Zusammenhänge zwischen dem raschen Entwicklungstempo der gesellschaftlichen Produktivkräfte und der Weiterentwicklung der sozialistischen Produktionsverhältnisse sichtbar zu machen und die Ausbildung wesentlicher Bewußtseins- und Verhaltensqualitäten vorzubereiten. Die Vermittlung von Einsichten über die Steigerung der Effektivität der chemischen Industrie innerhalb der Volkswirtschaft der Deutschen Demokratischen Republik muß zur Herausbildung von Überzeugungen von der Notwendigkeit der Weiterentwicklung der sozialistischen ökonomischen Integration mit den Mitgliedsländern des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe führen, das Verantwortungsbewußtsein für die Erfüllung eingegangener Verpflichtungen vertiefen und Gefühle des Stolzes auf die Errungenschaften bei der Gestaltung der sozialistischen Gesellschaft entwickeln (7).

2. Struktur des Lehrgangs in der Klasse 11

Der Inhalt des Lehrgangs für den Chemieunterricht der Klasse 11 ergibt sich aus der Zielstellung für den Chemieunterricht der Abiturstufe. Danach ist im Chemieunterricht der Klasse 11 das Wissen und Können aus dem Chemieunterricht der Klassen 7 bis 10 zu vertiefen und weiterzuentwickeln. Darüber hinaus kann im Chemieunterricht der Klasse 11 auf eine abgerundete Allgemeinbildung aus allen Unterrichtsfächern aufgebaut werden.
Die Weiterentwicklung der Allgemeinbildung im Chemieunterricht der Klasse 11 erfolgt vor allem unter dem Gesichtspunkt, die Vorstellungen der Schüler über den Zusammenhang zwischen den Eigenschaften der Stoffe und den Bindungsverhältnissen zwischen den Atomen und Ionen zu vertiefen und damit die Einsichten in die Wechselwirkung zwischen der Erscheinung und dem Wesen der Dinge zu festigen.

2.1. Nutzung der Vorleistungen aus dem Chemieunterricht der Klassen 7 bis 10

Zur Sicherung eines einheitlichen Ausgangsniveaus am Anfang der Klasse 11 sind die Vorleistungen aus dem Chemieunterricht der Klassen 7 bis 10 sorgfältig zu beachten. Die Schüler haben sich im Chemieunterricht der Klassen 7 bis 10 Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie Überzeugungen, Verhaltensweisen und Einstellungen bei der Behandlung wichtiger Bereiche der anorganischen und organischen Chemie, der allgemeinen Chemie und der chemischen Technologie angeeignet.
Im Chemieunterricht der Klassen 7 bis 10 erwerben die Schüler Wissen und Können über die Zusammensetzung von Stoffen und den Ablauf chemischer Reaktionen. Sie besitzen Vorstellungen über Protonen, Neutronen und Elektronen als wichtige Bestandteile der Atome von Elementen und über die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons in der Atomhülle des Wasserstoffatoms. Sie sind imstande, die Elektronenverteilung für die Atome der Hauptgruppenelemente mit den Kernladungszahlen 1 bis 20 abzuleiten und die Zusammenhänge

zwischen der Anordnung der Elemente im Periodensystem der Elemente und dem Bau der betreffenden Atome zu erfassen. Im Chemieunterricht der Klasse 11 werden diese Kenntnisse und Fähigkeiten aufgegriffen und durch die Behandlung der Elektronenkonfiguration der Atome von Hauptgruppenelementen auf der Grundlage des quantenmechanischen Atommodells weiterentwickelt.

Elementare Vorstellungen über die Arten der chemischen Bindung zwischen Atomen und Ionen in anorganischen und organischen Stoffen besitzen die Schüler von der Klasse 8 an. Sie haben daher Kenntnisse über Atombindung, Ionenbeziehung und Metallbindung und kennen Atome, Ionen und Moleküle als allgemeine Bestandteile der verschiedenen Stoffe. In der Klasse 11 sind insbesondere die Vorstellungen über die Atombindung in Molekülen anorganischer und organischer Stoffe weiterzuentwickeln, da das Wesen der Atombindung erst durch die Orbitalmodelle deutlich wird und die unterschiedlichen chemischen Eigenschaften von Stoffen mit Einfachbindungen beziehungsweise Mehrfachbindungen im Molekül auf der Grundlage des quantenmechanischen Atommodells erklärt werden können.

Die Gesetzmäßigkeiten im Periodensystem der Elemente werden in den Klassen 8 und 10 an den Eigenschaften von Hauptgruppenelementen erläutert. Die Schüler lernen die Zusammenhänge zwischen dem Bau der Atome und der Anordnung der betreffenden Elemente im Periodensystem der Elemente, die Anwendung der unterschiedlichen Elektronegativitätswerte von Hauptgruppenelementen zur Unterscheidung zwischen Atombindung und Ionenbeziehung sowie die Änderung der sauren und basischen Eigenschaften von Oxiden und die Verteilung von Metallen und Nichtmetallen im Periodensystem der Elemente kennen. Diese Vorstellungen der Schüler werden im Chemieunterricht der Klasse 11 am Beispiel weiterer Hauptgruppenelemente gefestigt.

In den Klassen 8 und 10 erwerben die Schüler an Beispielen wichtiger Verbindungen der Elemente Chlor, Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel Einsichten in die Zusammenhänge zwischen der Struktur der Teilchen und den Eigenschaften der Stoffe. Durch vergleichende Betrachtung von Stoffgruppen der organischen Chemie in den Klassen 8 und 9 werden die Schüler ebenfalls zu der Erkenntnis geführt, daß die gemeinsamen und unterschiedlichen Eigenschaften der organischen Verbindungen durch die Struktur der Moleküle bedingt sind. Diese Erkenntnisse können im Chemieunterricht der Klasse 11 unter

Nutzung der Vorstellungen über die Bindungsverhältnisse in Molekülen anorganischer und organischer Stoffe auf einem hohen theoretischen Niveau verallgemeinert werden.
Im Chemieunterricht der Klassen 7 bis 10 lernen die Schüler wichtige Nachweisreaktionen für Elemente in anorganischen und organischen Verbindungen kennen. Die Vorstellungen über charakteristische Reaktionen von Stoffgruppen der organischen Chemie werden in den Klassen 8 und 9 zur Erläuterung der Nachweismöglichkeiten von Stoffen mit funktionellen Gruppen in Molekülen herangezogen. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen werden im Chemieunterricht der Klasse 11 die allgemeinen Untersuchungsmethoden zur Formelermittlung und Strukturaufklärung anorganischer und organischer Verbindungen leichter verständlich.
An verschiedenen Beispielen großtechnischer Verfahren der anorganischen und organischen Chemie haben die Schüler in den Klassen 7 bis 10 wissenschaftlich-technische, technologische und ökonomische Probleme der chemischen Industrie in der Deutschen Demokratischen Republik kennengelernt. Sie besitzen Kenntnisse über die Herstellung beziehungsweise Verwendung von Eisen und Stahl, Kohle und Erdöl sowie Ammoniak und Schwefelsäure. Die Vorstellungen über die Verarbeitung von Kohle und Erdöl werden in Klasse 11 bei der Behandlung der Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe gefestigt.
Im Chemieunterricht eignen sich die Schüler in den Klassen 7 bis 10 sichere Kenntnisse über den Energieumsatz bei chemischen Reaktionen an. Sie lernen chemische Reaktionen, deren Stoffumsatz unter Energieabgabe verläuft, von solchen Reaktionen zu unterscheiden, bei denen der Stoffumsatz mit einem Energieverbrauch verbunden ist. Bei der Behandlung großtechnischer Verfahren zur Herstellung von Roheisen, Kalkstein, Ammoniak und Schwefelsäure werden die Schüler mit Problemen der wirtschaftlichen Wärmeausnutzung durch sinnvolle Kombination exothermer und endothermer Reaktionen vertraut gemacht. Diese Erkenntnisse sind im Chemieunterricht der Klasse 11 auf die technische Durchführung von Polykondensations- und Polymerisationsreaktionen anzuwenden.
Grundlegende Einsichten über das chemische Gleichgewicht erwerben die Schüler in der Klasse 9. Die Vorstellungen über die Beeinflussung der Lage des chemischen Gleichgewichts durch Änderung des Drucks, der Konzentration und der Temperatur werden in den Klassen 9 und 10 vor allem auf die Methanolsynthese, die Ammoniaksynthese

und die Oxydation des Schwefeldioxids angewendet. Im Chemieunterricht der Klasse 11 sind diese Vorstellungen der Schüler bei der Behandlung der Reaktionen zur Herstellung synthetischer makromolekularer Stoffe zu nutzen.

Im Chemieunterricht der Klassen 7 bis 10 erhalten die Schüler einen Einblick in Möglichkeiten der Systematisierung chemischer Reaktionen. Die Schüler lernen Fällungsreaktionen, Redoxreaktionen, Reaktionen mit Protonenübergang, Additionen, Eliminierungen und Substitutionen als Arten chemischer Reaktionen kennen und ordnen einzelne chemische Reaktionen diesen Reaktionsarten zu. Im Chemieunterricht der Klasse 11 werden diese Vorstellungen durch die Einführung des Reaktionsmechanismus für Additions- und Substitutionsreaktionen weiterentwickelt.

Entsprechend den Anforderungen in den Lehrplänen für den Chemieunterricht der Klassen 7 bis 10 kann zu Beginn der Klasse 11 mit Fähigkeiten der Schüler im Erfassen chemischer Erscheinungen, in der sicheren Anwendung chemischer Begriffe und im selbständigen Wissenserwerb gerechnet werden. Diese Fähigkeiten erstrecken sich auf die zielgerichtete Beobachtung chemischer Erscheinungen. Da eine direkte Wahrnehmung der chemischen Reaktionen nicht möglich ist, werden die Schüler schon in Klasse 7 an die vergleichende Betrachtung der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Ausgangsstoffe und Reaktionsprodukte herangeführt. Die Schüler müssen imstande sein, aus Farbänderungen, Fällungen und Gasentwicklungen bei der Einwirkung verschiedener Stoffe aufeinander Rückschlüsse auf den Ablauf chemischer Reaktionen zu ziehen. Diese Fähigkeiten der Schüler werden im Chemieunterricht der Klasse 11 bei der Behandlung chemischer Eigenschaften verschiedener organischer Verbindungen vervollkommnet.

Die Auswertung chemischer Reaktionen schließt die Deutung der gesammelten Beobachtungsergebnisse aus dem makroskopischen Bereich durch Vorgänge im Bereich der Atome, Ionen und Moleküle ein. Die Erklärung chemischer Reaktionen durch Veränderungen im mikroskopischen und submikroskopischen Bereich trägt zur Entwicklung von Fertigkeiten im Gebrauch der chemischen Zeichensprache bei. Die Fertigkeiten im Umgang mit Symbolen wirken sich im Chemieunterricht der Klasse 11 günstig für die Darstellung der Elektronenkonfiguration von Atomen verschiedener Elemente durch Symbole aus.

In den Klassen 7 bis 10 erwerben die Schüler Sicherheit in der Benutzung von Elementsymbolen und im Aufstellen von Summen- und Strukturformeln chemischer Verbindungen. Daraus ergeben sich günstige Voraussetzungen für das selbständige Entwickeln von Reaktionsgleichungen. In den Klassen 7 bis 10 werden die Schüler mit der Entwicklung von Reaktionsgleichungen für die verschiedenen Arten chemischer Reaktionen vertraut gemacht. Sie erwerben Sicherheit in der Darstellung von Fällungsreaktionen durch Reaktionsgleichungen in Ionenschreibweise, können Reaktionsgleichungen für einfache Redoxreaktionen unter Berücksichtigung der Oxydationszahlen der betreffenden Elemente ableiten und bei Reaktionen von Stoffen mit Atombindungen im Molekül Reaktionsgleichungen unter Verwendung von Strukturformeln aufstellen. Dieses Können muß im Chemieunterricht der Klasse 11 bei der Beschreibung von Reaktionsmechanismen für Additions- und Substitutionsreaktionen genutzt und weiterentwikkelt werden.

Mit zunehmender Sicherheit im Aufstellen von Reaktionsgleichungen entwickeln sich die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schüler im qualitativen und quantitativen Erfassen chemischer Erscheinungen. Die Schüler sollen daher in der Klasse 11 imstande sein, den theoretischen Stoffumsatz bei chemischen Reaktionen zu berechnen und mit der tatsächlichen Ausbeute an Reaktionsprodukten zu vergleichen. Diese Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schüler bilden wertvolle Voraussetzungen für die Berechnungen zur quantitativen Elementaranalyse.

Im Chemieunterricht der Klassen 8 bis 10 werden die Schüler an ausgewählten Beispielen zur schöpferischen Auseinandersetzung mit chemischen Erscheinungen und zum selbständigen Wissenserwerb befähigt. Die gesetzmäßigen Änderungen physikalischer und chemischer Eigenschaften der Elemente einer Periode sind den Schülern am Beispiel der Elemente mit den Kernladungszahlen 1 bis 20 bekannt. Auf der Grundlage der Vorstellungen über die Gesetzmäßigkeiten im Periodensystem der Elemente sind die Schüler in der Lage, aus den Eigenschaften eines Elements auf chemische Eigenschaften einer Gruppe von Elementen zu schließen und chemische Eigenschaften weniger bekannter Elemente und Verbindungen selbständig abzuleiten. Diese Fähigkeiten im selbständigen Wissenserwerb können im Chemieunterricht der Klasse 11 bei der Behandlung des Atombaus und der chemischen Bindung auf der Grundlage des quantenmechanischen Atommodells in vielfältiger Weise genutzt werden.

Die Schüler haben im Chemieunterricht der Klassen 8 bis 10 erfahren, daß die chemischen Eigenschaften organischer Verbindungen durch funktionelle Gruppen in den Molekülen wesentlich bestimmt werden. Sie besitzen damit die Fähigkeit, aus der Anwesenheit funktioneller Gruppen im Molekül Rückschlüsse auf die chemischen Eigenschaften der betreffenden Verbindung zu ziehen und Vermutungen über chemische Reaktionen anzustellen. Diese Fähigkeit ermöglicht im Chemieunterricht der Klasse 11 eine rationelle Unterrichtsgestaltung bei der Behandlung des Zusammenhangs zwischen Struktur der Moleküle und den Eigenschaften natürlicher und synthetischer makromolekularer Stoffe. Die Herausbildung von Fähigkeiten im selbständigen Wissenserwerb geht mit der Entwicklung allgemeiner Techniken der geistigen Arbeit einher. Im Zusammenwirken mit anderen Unterrichtsfächern werden die Schüler im Chemieunterricht schrittweise an das Arbeiten mit Lehrbüchern, Nachschlagewerken und Wissensspeichern herangeführt. Dieses Können ist im Chemieunterricht der Klasse 11 systematisch weiterzuentwickeln.

Im Prozeß der Aneignung eines fundierten Wissens und Könnens bilden sich im Chemieunterricht der Klassen 7 bis 10 Überzeugungen, Verhaltensweisen und Einstellungen heraus, die wesentlichen Einfluß auf die Entwicklung der sozialistischen Persönlichkeit haben und notwendige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Bildungs- und Erziehungsarbeit in der Klasse 11 darstellen. Die Schüler sollen am Beispiel des Gesetzes von der Erhaltung der Masse, der Gesetzmäßigkeiten im Periodensystem der Elemente und des Prinzips von Le Chatelier Überzeugungen erwerben, daß der Mensch immer tiefer in das Wesen chemischer Erscheinungen eindringt und die gewonnenen Erkenntnisse nutzt. Auf der Grundlage der Kenntnisse über die Vielzahl von anorganischen und organischen Verbindungen, die synthetisch hergestellt wird und für die es in der Natur kein Vorbild gibt, sollen die Schüler zu der Überzeugung gelangen, daß der Mensch die Natur immer besser zu beherrschen versteht. Die genannten Überzeugungen fördern die Entwicklung der wissenschaftlichen Weltanschauung der Arbeiterklasse.

Im Chemieunterricht der Klasse 8 sind die Schüler bei der Behandlung des Baus der Atome und der chemischen Bindung zu der Erkenntnis gelangt, daß die vielfältigen Erscheinungen in der Natur durch Modellvorstellungen vereinfacht dargestellt werden können. Den

Schülern ist bekannt, daß Modelle nur einige wesentliche Seiten der objektiven Realität widerspiegeln. Diese Einsicht bildet eine wertvolle Vorleistung für das Verständnis der Bindungsverhältnisse in Molekülen anorganischer und organischer Verbindungen auf der Grundlage von Orbitalmodellen.
Im Chemieunterricht der Klassen 7 bis 10 bestehen bei der Behandlung wissenschaftlich-technischer und volkswirtschaftlicher Probleme der Herstellung von Eisen und Stahl, Ammoniak und Schwefelsäure verschiedene Möglichkeiten, die Leistungen der Werktätigen bei der Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik zu würdigen und bei den Schülern die Überzeugung von der Überlegenheit der sozialistischen Gesellschaftsordnung gegenüber der kapitalistischen Gesellschaft herauszubilden. Dabei wird die Überzeugung gewonnen, daß die weitere Entwicklung der chemischen Industrie und anderer Industriebereiche der Volkswirtschaft eng mit der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit zwischen der Sowjetunion, den anderen sozialistischen Staaten und der Deutschen Demokratischen Republik verknüpft ist. Diese Überzeugung ist im Chemieunterricht der Klasse 11 bei der Einschätzung der Rohstoffsituation für die chemische Industrie zur Steigerung der Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen zu vertiefen und zur Weiterentwicklung des Klassenstandpunkts der Arbeiterklasse zu nutzen.
Im Chemieunterricht der Klassen 9 und 10 haben die Schüler die einzelnen Schritte beim Anwenden der experimentellen Methode zum Erkenntnisgewinn kennengelernt und damit Einsichten in den Erkenntnisprozeß erworben. Den Schülern ist dabei bewußt geworden, daß sie die Ergebnisse ihrer Überlegungen mit der Praxis vergleichen müssen. Die experimentelle Untersuchung chemischer Erscheinungen ist weiterhin mit der systematischen Entwicklung wertvoller Charaktereigenschaften verbunden. Im Chemieunterricht der Klassen 7 bis 10 wird bei der Durchführung chemischer Schülerexperimente das kollektive Verhalten der Schüler gestärkt, die Schüler gewöhnen sich an Exaktheit und Ausdauer bei der Lösung von Problemen und werden zur Sorgfalt im Umgang mit Chemikalien und Laborgeräten angehalten. Diese Persönlichkeitseigenschaften der Schüler sind im Chemieunterricht der Klasse 11 weiterzuentwickeln.

2.2. Zur staatsbürgerlichen Bildung und Erziehung

Die Lehrpläne aller Unterrichtsfächer der allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule bieten vom Gegenstand des Unterrichts her spezifische Möglichkeiten zur Ausbildung von ideologischen Grundüberzeugungen des sozialistischen Staatsbürgers. Die Herausbildung ideologischer Grundüberzeugungen vollzieht sich im Prozeß der Aneignung von Wissen und Können, die staatsbürgerliche Bildung und Erziehung muß daher Bestandteil des pädagogischen Prozesses sein.

Im Chemieunterricht der Klasse 11 werden die Schüler unmittelbar an philosophische Probleme von der Erkennbarkeit der Welt herangeführt. Die Vertiefung der Vorstellungen über den Aufbau der Atomhülle durch die Einführung von Grundlagen des quantenmechanischen Atommodells ist mit einer Einschätzung des raschen wissenschaftlichen Fortschritts bei der Erforschung des Baus der Atome zu verknüpfen (Stoffgebiet 1, 6. Stunde; s. S. 69). Zu analogen Überzeugungen können die Schüler bei der Behandlung der Bindungsverhältnisse in Molekülen anorganischer und organischer Stoffe gelangen. Bei der Behandlung der Reaktionsmechanismen für Additions- und Substitutionsreaktionen lernen die Schüler Beispiele für das Eindringen in das Wesen chemischer Erscheinungen kennen (Stoffgebiet 1, 16. und 19. Stunde; s. S. 82 und 86). Etwa zur gleichen Zeit ist die Grundfrage der Philosophie Gegenstand des Unterrichts im Fach Staatsbürgerkunde, so daß die erzieherischen Absichten im engen Zusammenwirken zwischen beiden Unterrichtsfächern zu verwirklichen sind.

Die philosophischen Erkenntnisse aus dem Fach Staatsbürgerkunde werden im nachfolgenden naturwissenschaftlichen Unterricht auf verschiedene Sachverhalte übertragen. Hier besteht der Anteil des Chemieunterrichts an der Herausbildung der Überzeugung von der Erkennbarkeit der Welt in der Würdigung der wissenschaftlichen Leistungen bei der Struktureufklärung verschiedener Verbindungen (Stoffgebiet 2, 10. Stunde, s. S. 104; Stoffgebiet 3, 11. und 12. Stunde; s. S. 129 und 130) und in der schöpferischen Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse zum Nutzen der Gesellschaft (Stoffgebiet 3, 25. Stunde; s. S. 148). Das gilt besonders für die Entwicklung von Überzeugungen über den Nutzen der Forschungsergebnisse bei der Synthese von Polypeptiden und Proteinen für die Medizin, Biologie und die Landwirtschaft (Stoffgebiet 3, 12. Stunde; s. S. 130).

Die Vertiefung der Vorstellungen über den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Stoffen müssen im Chemieunterricht der Klasse 11 zu Überzeugungen von der materiellen Einheit der Welt führen (Stoffgebiet 1, 13. Stunde; s. S. 78). Die Kenntnisse der Schüler über den Bau der Atome verschiedener Elemente sind zur Ableitung von Einzelurteilen über die materielle Einheit der Welt besonders geeignet. So kann am Beispiel der Elektronenkonfiguration der Atome von Elementen die Einsicht entwickelt werden, daß sich die Elektronen in den Atomen der Elemente mit den Kernladungszahlen 1 bis 4 nur in s-Orbitalen befinden. In den Atomen der Elemente mit den Kernladungszahlen 5 bis 20 sind außer den s-Orbitalen noch p-Orbitale besetzt (Stoffgebiet 1, 4. und 5. Stunde; s. S. 66 und 67). Diese Kenntnisse der Schüler können im nachfolgenden Unterricht des Faches Staatsbürgerkunde verallgemeinert und zur Herausbildung von Überzeugungen vom einheitlichen Aufbau der Atome verschiedener Elemente genutzt werden (8; S. 140).

Im Chemieunterricht der Klasse 11 bestehen vielfältige Möglichkeiten, die Kenntnisse der Schüler über die unterschiedlichen Eigenschaften und die verschiedenartige Struktur makromolekularer Stoffe zu vergleichen und übereinstimmende Merkmale der natürlichen und synthetischen makromolekularen Stoffe als Beispiele für die materielle Einheit der Welt zu werten. Gemeinsames Merkmal aller makromolekularer Stoffe ist die hohe relative Molekülmasse als Ergebnis einer Reaktion von niedrigmolekularen Verbindungen zu makromolekularen Stoffen. Die Behandlung natürlicher und synthetischer makromolekularer Stoffe muß daher zu der Überzeugung führen, daß trotz der Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung der makromolekularen Stoffe übereinstimmende Merkmale festzustellen sind, die eine einheitliche Betrachtung wichtiger Polysaccharide, Polypeptide, Proteine und synthetischer Stoffe als makromolekulare Stoffe gestatten (Stoffgebiet 3, 14., 15. und 28. Stunde; s. S. 133, 134 und 153).

Aus der Behandlung der Struktur von Stoffen und deren Eigenschaften ergibt sich die Notwendigkeit, die Welt nicht nur als Anhäufung von Dingen zu betrachten, zwischen denen ein allgemeiner Zusammenhang besteht, sondern die Wechselwirkung zwischen den Erscheinungen und Prozessen auch im Chemieunterricht zu unterstreichen. Zu Beginn der Klasse 11 sind im Chemieunterricht an verschiedenen Sachverhalten Beispiele für die allgemeine Bedingtheit

der Erscheinungen bereitzustellen, die im Unterricht des Faches Staatsbürgerkunde zur Erläuterung des allgemeinen Zusammenhangs und der Wechselwirkung zwischen den Erscheinungen genutzt werden können. Bei der Behandlung der Elektronenkonfiguration für die Atome der Elemente müssen die Schüler erkennen, daß die Angaben im Vorsatz des Lehrbuches nur für Elemente zutreffen, die keinerlei Energiezufuhr von außen unterworfen sind. Eine Veränderung der äußeren Bedingungen durch Erhitzen oder durch Einwirkung anderer Stoffe hat den Übergang der Atome aus dem Grundzustand in verschiedene angeregte Zustände zur Folge (Stoffgebiet 1, 2., 6. und 10. Stunde; s. S. 64, 69 und 74).

Die Untersuchung von Stoffen hinsichtlich der Anwesenheit charakteristischer Ionen oder funktioneller Gruppen hängt entscheidend von den Bedingungen ab, unter denen die Reaktionen ablaufen. So stellen die Schüler schon bei einem Vergleich der Nachweisreaktionen von Chlor, Stickstoff und Schwefel in anorganischen und organischen Stoffen fest, daß ein positiver Ausfall der Reaktionen durch die äußeren Reaktionsbedingungen, vor allem aber durch die inneren Bedingungen, durch die Bindungsverhältnisse in den Stoffen, beeinflußt wird (Stoffgebiet 2, 1. und 2. Stunde; s. S. 93 und 95). Die Ermittlung der molaren Masse von Verbindungen setzt ebenfalls eine geeignete Wahl der Reaktionsbedingungen voraus (Stoffgebiet 2, 5. Stunde; s. S. 99).

Die Behandlung des Stoffgebiets "Makromolekulare Stoffe" erfolgt parallel zur Vermittlung philosophischer Erkenntnisse über die marxistische Dialektik im Fach Staatsbürgerkunde. Dadurch bestehen Möglichkeiten, allgemeine philosophische Aussagen an chemischen Sachverhalten zu bestätigen. Aus Molekülen von Aminosäuren entstehen infolge der Anwesenheit verschiedener funktioneller Gruppen Ionen unterschiedlicher Zusammensetzung. Die Entstehung von Anionen ist von einem Überschuß an Hydroxid-Ionen abhängig, Kationen bilden sich dagegen in saurer Lösung. Die Art der Ionenbildung wird von äußeren Bedingungen, der Konzentration der Wasserstoff-Ionen, stark beeinflußt (Stoffgebiet 3, 10. Stunde; s. S. 127). Unter Nutzung dieser Kenntnisse der Schüler können Vermutungen über die Entstehung von Zwitter-Ionen angestellt, im weiteren Unterrichtsverlauf bestätigt und durch die Wechselwirkung zwischen den Erscheinungen begründet werden.

Am Beispiel der Herstellung verschiedener Plaste sollen die Schüler begreifen, daß die Eigenschaften technischer Produkte je nach der Molekülgröße und der Struktur der makromolekularen Stoffe unterschiedlich sind (Stoffgebiet 3, 16., 18. und 22. Stunde; s. S. 135, 138 und 144). Die Weiterentwicklung der Vorstellungen über die Möglichkeiten einer Beeinflussung der Reaktionen zur Herstellung makromolekularer Stoffe durch die äußeren Bedingungen können Anleß sein, die Überzeugungen der Schüler von der schöpferischen Anwendung der Naturgesetze durch den Menschen zum Nutzen der Gesellschaft zu stärken.

Im Chemieunterricht der Klasse 11 besteht ausreichend Gelegenheit, von der Erscheinung zum Wesen chemischer Sachverhalte vorzudringen. Eine solche Betrachtungsweise chemischer Erscheinungen bestärkt die Schüler in der Gewißheit, daß die Gesetzmäßigkeiten in der Natur erkannt und genutzt werden können, und trägt wirksam zur Herausbildung der wissenschaftlichen Weltanschauung bei den Schülern bei. Die Beziehungen zwischen der Struktur der Moleküle und den Eigenschaften der Stoffe stehen dabei im Mittelpunkt der Erkenntnisgewinnung.

Bei einem Vergleich der σ- und π-Bindung in Molekülen organischer Verbindungen sollen die Schüler begreifen, daß Atombindungen durch Wechselwirkung zwischen verschiedenen Bindungsorbitalen zustande kommen. Die unterschiedlichen Atombindungen in den Molekülen bedingen unterschiedliche Eigenschaften der betreffenden Verbindungen. Kenntnisse der Schüler über Einfach- oder Mehrfachbindungen in Molekülen verschiedener Stoffe ermöglichen daher Voraussagen über einige chemische Eigenschaften der betreffenden Verbindungen (Stoffgebiet 1, 20. Stunde; s. S. 87).

Die Beziehungen zwischen der Struktur der Moleküle und den Eigenschaften chemischer Verbindungen werden bei den makromolekularen Stoffen besonders deutlich. So ist die Reaktionsfähigkeit von Polysacchariden und Polypeptiden aus der Anwesenheit funktioneller Gruppen im Makromolekül verständlich. Am Beispiel der Bildung von Zellulosederivaten und der Möglichkeiten zum Abbau von Polysacchariden sind die Schüler zu der Erkenntnis zu führen, daß die funktionellen Gruppen im Makromolekül die Eigenschaften des Stoffes beeinflussen. Bei Naturfaserstoffen und Chemiefaserstoffen sind neben dem Zusammenhang zwischen der Struktur der Makromoleküle und den Eigenschaften der Stoffe noch diejenigen Beziehungen wesent-

lich, die sich aus der Molekülform für die Eigenschaften des betreffenden makromolekularen Stoffes ergeben (Stoffgebiet 3, 5. und 7. Stunde; s. S. 121 und 123).

Bei der technischen Herstellung synthetischer makromolekularer Stoffe werden verschiedene Bedingungen und Voraussetzungen genutzt, die Eigenschaften dieser Stoffe zu beeinflussen. So lassen sich die Eigenschaften von Synthesekautschuk durch Verwendung von Mischpolymerisaten variieren, so daß sich Synthesekautschukarten vielseitiger als Naturkautschukarten einsetzen lassen. Die Änderung im Mischungsverhältnis der Ausgangsstoffe hat bei Synthesekautschukarten eine veränderte Struktur der Makromoleküle und damit andere Eigenschaften des Reaktionsprodukts zur Folge. Die Wahl optimaler Reaktionsbedingungen für die Herstellung der makromolekularen Stoffe beeinflußt besonders die relative Molekülmasse des Reaktionsprodukts (Stoffgebiet 3, 20. und 24. Stunde; s. S. 141 und 147).

Die Auseinandersetzung mit den komplizierten Erscheinungen in der Natur erfolgt mit Hilfe von Modellvorstellungen, weil dadurch Zusammenhänge veranschaulicht werden können, die sich der Wahrnehmung weitestgehend entziehen. Aus der Entwicklung der Modellvorstellungen über den Bau der Atome wird dabei besonders deutlich, daß derartige Modelle nur einige Seiten der objektiven Realität widerspiegeln können und deshalb wertvolle Hilfsmittel zur theoretischen Durchdringung chemischer und physikalischer Vorgänge darstellen. So haben die Atommodelle von Rutherford und Bohr zu einer raschen Entwicklung der Atomphysik geführt und zur Herausbildung von Theorien über das Wesen der chemischen Bindung beigetragen. Auf Grund vielfältiger Forschungsergebnisse sind die Atommodelle von Rutherford und Bohr vom quantenmechanischen Atommodell abgelöst worden, das die Wirklichkeit treffender als die anderen Atommodelle widerspiegelt. Die Vermittlung von Einsichten über die historische Entwicklung der Modellvorstellungen vom Bau der Atome sollte daher Anlaß sein, philosophische Aussagen über das Verhältnis von absoluter und relativer Wahrheit an naturwissenschaftlichen Sachverhalten vorzubereiten (Stoffgebiet 1, 1. Stunde; s. S. 62). Damit kann im Chemieunterricht die Herausbildung der wissenschaftlichen Weltanschauung wirksam gefördert und die Stellung der marxistisch-leninistischen Philosophie als theoretischer Grundlage aller fortschrittlichen Wissenschaften deutlich gemacht werden.

Mit der Vermittlung von Kenntnissen über wichtige Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe erhalten die Schüler eindrucksvolle Beispiele für die Wechselwirkung zwischen dem Entwicklungstempo der gesellschaftlichen Produktivkräfte und der Weiterentwicklung der sozialistischen Produktionsverhältnisse. Dabei werden die Schüler im Chemieunterricht der Klasse 11 unmittelbar an die historischen Aufgaben der Deutschen Demokratischen Republik bei der Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft herangeführt. Die Vermittlung von Einsichten in die weitere Entwicklung der Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen in der Deutschen Demokratischen Republik ist untrennbar mit der Herausbildung erzieherisch wertvoller Überzeugungen von der Notwendigkeit der stabilen und kontinuierlichen Entwicklung der sozialistischen Volkswirtschaft verbunden (Stoffgebiet 3, 29. und 30. Stunde; s. S. 154 und 156). In diesen Unterrichtsstunden werden Kenntnisse der Schüler über die Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen zur Begründung der ökonomischen Zielstellungen bei der Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik genutzt, wird also der Erkenntnisprozeß auf ideologisch bedeutsame Fragestellungen angewendet.
In den Jahren von 1970 bis 1975 wird sich die Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen in der Deutschen Demokratischen Republik etwa verdoppeln (3; S. 77) (4; S. 132). Diese Steigerung der chemischen Produktion ist von der Sicherung der Rohstoffbasis für die chemische Industrie abhängig. Im Chemieunterricht der Klasse 11 lassen sich einige Probleme der weiteren Entwicklung der chemischen Industrie unter Nutzung statistischer Angaben überzeugend darstellen (9). So hat sich die Produktion von Rohbraunkohle in der Deutschen Demokratischen Republik seit dem Jahre 1964 nicht mehr wesentlich erhöht und beträgt gegenwärtig etwa 255 Mio t jährlich, während der Import von Erdöl von 5,1 Mio t im Jahre 1965 auf 10,6 Mio t im Jahre 1970 stieg und 18 Mio t im Jahre 1975 betragen wird. Nun sind Rohbraunkohle und Erdöl nicht nur chemische Rohstoffe, sondern in erster Linie Energieträger. Aus den statistischen Angaben über die Nutzung von Rohbraunkohle und Erdöl kann aber dennoch abgeleitet werden, daß die Rohstoffgrundlage für die chemische Industrie vor allem durch den verstärkten Einsatz von Produkten der Erdölchemie erweitert wird (Stoffgebiet 3, 29. Stunde; s. S. 154). Die Schüler müssen daher

zur Überzeugung gelangen, daß die weitere Entwicklung der chemischen Industrie durch intensive Nutzung der vorhandenen Verfahren der Kohlechemie verläuft, die Erweiterung der chemischen Produktion dagegen vorwiegend durch den Einsatz petrolchemischer Verfahren erfolgt.

Die Aneignung von Kenntnissen der Schüler über die Herstellung von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen vollzieht sich mit der Herausbildung von Überzeugungen über die zunehmende wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit der Deutschen Demokratischen Republik mit den Mitgliedsländern des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe. So müssen die ständig steigenden Erdöllieferungen aus der Sowjetunion in andere sozialistische Staaten als Beispiel für die zunehmende sozialistische ökonomische Integration der sozialistischen Staaten gewertet werden und zur Entwicklung von Überzeugungen über die Vorzüge der sozialistischen internationalen Arbeitsteilung in der materiellen Produktion, in Wissenschaft und Technik führen (Stoffgebiet 3, 30. Stunde; s. S. 156). Bei der Behandlung der Herstellung von Polyäthylen sind die Vereinbarungen im Komplexprogramm für die weitere Vertiefung und Vervollkommnung der Zusammenarbeit und Entwicklung der sozialistischen ökonomischen Integration der Mitgliedsländer des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe in den Unterricht einzubeziehen (10; S. 96). Dabei kann die Rohrleitung für Äthen zwischen der Tschechoslowakischen Sozialistischen Republik und der Deutschen Demokratischen Republik als Beispiel für die Vertiefung der sozialistischen ökonomischen Integration der beiden Staaten gewürdigt werden (Stoffgebiet 3, 30. Stunde; s. S. 156). Informationen über die Entstehung großer Produktionsanlagen für die petrolchemische Herstellung von Äthen sind besonders geeignet, Einsichten über die notwendige Spezialisierung der chemischen Industrie in den sozialistischen Staaten herauszubilden (Stoffgebiet 3, 25. und 30. Stunde; s. S. 148 und 156) (4; S. 133).

Unter dem Gesichtspunkt der zunehmenden sozialistischen internationalen Arbeitsteilung der sozialistischen Staaten ist die beschlossene Steigerung der Produktion von Polyesterfaserstoffen in Premnitz und Wilhelm-Pieck-Stadt Guben einzuschätzen (Stoffgebiet 3, 18. Stunde; s. S. 138). In der chemischen Industrie der Deutschen Demokratischen Republik werden damit in den nächsten Jahren Empfehlungen der Mitgliedsländer des Rates für Gegenseitige Wirt-

schaftshilfe hinsichtlich der Erhöhung der Produktion von Glykol und Terephthalsäure als Ausgangsstoffe zur Herstellung einzelner Polyesterfaserstoffe erfüllt (10; S. 98).
Die Bildung der internationalen Industriezweigorganisation "Interchim" für die Zusammenarbeit der sozialistischen Staaten bei der Produktion von chemischen Erzeugnissen geringer Menge sollte als weiteres Beispiel für die sozialistische ökonomische Integration genannt werden (Stoffgebiet 3, 30. Stunde; s. S. 156). Es ist ein Ausdruck der Wertschätzung der chemischen Industrie der Deutschen Demokratischen Republik, daß die Stadt Halle (Saale) als Sitz der internationalen Organisation "Interchim" vereinbart wurde (10; S. 213).
Die Zusammenarbeit der sozialistischen Staaten im Rat für Gegenseitige Wirtschaftshilfe umfaßt auch Probleme der Erschließung neuer Futterquellen zur Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion. Vereinbarungen der Mitgliedsländer des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe über die Produktion von Futterhefe aus petrolchemischen Ausgangsstoffen sind als Beispiel für die Nutzung von Forschungsergebnissen zum Wohle der sozialistischen Gesellschaft zu werten (Stoffgebiet 3, 12. Stunde; s. S. 130).
Bei der Aneignung von Kenntnissen über wichtige Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe müssen sich die Schüler mit gesellschaftlichen und wissenschaftlich-technischen Problemen bei der weiteren Chemisierung der sozialistischen Volkswirtschaft auseinandersetzen. Die Schüler erwerben Einsichten über die Zusammenhänge zwischen der geplanten Steigerung der Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen und der Erweiterung der Werkstoffbasis für die gesamte Volkswirtschaft (Stoffgebiet 3, 30. Stunde; s. S. 156). Die Schüler müssen in der Lage sein, den Anteil der chemischen Industrie bei der Stärkung der Rohstoffbasis der Volkswirtschaft, bei der weiteren Verbesserung der Versorgung der Bevölkerung mit industriellen Konsumgütern und bei der Erhöhung des Exports einzuschätzen (3; S. 75). Durch die Chemisierung der Volkswirtschaft wird die nationale und internationale Verflechtung der chemischen Industrie mit anderen Bereichen der Volkswirtschaft verstärkt (2).
Mit der Aneignung von Kenntnissen über Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe müssen sich Überzeugungen von den Vorzügen der internationalen Arbeitsteilung der sozialistischen Staaten herausbilden. Die Schüler sind zu der Überzeugung zu führen, daß die ge-

plante Steigerung der Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen eine Spezialisierung der chemischen Produktion auf wenige Erzeugnisse voraussetzt. Die Schüler müssen begreifen, daß durch die zunehmende sozialistische ökonomische Integration der sozialistischen Staaten auch die gesellschaftlichen Bedürfnisse anderer sozialistischer Staaten zu berücksichtigen sind (Stoffgebiet 3, 30. Stunde; s. S. 156). Die Aneignung von Kenntnissen über die Chemisierung der Volkswirtschaft muß das Verantwortungsbewußtsein der Schüler für die Erfüllung eingegangener Verpflichtungen erhöhen, das kollektive Verhalten der Schüler weiterentwikkeln und bei den Schülern den Klassenstandpunkt der Arbeiterklasse festigen.

2.3. Zu wichtigen Schülertätigkeiten

Erkenntnisgewinnung und Erkenntnissicherung vollziehen sich im Unterrichtsprozeß besonders durch die selbständige und schöpferische Tätigkeit der Schüler. Deshalb sind auch im Chemieunterricht der Klasse 11 allgemeine und fachspezifische Methoden des wissenschaftlichen Arbeitens einzuführen beziehungsweise weiterzuentwikkeln. Das gilt einmal für die verschiedenen logischen Denkoperationen, die für den Chemieunterricht bedeutsam sind, zum anderen für jene geistigen und praktischen Tätigkeiten, die sich aus der Fachwissenschaft ableiten lassen.
Die Untersuchung chemischer Erscheinungen erfolgt häufig durch Analyse des chemischen Sachverhalts. Aus der Gesamtheit eines ablaufenden Prozesses müssen die Schüler das Wesentliche erkennen. Ein solches Vorgehen ist im Chemieunterricht der Klasse 11 insbesondere bei der Formelermittlung anorganischer und organischer Verbindungen üblich. So wird Kohlenstoff in Karbonaten durch Reaktion mit Chlorwasserstoffsäure und Einleiten von Kohlendioxid in Kalkwasser nachgewiesen. Organische Verbindungen lassen sich im allgemeinen durch Chlorwasserstoffsäure nicht zersetzen, beim Erhitzen organischer Stoffe mit Kupfer(II)-oxid ist aber wie bei der Zersetzung der Karbonate eine Entwicklung von Kohlendioxid festzustellen und ein Nachweis von Kohlenstoff möglich. Trotz unterschiedlicher Reaktionsbedingungen, unter denen die betreffenden Experimente ablaufen, kann die gedankliche Analyse bei den Schü-

lern zu dem übereinstimmenden Ergebnis führen, daß Kohlenstoff in vielen anorganischen und organischen Verbindungen als Kohlendioxid nachgewiesen wird. Die Tätigkeit der Schüler muß zu der Erkenntnis führen, daß zwischen anorganischen und organischen Verbindungen keine grundsätzlichen Unterschiede bestehen und für anorganische und organische Verbindungen die gleichen Gesetzmäßigkeiten gelten (Stoffgebiet 2, 1. Stunde, s. S. 93). Auch beim Nachweis anderer Elemente in anorganischen und organischen Verbindungen ist die Tätigkeit der Schüler in erster Linie auf die Analyse des chemischen Sachverhalts gerichtet (Stoffgebiet 2, 2. Stunde, s. S. 95). Die geistigen und praktischen Tätigkeiten der Schüler können dabei durch differenzierte Aufgabenstellung bei der Durchführung der Schülerexperimente gesteuert werden.

Die Trennung von Wesentlichem und Unwesentlichem steht auch bei den Schülertätigkeiten zur Unterscheidung von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen im Vordergrund (Stoffgebiet 3, 15. Stunde, s. S. 134). Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe sind makromolekulare Stoffe. Sie bestehen aus einem Gemisch verschiedener Stoffe mit großer relativer Molekülmasse. Neben diesen Gemeinsamkeiten müssen die Schüler solche Eigenschaften ermitteln, die eine Unterscheidung der synthetischen makromolekularen Stoffe in Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe gestatten. Eine Unterscheidung nach der Struktur führt nicht zum Ziel, die Trennung in Polymerisations- und Polykondensationsprodukte gilt sowohl für Plaste als auch für Chemiefaserstoffe. Die Schüler müssen daher die vielfältigen Eigenschaften der synthetischen makromolekularen Stoffe gliedern, nach verschiedenen Gesichtspunkten ordnen und damit diejenigen Eigenschaften feststellen, die für die Verarbeitung der Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe als Werkstoffe wesentlich sind. Der Lehrer kann die Tätigkeiten der Schüler dadurch lenken, daß er einen Widerspruch zwischen Wissen und Nichtwissen aufdeckt, eine Konfliktsituation zwischen den Erfahrungen der Schüler und den wissenschaftlichen Erkenntnissen schafft und damit eine schöpferische Tätigkeit der Schüler organisiert (11; S. 15).

Im allgemeinen ist die Aneignung neuer Erkenntnisse nur unter Nutzung bekannter Vorstellungen der Schüler möglich. Die Tätigkeit der Schüler besteht dann im wesentlichen in einer Synthese früher erworbener Kenntnisse mit neuen Einsichten. So können die Schüler beim Erwerb von Kenntnissen über die Elektronenkonfiguration der

Atome einiger Hauptgruppenelemente die erworbenen Vorstellungen über die Anordnung der Elemente im Periodensystem der Elemente nutzen (Stoffgebiet 1, 7. Stunde, s. S. 70). Die Schüler sind dabei nicht nur reproduktiv tätig, indem sie Kenntnisse über den Bau der Atome wiederholen, die Schüler müssen sich vielmehr in produktiver Tätigkeit Wissen und Können über den Zusammenhang zwischen Atombau und Periodensystem der Elemente aneignen. Die Reaktivierung des Wissens und Könnens aus dem Chemieunterricht der Klassen 8 und 10 kann daher nicht vorrangig durch bereitstellende Wiederholung erfolgen, sie sollte im Unterrichtsprozeß als immanente Wiederholung geplant werden. Die Schülertätigkeiten bei der Synthese vorhandener Kenntnisse und Fähigkeiten mit neuen Erkenntnissen lassen sich durch den Einsatz eines Arbeitsblatts (s. S. 29) steuern (Stoffgebiet 1, 7. Stunde, s. S. 70).

Die Weiterentwicklung der sozialistischen Allgemeinbildung im Chemieunterricht der Abiturstufe erfolgt bei der Behandlung verschiedener Stoffabschnitte durch eine Synthese vorhandenen Wissens und Könnens mit neuen Erkenntnissen. So wird der aromatische Bindungszustand im Benzolmolekül auf der Grundlage der Kenntnisse über die ringförmige Anordnung von 6 CH-Gruppen im Molekül eingeführt (Stoffgebiet 1, 18. Stunde, s. S. 85). Auch das Verständnis für den Mechanismus der Substitution des Benzols mit Brom (Stoffgebiet 1, 19. Stunde, s. S. 86) setzt Kenntnisse der Schüler über die chemischen Eigenschaften des Benzols voraus. Die Kenntnisse der Schüler über die Ringform von Kohlenhydraten werden zur Ableitung der α-Glukose und β-Glukose genutzt (Stoffgebiet 3, 1. Stunde, s. S. 115). Die Beurteilung der Bindungsverhältnisse in Ausgangsstoffen und Reaktionsprodukten bei Polymerisationsreaktionen geht ebenfalls mit der Nutzung der Kenntnisse der Schüler über ungesättigte und gesättigte organische Verbindungen einher (Stoffgebiet 3, 19., 21. und 23. Stunde, s. S. 140, 142 und 145). Der Lehrer muß entsprechend der Klassensituation entscheiden, ob das Wissen und Können der Schüler aus dem Unterricht vorangegangener Klassenstufen im Unterrichtsgespräch, durch selbständige Schülerarbeit, durch Schülervorträge, möglicherweise auch durch vorbereitende Hausaufgaben reaktiviert wird.

Die Tätigkeit des Vergleichens ist häufig mit einer Analyse und Synthese des betreffenden Sachverhalts verbunden. Bei der vergleichenden Betrachtung der σ-Bindung und der π-Bindung in Molekülen

Beziehungen zwischen dem Bau der Atome und der Anordnung der Hauptgruppenelemente im Periodensystem der Elemente

1. Leiten Sie die Elektronenkonfiguration für die Atome der Elemente in der 3. Periode ab!

Name des Atoms	Elektronenkonfiguration
Natriumatom	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$
Magnesiumatom	
Aluminiumatom	
Siliziumatom	
Phosphoratom	
Schwefelatom	
Chloratom	
Argonatom	

2. Ermitteln Sie den Zusammenhang zwischen der Anzahl der Außenelektronen in den Atomen und den maximalen Oxydationszahlen der Hauptgruppenelemente in Verbindungen!

Name des Elements	Anzahl der Außenelektronen in den Atomen	Summenformel einiger Oxide	Oxydationszahl der Elemente
Natrium		Na_2O	
Magnesium		MgO	
Aluminium		Al_2O_3	
Silizium		SiO_2	
Phosphor		P_2O_5	
Schwefel		SO_3	
Chlor		Cl_2O_7	
Argon		-	

3. Beschreiben Sie die Änderung chemischer Eigenschaften der verschiedenen Elemente in der 3. Periode!

4. Vergleichen Sie die stabile Elektronenkonfiguration der Atome von Edelgasen mit der Anordnung der Elemente im Periodensystem der Elemente!

verschiedener Verbindungen müssen die Schüler unabhängig von der Entstehung der Bindungsorbitale die Durchdringung von Bindungsorbitalen zu Molekülorbitalen als gemeinsames Merkmal der σ - und π-Bindung analysieren. Die Schüler müssen weiterhin die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen in Molekülorbitalen mit σ-Bindung und π-Bindung voneinander unterscheiden (Stoffgebiet 1, 15. Stunde, s. S. 81). Die Tätigkeiten der Schüler muß der Lehrer im Unterrichtsgespräch steuern und kontrollieren.

Durch das Vergleichen chemischer Erscheinungen wird die Sicherung erworbener Kenntnisse über Stoffe und deren Eigenschaften wesentlich erleichtert. Vergleiche zwischen der Zusammensetzung und wichtigen Eigenschaften bekannter Verbindungen mit denen neuer Stoffe sind besonders zur Zusammenfassung oder Systematisierung geeignet. So werden durch einen Vergleich der Form und des Energieinhalts von s-Orbitalen und p-Orbitalen Voraussetzungen für das Verständnis der Elektronenkonfiguration in den Atomen von Hauptgruppenelementen geschaffen (Stoffgebiet 1, 4. Stunde, s. S. 66). Die Schüler können durch eine vergleichende Betrachtung der Substitutionsreaktionen bei Halogenalkanen und Alkanen die unterschiedlichen Reaktionsbedingungen für den Ablauf der Reaktion aus den Bindungsverhältnissen in den reagierenden Stoffen begründen (Stoffgebiet 1, 13. Stunde, s. S. 78). Ein Vergleich der Bindungsverhältnisse in den Molekülen von Äthen, Äthin und Benzol dient der Festigung der Kenntnisse über die σ-Bindung und π-Bindung in Molekülen verschiedener Verbindungen (Stoffgebiet 1, 18. Stunde, s. S. 85). Durch einen Vergleich der Nachweisreaktionen für einzelne Elemente und der Möglichkeiten zur Strukturaufklärung sollen die Schüler in ihrer Überzeugung bestärkt werden, daß der Nachweis der einzelnen Elemente in anorganischen und organischen Verbindungen und die Strukturaufklärung der Verbindungen nach ähnlichen Untersuchungsverfahren möglich ist (Stoffgebiet 2, 2. und 9. Stunde; s. S. 95 und 103).

Die Vergleiche zwischen verschiedenen chemischen Erscheinungen müssen im Chemieunterricht der Klasse 11 zu einer komplexen Betrachtung des betreffenden Sachverhalts führen. Dazu ist mitunter eine gesamte Unterrichtsstunde erforderlich. Vergleiche zwischen der Struktur in den Molekülen verschiedener Stoffe können auch als

Leistungskontrolle gestaltet werden (Stoffgebiet 3, 8. und 14. Stunde; s. S. 124 und 133).

Analyse und Synthese stellen allgemeine Methoden des wissenschaftlichen Arbeitens dar. Daneben sind im Erkenntnisprozeß häufig die Denkoperationen der Induktion und Deduktion enthalten. Im Chemieunterricht finden Induktionsschluß- und Deduktionsschlußverfahren besonders häufig Anwendung. Sie sollen am Beispiel der Behandlung der σ-Bindung näher erläutert werden.

Auf der Grundlage der Vorstellungen über die Form und den Energieinhalt des Elektrons im Wasserstoffatom erfolgt die Entwicklung von Einsichten über die Ausbildung des Molekülorbitals im Wasserstoffmolekül (Stoffgebiet 1, 8. Stunde; s. S. 72). An der Einzelerscheinung sind die Schüler zu der Erkenntnis zu führen, daß die Atombindung im Wasserstoffmolekül die Folge einer Durchdringung von Atomorbitalen zum Molekülorbital ist und mit einer Energieabgabe einhergeht (1. Prämisse). Für die Verallgemeinerung auf Atombindungen in Molekülen anderer Verbindungen sind weitere Prämissen notwendig. Im Unterricht können nur wenige Einzelerscheinungen zur Ableitung von Allgemeinurteilen herangezogen werden. Für den Begriff der σ-Bindung ist die Atombindung im Chlormolekül ein weiteres Beispiel (Stoffgebiet 1, 9. Stunde; s. S. 73). Auch im Chlormolekül bildet sich um die Atomkerne der beiden Chloratome ein Molekülorbital bei der Durchdringung der betreffenden Atomorbitale aus. Durch die Form des Molekülorbitals wird zugleich die Aufenthaltswahrscheinlichkeit rotationssymmetrisch um die Verbindungslinie zwischen den Atomkernen deutlich (2. Prämisse). Die beiden Prämissen lassen daher den Schluß zu: Die Atombindung im Wasserstoff- und Chlormolekül ist das Ergebnis der Durchdringung von Atomorbitalen; das Molekülorbital liegt rotationssymmetrisch um die Verbindungslinie zwischen den Atomkernen.

Die induktiv gewonnenen Urteile werden im Unterricht häufig durch Deduktionsschlußverfahren bestätigt. Aus dem Auftreten von σ-Bindungen im Wasserstoff- und Chlormolekül folgt die Hypothese, daß vermutlich alle Einfachbindungen in Molekülen anorganischer und organischer Verbindungen als σ-Bindungen aufzufassen sind. Durch die Behandlung der Bindungsverhältnisse im Methan- und Äthanmolekül erfolgt die Bestätigung der Vermutung am Beispiel der Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindung und der Kohlenstoff-Kohlenstoff-

Bindung. Durch die Erkenntnisse über die Bindungsverhältnisse in Molekülen anderer anorganischer und organischer Verbindungen wird die Hypothese durch weitere Beispiele gestützt (Stoffgebiet 1, 10. bis 13. Stunde; s. S. 74 bis 78).

Durch Induktion kann aus vielen Einzelerscheinungen zum Allgemeinen, von der Erscheinung zum Wesen fortgeschritten werden; die abgeleiteten Hypothesen bedürfen aber noch der Bestätigung durch deduktive Verfahren.

Der Erkenntnisprozeß der Schüler kann durch den Einsatz von Experimenten wirksam unterstützt werden, wenn das Experiment in die allgemeinen Denkoperationen zum Erkenntnisgewinn eingeordnet ist. Eine Verbindung von geistigen und praktischen Tätigkeiten entspricht weitgehend den Forschungsmethoden der Wissenschaft und fördert die Herausbildung wissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen. Durch das Experiment können chemische Erscheinungen erkannt und Hypothesen aufgestellt werden. Im Erkenntnisprozeß hat dieses Experiment die Funktion eines Einführungsexperiments (12; S. 34).

Das Experiment kann auch der Bestätigung oder Widerlegung einer abgeleiteten Hypothese dienen, dieses Experiment hat dann im Erkenntnisprozeß die Funktion eines Verifizierungsexperiments (12; S. 34). Verifizierungssituationen für den Einsatz chemischer Experimente treten im Unterricht der Klasse 11 häufiger als Einführungssituationen auf, da die Schüler entsprechend der Zielstellung der Abiturstufe im allgemeinen Vorkenntnisse zum betreffenden Sachverhalt besitzen, die zu festigen und zu vertiefen sind. Die bevorzugte Einordnung der Experimente in den Erkenntnisprozeß als Verifizierungsexperiment ergibt sich auch aus der Notwendigkeit, durch deduktives Vorgehen bei der Erkenntnisgewinnung den Unterrichtsprozeß rationell zu gestalten.

Bei der Anwendung der experimentellen Methode zum Erkenntnisgewinn müssen die Schüler mehrere Schritte beherrschen (13; S. 63). Die Schrittfolge soll für Verifizierungsexperimente am Beispiel des Abbaus der Stärke durch Einwirkung von Säuren beschrieben werden (Stoffgebiet 3, 5. Stunde, s. S. 121).

Schritt 1: Entwickeln einer Hypothese

In den Stärkemolekülen sind Molekülreste von α-Glukose zu Makromolekülen verbunden. Aus dem makromolekularen Stoff müßte durch Abbaureaktionen α-Glukose entstehen.

Schritt 2: Ableiten von Folgerungen aus der Hypothese

Durch Einwirkung von Chemikalien müßte sich Stärke zu Kohlenhydraten mit reduzierenden Eigenschaften abbauen lassen. Der Abbau der Stärke ist experimentell nachzuweisen.

Schritt 3: Prüfen der Folgerungen durch Experimente

Abbau der Stärke in verschiedenen Nahrungsmitteln durch Erwärmen mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure (arbeitsteilig)

Schritt 4: Beurteilen der Experimente hinsichtlich der aufgestellten Hypothese

Die Reaktionsprodukte reagieren mit Fehlingscher Lösung, nicht aber mit Jod-Kaliumjodid-Lösung. Die abgeleitete Hypothese wird durch ergänzende Mitteilungen des Lehrers bestätigt.

Durch Verifizierungsexperimente können abgeleitete Hypothesen widerlegt werden. Die Reaktion von Halogenalkanen mit Silbernitrat ist ein Beispiel für ein widerlegendes Verifizierungsexperiment. Den Schülern ist bekannt, daß Chlorid-Ionen mit Silber-Ionen einen Niederschlag von Silberchlorid geben. Aus diesen Vorkenntnissen der Schüler müßte die Hypothese folgen, daß Halogenalkane infolge der Atombindungen im Molekül keine Fällung von Silberhalogeniden auslösen können. Durch das Experiment wird die abgeleitete Hypothese widerlegt (Stoffgebiet 1, 13. Stunde; s. S. 78).

Die Durchführung von Experimenten im Chemieunterricht unterstützt nicht nur die Erkenntnisgewinnung, sondern fördert den einheitlichen Prozeß der Bildung und Erziehung der sozialistischen Persönlichkeit. So trägt selbständiges Experimentieren zur Herausbildung solcher Charaktereigenschaften wie Exaktheit, Ausdauer und Selbstkritik bei, stärkt insbesondere bei arbeitsteiligem Vorgehen das kollektive Verhalten der Schüler und führt zu Fähigkeiten im schöpferischen Denken und Handeln.

Für den selbständigen Wissenserwerb ist der sichere Umgang mit Lehrbüchern, Nachschlagewerken und Wissensspeichern eine wesentliche Voraussetzung. Im Chemieunterricht der Klasse 11 ist deshalb das Lehrbuch als grundlegendes Arbeitsmittel des Schülers bei der Erkenntnisgewinnung und Erkenntnissicherung vielfältig einzuset-

zen. Das gilt auch für die Erarbeitung des neuen Unterrichtsstoffs. Am Beispiel der Behandlung der π-Bindung soll deutlich werden, daß das Lehrbuch auch zur Einführung neuen Unterrichtsstoffs herangezogen werden kann.
Die Schüler lernen zunächst die sp^2-Hybridisierung als zweite Möglichkeit der Bildung von Hybridorbitalen bei Kohlenstoffatomen kennen. Sie werden zu der Erkenntnis geführt, daß jedes Kohlenstoffatom im Äthenmolekül von drei Atomen umgeben ist, zu denen jeweils eine σ-Bindung besteht (Stoffgebiet 1, 14. Stunde; s. S. 80). Ausgehend von diesen Vorstellungen muß das Wesen der π-Bindung in selbständiger Schülerarbeit erfaßt werden (Stoffgebiet 1, 15. Stunde; s. S. 81). Dabei lösen die Schüler folgende Aufgaben:

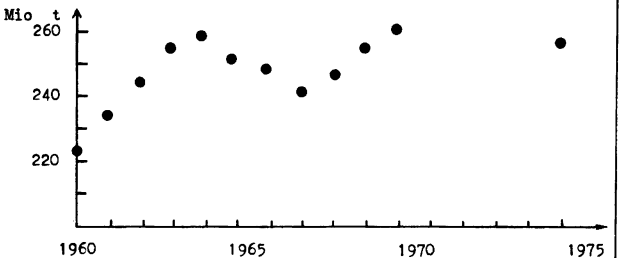
Welche Bindungsorbitale sind in einem sp^2-hybridisierten Kohlenstoffatom enthalten (LB-Abb. 22, S. 30)?
Begründen Sie die Durchdringung der p-Orbitale im Äthenmolekül aus der Lage der Bindungsorbitale (LB-Abb. 23 und 24, S. 31)!

Der Begriff der π-Bindung kann danach im Unterrichtsgespräch definiert werden.
Die Notwendigkeit des Lehrbucheinsatzes im Unterricht wird noch dadurch unterstrichen, daß eine Vielzahl chemischer Sachverhalte durch Abbildungen veranschaulicht ist. So können die Bindungsverhältnisse in Molekülen anorganischer und organischer Verbindungen unter Nutzung der Abbildungen des Lehrbuches erläutert werden (Stoffgebiet 1, 8. bis 20. Stunde; s. S. 72 bis 87). Im Stoffabschnitt "Eiweiße" stehen dem Lehrer zur Erklärung der Primär-, Sekundär- und Tertiärstruktur von Eiweißmolekülen die Abbildungen im Lehrbuch zur Verfügung (Stoffgebiet 3, 11. Stunde; s. S. 129).

Tabellen und Übersichten sind wertvolle Hilfsmittel für die Systematisierung der Kenntnisse und können die Selbsttätigkeit der Schüler im Unterricht wesentlich erhöhen. Eine Übersicht eignet sich beispielsweise zur Unterscheidung halbsynthetischer Chemiefaserstoffe von vollsynthetischen Chemiefaserstoffen (LB, S. 103). Die übersichtliche Darstellung von Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten verschiedener Plaste schafft günstige Voraussetzungen für eine hohe Lernintensität der Schüler (LB, S. 84 und 94).

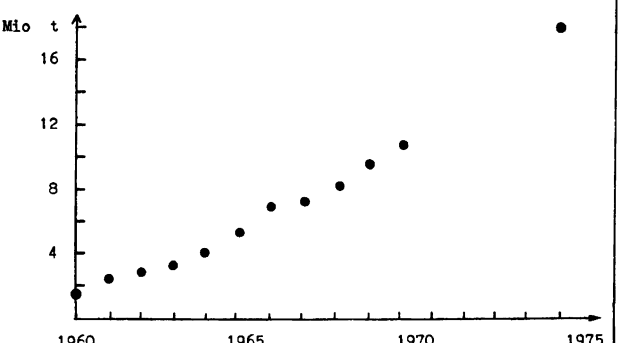
Das Erfassen wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Probleme bei der Herstellung von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen sollte als Selbsttätigkeit der Schüler organisiert und mit gezielten Aufgabenstellungen verbunden werden. Auf diese Weise ist eine aktive geistige Auseinandersetzung der Schüler mit ökonomischen Fragen bei der Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik und eine hohe erzieherische Wirksamkeit des Unterrichts gewährleistet (Stoffgebiet 3, 15. bis 30. Stunde; s. S. 134 bis 156). Das gilt besonders für die vielfältigen Probleme bei der Erweiterung der Rohstoffgrundlage für die chemische Industrie durch den Import von Erdöl und Erdgas. Die Entwicklung von positiven Grundhaltungen über die historischen Aufgaben der Deutschen Demokratischen Republik bei der Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft kann unter Nutzung statistischer Angaben erfolgen (9; S. 24 und 309). Die Schüler können die Angaben über die Produktion von Rohbraunkohle und den Import von Erdöl der nachstehenden Projektionsfolie entnehmen.

Erweiterung der Rohstoffgrundlage für die chemische Industrie



Produktion von Rohbraunkohle in der DDR

1 t Erdöl liefert ebensoviel Kilogramm chemische Grundstoffe wie
15 t Rohbraunkohle



Import von Erdöl in die DDR

2.4. Koordinierung mit anderen Unterrichtsfächern

Bei der Vermittlung von Wissen und Können im Chemieunterricht der Abiturstufe sind die Wechselbeziehungen des Chemieunterrichts zu den anderen Unterrichtsfächern zu beachten. Das bezieht sich einmal auf die Vorleistungen des Chemieunterrichts für andere Unterrichtsfächer, zum anderen auf die Stoffabschnitte, bei denen im Chemieunterricht Vorkenntnisse aus anderen Unterrichtsfächern aufgegriffen werden. In den nachstehenden Übersichten sind auf der Grundlage der gültigen Lehrpläne die wichtigsten Koordinierungspunkte zwischen den Lehrgängen für die verschiedenen Unterrichtsfächer zusammengestellt worden. Die Hinweise sollen dem Lehrer die Planung des Bildungs- und Erziehungsprozesses erleichtern und zu einer rationellen Unterrichtsgestaltung beitragen.

Stoffgebiet 1: Atombau - chemische Bindung

Vorleistung eines Unterrichtsfaches	Nutzung der Vorleistung im anderen Unterrichtsfach
Entwicklung der Vorstellungen vom Bau der Atome Physik Klasse 10 (Lehrplan, S. 44)	Weiterentwicklung der Modellvorstellungen über den Bau der Stoffe Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 20; Stoffgebiet 1, 1. Stunde)
Weiterentwicklung der Modellvorstellungen über den Bau der Stoffe Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 20; Stoffgebiet 1, 1. Stunde)	Erkenntnis und objektive Realität Staatsbürgerkunde Klasse 12 (Lehrplan, S. 31)
Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 20; Stoffgebiet 1, 2. Stunde)	Modelle für die Atomhülle Physik Klasse 11 (Lehrplan, S. 29)
	Welleneigenschaften von Elektronen Physik Klasse 11 (Lehrplan, S. 28)
	Erkennbarkeit der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 20)
Energieerhaltungssatz Physik Klasse 10 (Lehrplan, S. 61)	Kennzeichnung der Elektronen durch die Aufenthaltswahrscheinlichkeit und den Energieinhalt Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 20; Stoffgebiet 1, 3. Stunde)

Vorleistung eines Unterrichtsfaches	Nutzung der Vorleistung im anderen Unterrichtsfach
Elektronenkonfiguration der Atome der Elemente in den ersten beiden Perioden des PSE Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 20; Stoffgebiet 1, 6. Stunde)	Erkennbarkeit der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 20)
	die materielle Einheit der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 20)
Beziehungen zwischen dem Atombau und dem Periodensystem der Elemente Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 20; Stoffgebiet 1, 7. Stunde)	der gesetzmäßige Zusammenhang in der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 23)
Erkennbarkeit der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 20)	Bindungsverhältnisse in Alkanmolekülen Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 21; Stoffgebiet 1, 10. und 11. Stunde)
Bindungsverhältnisse in Alkanmolekülen Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 21; Stoffgebiet 1, 10. Stunde)	Erkenntnis und objektive Realität Staatsbürgerkunde Klasse 12 (Lehrplan, S. 31)
Bindungsverhältnisse in den Molekülen anderer Verbindungen Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 22; Stoffgebiet 1, 12. und 13. Stunde)	die materielle Einheit der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 20)
	der gesetzmäßige Zusammenhang in der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 23)
Bindungsverhältnisse im Äthen- und im Äthinmolekül Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 22 und 23; Stoffgebiet 1, 14., 15. und 17. Stunde)	der gesetzmäßige Zusammenhang in der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 23)
Entkoppelung oder Polarisierung der π -Bindung bei chemischen Reaktionen des Äthens Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 23; Stoffgebiet 1, 16. Stunde)	das Fortschreiten der Erkenntnis von der Erscheinung zum Wesen Staatsbürgerkunde Klasse 12 (Lehrplan, S. 30)
Erkennbarkeit der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 20)	aromatischer Bindungszustand Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 23; Stoffgebiet 1, 18. Stunde)

Stoffgebiet 2: Ermittlung der Summen- und Strukturformel

Vorleistung eines Unterrichtsfaches	Nutzung der Vorleistung im anderen Unterrichtsfach
Elementaranalyse Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 25; Stoffgebiet 2, 1. Stunde)	der allgemeine Weg der Erkenntnisgewinnung Staatsbürgerkunde Klasse 12 (Lehrplan, S. 31)
Prinzip der Spektralanalyse Physik Klasse 10 (Lehrplan, S. 56)	Nachweis von Chlor als Kupfer(II)-chlorid Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 25; Stoffgebiet 2, 1. Stunde)
die materielle Einheit der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 20)	Nachweis von Chlor, Stickstoff und Schwefel in anorganischen und organischen Verbindungen Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 25; Stoffgebiet 2, 1. und 2. Stunde)
Zustandsgleichung für ideales Gas Physik Klasse 8 (Lehrplan, S. 13)	volumetrische Bestimmung von Kohlenstoff im Methanol Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 25; Stoffgebiet 2, 3. und 4. Stunde)
volumetrische Bestimmung von Kohlenstoff im Methanol Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 25; Stoffgebiet 2, 3. und 4. Stunde)	die Gesetze des idealen Gases Physik Klasse 11 (Lehrplan, S. 33)
Kernphysik Physik Klasse 10 (Lehrplan, S. 41)	relative und absolute Atommasse Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 25; Stoffgebiet 2, 4. und 5. Stunde)
die Gesetze des idealen Gases Physik Klasse 11 (Lehrplan, S. 33)	Ermittlung der molaren Masse Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 25; Stoffgebiet 2, 5. Stunde)
chemische Methoden der Strukturaufklärung Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 26; Stoffgebiet 2, 8. und 9. Stunde)	der gesetzmäßige Zusammenhang in der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 23)
Absorptionsspektrum Physik Klasse 10 (Lehrplan, S. 56)	physikalische Methoden der Strukturaufklärung Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 26; Stoffgebiet 2, 10. Stunde)

Stoffgebiet 3: Makromolekulare Stoffe

Vorleistung eines Unterrichtsfaches	Nutzung der Vorleistung im anderen Unterrichtsfach
Einführung in den Stoffwechsel Biologie Klasse 8 (Lehrplan, S. 11)	Glukose als Monosaccharid Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 28; Stoffgebiet 3, 1. Stunde)
Struktur des Glukosemoleküls Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 28; Stoffgebiet 3, 1. Stunde)	Erkenntnis und objektive Realität Staatsbürgerkunde Klasse 12 (Lehrplan, S. 31)
chemische Eigenschaften der Glukose Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 29; Stoffgebiet 3, 2. Stunde)	der gesetzmäßige Zusammenhang in der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 23)
Bildung von Kohlenhydraten durch Photosynthese Biologie Klasse 9 (Lehrplan, S. 19)	chemische Eigenschaften der Glukose Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 29; Stoffgebiet 3, 2. Stunde)
chemische Eigenschaften der Glukose Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 29; Stoffgebiet 3, 2. Stunde)	Biochemie der Photosynthese Biologie Klasse 12 (Lehrplan, S. 49)
die materielle Einheit der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 20)	Maltose als Disaccharid Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 28; Stoffgebiet 3, 3. Stunde)
Erkennbarkeit der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 20)	Stärke als Stoffgemisch aus Amylose und Amylopektin Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 29; Stoffgebiet 3, 4. Stunde)
Bau und Funktion des Verdauungskanals Biologie Klasse 8 (Lehrplan, S. 12)	Abbau der Stärke durch Säuren Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 28; Stoffgebiet 3, 5. Stunde)
Abbau der Stärke durch Säuren Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 28; Stoffgebiet 3, 5. Stunde)	heterotrophe Kohlenstoffassimilation bei Tier und Mensch Biologie Klasse 12 Lehrplan, S. 53)
	der allgemeine Weg der Erkenntnisgewinnung Staatsbürgerkunde Klasse 12 (Lehrplan, S. 31)

Vorleistung eines Unterrichtsfaches	Nutzung der Vorleistung im anderen Unterrichtsfach
die materielle Einheit der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 20)	Zellulose als Polysaccharid Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 28; Stoffgebiet 3, 6. Stunde)
Bau der pflanzlichen Zelle Biologie Klasse 9 (Lehrplan, S. 14)	Zellulose als Polysaccharid Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 28; Stoffgebiet 3, 6. Stunde)
der gesetzmäßige Zusammenhang in der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 23)	Molekülform von Zellulose und Zelluloseestern Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 29; Stoffgebiet 3, 7. Stunde)
Einführung in den Stoffwechsel Biologie Klasse 8 (Lehrplan, S. 11)	Eiweißabbau durch Hydrolyse Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 29; Stoffgebiet 3, 9. Stunde)
der gesetzmäßige Zusammenhang in der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 23)	Struktur von Aminosäuren Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 29; Stoffgebiet 3, 9. Stunde)
Erkennbarkeit der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 20)	Primär-, Sekundär- und Tertiärstruktur von Eiweißen Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 30; Stoffgebiet 3, 11. Stunde)
Primär-, Sekundär- und Tertiärstruktur von Eiweißen Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 30; Stoffgebiet 3, 11. Stunde)	stoffliche Natur des genetischen Materials Biologie Klasse 12 (Lehrplan, S. 68)
Struktur und Funktion der Erbanlagen Biologie Klasse 10 (Lehrplan, S. 44)	Probleme der Eiweißsynthese Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 29; Stoffgebiet 3, 12. Stunde)
die materielle Einheit der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 20)	Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe als makromolekulare Stoffe Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 30; Stoffgebiet 3, 15. Stunde)
der gesetzmäßige Zusammenhang in der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 23)	chemisches Gleichgewicht bei der Polykondensation von Phenol mit Methanal Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 31; Stoffgebiet 3, 16. Stunde)

Vorleistung eines Unterrichtsfaches	Nutzung der Vorleistung im anderen Unterrichtsfach
radikalische Polymerisation von Äthen Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 31; Stoffgebiet 3, 20. Stunde)	das Fortschreiten der Erkenntnis von der Erscheinung zum Wesen Staatsbürgerkunde Klasse 12 (Lehrplan, S. 30)
Probleme der Struktur der Volkswirtschaft Staatsbürgerkunde Klasse 10 (Lehrplan, S. 19)	Verwendung von Polyvinylchlorid in den verschiedenen Zweigen der Volkswirtschaft als Plast und Chemiefaserstoff Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 32; Stoffgebiet 3, 22. Stunde)
Werkstoffeigenschaften und ihre Veränderungen Einführung in die sozialistische Produktion Klasse 8 (Lehrplan, S. 27)	
der gesetzmäßige Zusammenhang in der Welt Staatsbürgerkunde Klasse 11 (Lehrplan, S. 23)	Abhängigkeit der Elastizität des Gummis vom Anteil Schwefel Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 33; Stoffgebiet 3, 25. Stunde)
die zweigmäßige und territoriale Struktur der Industrie Geographie Klasse 10 (Lehrplan, S. 41)	Entwicklung des Kombinats VEB Chemische Werke Buna Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 33; Stoffgebiet 3, 25. Stunde)
Grundfragen der ökonomischen Entwicklung in der Deutschen Demokratischen Republik Staatsbürgerkunde Klasse 10 (Lehrplan, S. 19)	die Steigerung der Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 33; Stoffgebiet 3, 29. Stunde)
die Entwicklung der Sowjetunion zum mächtigsten sozialistischen Industriestaat Geographie Klasse 7 (Lehrplan, S. 19)	die Bereitstellung von Rohstoffen für die Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen durch intensive Nutzung vorhandener Karbidkapazitäten und durch Vergrößerung der petrolchemischen Basis mit Hilfe der Sowjetunion Chemie Klasse 11 (Lehrplan, S. 34; Stoffgebiet 3, 30. Stunde)
die sozialistische ökonomische Integration als objektiver Prozeß und als Aufgabe der Länder der sozialistischen Staatengemeinschaft Staatsbürgerkunde Klasse 10 (Lehrplan, S. 26)	
die Zusammenarbeit der sozialistischen Staaten bei der Nutzung der Bodenschätze Geographie Klasse 10 (Lehrplan, S. 21)	

2.5. Zur didaktisch-methodischen Gestaltung des Unterrichts

Die Lehrpläne für den Unterricht in der Abiturstufe enthalten Angaben zur Planung der Unterrichtsziele und des Unterrichtsstoffes. Daneben sind in den Lehrplänen Hinweise zur didaktisch-methodischen Gestaltung des Unterrichts enthalten, die der Lehrer bei der Planung und Durchführung des Unterrichtsprozesses zu berücksichtigen hat. Diese Hinweise sollen dem Lehrer eine Hilfe bei der Verwirklichung der Zielstellungen in den Lehrplänen sein und die schöpferische Initiative des Lehrers bei der verantwortungsvollen Planung des einheitlichen Prozesses der Bildung und Erziehung fördern.

Die Erarbeitung neuen Unterrichtsstoffes stellt eine häufige didaktisch-methodische Situation dar, die der Lehrer zu planen und zu gestalten hat. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Weiterentwicklung der sozialistischen Allgemeinbildung nach den gleichen Gesetzmäßigkeiten und Prinzipien erfolgt, die im Unterricht aller Klassenstufen der allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule gültig sind (14; S. 2). Die didaktisch-methodischen Grundformen des Unterrichts in der Abiturstufe sind daher wie in den Klassen 1 bis 10 die selbständige Schülerarbeit, das Unterrichtsgespräch und der Lehrervortrag. Aus der Ziel-Inhalt-Methode-Relation ergeben sich für den Unterricht in der Abiturstufe einige Besonderheiten, die am Beispiel der Aneignung von Wissen und Können über den aromatischen Bindungszustand näher erläutert werden sollen (Stoffgebiet 1, 18. Stunde; s. S. 85).

Zur Vorbereitung der Schüler auf die Behandlung des neuen Sachverhalts müssen zunächst die Vorstellungen über die Struktur des Benzolmoleküls reaktiviert werden. Da im Chemieunterricht der Klasse 8 verschiedene aromatische Verbindungen Gegenstand von Strukturbetrachtungen waren, kann die bereitstellende Wiederholung als selbständige Schülerarbeit geplant werden. Sie muß zu dem Ergebnis führen, daß im Benzolmolekül ein Ring von 6 CH-Gruppen vorliegt.

Die Betrachtungen zum aromatischen Bindungszustand auf der Grundlage des quantenmechanischen Atommodells sollten zunächst im Unterrichtsgespräch erfolgen. Aus der Strukturformel des Benzolmoleküls muß für die Schüler ersichtlich sein, daß jedes Kohlenstoff-

atom von drei anderen Atomen umgeben ist. Die Schüler können also aus der Struktur des Benzolmoleküls Vermutungen über den trigonalen Bindungszustand der Kohlenstoffatome anstellen und zugleich die ebene Anordnung des Benzolrings ableiten. Die σ-Bindungen im Molekül können unter Nutzung der Vorstellungen über die Bindungsverhältnisse in Molekülen anderer Kohlenwasserstoffe in selbständiger Schülerarbeit beschrieben werden. Zur Veranschaulichung des Sachverhalts sind ein Lichtbild (R 698/22), eine Abbildung im Lehrbuch (LB-Abb. 28, S. 35) und eine Projektionsfolie geeignet. Die Denkoperationen der Schüler bei der Beschreibung der σ-Bindungen im Benzolmolekül stellen im wesentlichen eine Synthese früher erworbener Einsichten mit neuen Erkenntnissen dar (s. S. 27).

Die Aneignung von Wissen und Können über die σ-Bindungen im Benzolmolekül vollzieht sich vor allem in selbständiger Schülerarbeit. Auch bei der Sicherung des Ausgangsniveaus ist die selbständige Schülerarbeit die vorherrschende didaktisch-methodische Grundform des Unterrichts. Diese Feststellungen lassen sich verallgemeinern. Der Chemieunterricht in der Klasse 11 muß so gestaltet werden, daß die Schüler die grundlegenden Methoden des wissenschaftlichen Arbeitens kennen lernen. Die Schüler sind zur selbständigen und schöpferischen Auseinandersetzung mit theoretischen und praktischen Problemen zu befähigen. Dabei müssen die Schüler unter Berücksichtigung der zunehmenden Integration der verschiedenen Unterrichtsfächer komplexe Zusammenhänge erfassen. Im Chemieunterricht der Abiturstufe tritt deshalb die selbständige Schülerarbeit keineswegs zugunsten anderer didaktisch-methodischer Grundformen zurück. Die selbständige Schülerarbeit muß im Chemieunterricht der Klasse 11 auch für die Erarbeitung neuen Unterrichtsstoffes eingeplant werden.

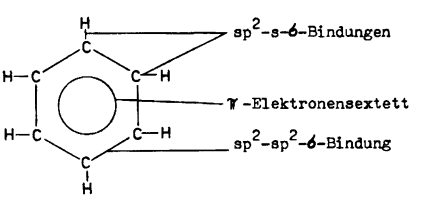
Die Kenntnisse über das π-Elektronensextett im Benzolmolekül werden vor allem im Unterrichtsgespräch weiterentwickelt. Ausgehend von den Vorstellungen der Schüler über die unterschiedlichen Bindungsorbitale von Kohlenstoffatomen im trigonalen Zustand erwerben die Schüler Einsichten, daß im Benzolmolekül nicht nur σ-Bindungen vorliegen können. Die vergleichende Betrachtung der Ausrichtung von p-Orbitalen im Äthen- und Benzolmolekül muß zu der Erkenntnis führen, daß sich die p-Orbitale der Kohlenstoffatome im Benzolmolekül zum π-Elektronensextett vereinigen. Die gewonnenen Erkenntnisse über die σ- und π-Bindungen im Benzolmolekül sind

danach in das Begriffssystem der Schüler einzuordnen. Dazu ist eine Gegenüberstellung der Bindungsverhältnisse im Äthen- und Benzolmolekül notwendig. Sie muß die Schüler in der Einsicht bestärken, daß der aromatische Bindungszustand eine besondere Form der Kombination von σ- und π-Bindungen im Molekül darstellt, aber nicht als neue Qualität der Atombindung zu betrachten ist.

Die Forderung nach einer vielseitigen didaktisch-methodischen Gestaltung des Unterrichts gilt auch für die Abiturstufe. Im Chemieunterricht der Klasse 11 kann aber das Unterrichtsgespräch die bestimmende didaktisch-methodische Grundform für ganze Abschnitte einer Unterrichtsstunde sein (14; S. 7). Ein Wechsel der verschiedenen didaktisch-methodischen Grundformen innerhalb einer Unterrichtsstunde ist im Chemieunterricht der Klasse 11 nicht so häufig notwendig wie im Chemieunterricht der Klassen 7 bis 10. Die Gestaltung ganzer Unterrichtsabschnitte als Unterrichtsgespräch ist mit der Gestaltung von Seminaren im Hochschulunterricht vergleichbar und entspricht der Vorbereitung der Schüler auf ein Hochschulstudium.

Die Effektivität des Unterrichts wird im Chemieunterricht der Klasse 11 durch den Einsatz von Unterrichtsmitteln ebenso erhöht wie in anderen Klassenstufen. Das gilt insbesondere für die Erarbeitung neuen Unterrichtsstoffes. So wird die Aneignung von Wissen und Können über den aromatischen Bindungszustand durch das nachstehende Tafelbild erleichtert (Stoffgebiet 1, 18. Stunde; s. S. 85).

Aromatischer Bindungszustand im Benzolmolekül



Durch Tafelbilder können Ergebnisse einzelner Unterrichtsabschnitte oder ganzer Unterrichtsstunden festgehalten werden. Die Tafelbilder müssen aber nicht den Unterrichtsverlauf vollständig widerspiegeln. Deshalb ist die Gestaltung von Tafelbildern gemeinsam mit dem Einsatz anderer Unterrichtsmittel zu planen.
Die Erarbeitung neuen Unterrichtsstoffes kann durch Übersichten wirksam unterstützt werden. Die Übersichten können auf eine Projektionsfolie übertragen und im Tageslicht-Schreibprojektor projiziert werden. Der Einsatz von Projektionsfolien für den Tageslicht-Schreibprojektor ist dann zweckmäßig, wenn der gleiche Effekt durch andere Unterrichtsmittel nur schwierig zu erreichen ist (15). Als Beispiel kann die Übersicht über die physikalischen Methoden der Strukturaufklärung von Verbindungen gelten (Stoffgebiet 2, 10. Stunde; s. S. 104). Der Inhalt der Übersicht ist für eine Projektionsfolie besser geeignet als für ein Tafelbild.

Übersicht über die Methoden der Absorptionsspektroskopie

Wellenlänge λ in nm	50000	2500	800	400	200
Bereich des Spektrums	infrarotes Licht		sichtbares Licht	ultraviolettes Licht	
Anregung der Teilchen	Rotation der Moleküle	Schwingungen von Atomen und Atomgruppen in Molekülen	Anregung von π-Elektronen	Anregung von σ-Elektronen	
Bezeichnung der Absorptionsspektren	Rotationsspektren	Rotationsschwingungsspektren	Elektronenspektren		

Mit Hilfe einer Projektionsfolie für den Tageslicht-Schreibprojektor läßt sich auch eine schematische Darstellung vom Aufbau eines UR-Spektrographen projizieren (Stoffgebiet 2, 10. Stunde; s. S. 104). Weiterhin ist die Projektion von Arbeitsblättern im Tageslicht-Schreibprojektor möglich, wenn die Arbeitsblätter an die Schüler nicht ausgehändigt werden können (s. S. 29). In die Gestaltung des Unterrichts sind ferner industriell gefertigte Pro-

jektionsfolien und Modelle einzubeziehen. Für die Behandlung des Stoffgebiets "Atombau - chemische Bindung" stehen dem Lehrer verschiedene Projektionsfolien zur Veranschaulichung von Orbitalen in Atomen verschiedener Elemente und von Bindungsverhältnissen in Molekülen von Verbindungen zur Verfügung (Stoffgebiet 1, 10., 11., 15., 17. und 18. Stunde; s. S. 74, 76, 81, 84 und 85). Weiterhin können im Unterricht Modelle von Atom- und Molekülorbitalen demonstriert und damit Vorstellungen über die räumliche Anordnung einzelner Orbitale in Atomen oder Molekülen entwickelt werden (Stoffgebiet 1, 11., 15., 17. und 18. Stunde; s. S. 76, 81, 84 und 85).

Ein besonders wichtiges Unterrichtsmittel zur Erhöhung der Effektivität des Unterrichts ist das Lehrbuch. Das Lehrbuch wird von allen Unterrichtsmitteln mit dem größten gesellschaftlichen Aufwand bereitgestellt und gehört deshalb als ständiges Hilfsmittel der Schüler bei der Aneignung von Wissen und Können in jede Unterrichtsstunde (s. S. 34). Projektionsfolien und Tafelbilder sollten daher mit Abbildungen, Tabellen und Übersichten im Lehrbuch nur dann übereinstimmen, wenn durch Klappfolien oder verdeckte Teile des Tafelbilds eine Entwicklung des betreffenden Sachverhalts vorgesehen ist. Das gilt für die Darstellung der Bindungsverhältnisse in Molekülen verschiedener Verbindungen, sofern durch Klappfolien Bindungsorbitale einzelner Atome, σ-Bindungen und π-Bindungen sowie Bindungswinkel, Symmetrieachsen und Symmetrieebenen zu betrachten sind (Stoffgebiet 1, 8. bis 20. Stunde; s. S. 72 bis 87).

Die Erarbeitung des neuen Unterrichtsstoffes muß insbesondere bei der Anwendung der experimentellen Methode sorgfältig geplant und vorbereitet werden. Das bezieht sich zum Beispiel auf die Erarbeitung der Zusammenhänge bei der Ermittlung der Summen- und Strukturformel von Verbindungen und für die Experimente zur Untersuchung natürlicher und synthetischer makromolekularer Stoffe. Die Besonderheiten beim Erkenntnisgewinn mit Hilfe von Experimenten werden beim Einsatz quantitativer Experimente besonders deutlich, da zur Bestätigung oder Widerlegung von Hypothesen nicht nur die Eigenschaften der Ausgangsstoffe und Reaktionsprodukte, sondern darüber hinaus die Meßgrößen vor Beginn und nach Beendigung des Experiments zu erfassen sind. Auf einige methodische Probleme soll am Beispiel der Ermittlung der prozentualen Zusammensetzung von Methanol hingewiesen werden (Stoffgebiet 2, 3. und 4. Stunde; s. S. 96 und 97).

Die Schüler sind zunächst auf den neuen Sachverhalt vorzubereiten. Dazu muß im vorliegenden Beispiel der Begriff der quantitativen Elementaranalyse bereitgestellt werden. Bei quantitativen Experimenten ist weiterhin eine Vorbetrachtung über die qualitativen Erscheinungen des Experiments ratsam, damit sich die Schüler voll auf die quantitativen Veränderungen konzentrieren können (12; S. 35). In Anwendung erworbener Kenntnisse über die Oxydationsprodukte organischer Verbindungen können Kohlendioxid und Wasser als Oxydationsprodukte des Methanols vorausgesagt werden. Aus Gründen einer effektiven Unterrichtsgestaltung ist die Erläuterung des qualitativen Geschehens auch während des Experiments möglich, was besonders bei zeitaufwendigen Experimenten methodisch günstig erscheint. Das Erfassen der Meßgrößen sollte unter Beachtung der Arbeitsgewohnheiten aus dem Physikunterricht vorgenommen werden und am Beispiel der Ermittlung des Kohlenstoffanteils im Methanol folgendermaßen geschehen:

Masse des Methanols in g	Volumen im Kolbenprober vor der Reaktion in ml	nach der Reaktion in ml	Zimmertemperatur in °C	Luftdruck in Torr
0,048	0	36,1	20	760

Zur Auswertung der Meßgrößen ist die Umrechnung des gemessenen Volumens Kohlendioxid auf den Normzustand notwendig. Die Umrechnung mit Hilfe der allgemeinen Zustandsgleichung des idealen Gases erfordert viel Zeit und kann durch die Nutzung eines Nomogramms wesentlich vereinfacht werden (LB-Abb. 34, S. 44). Die Auswertung der Meßgrößen führt zu einem Ergebnis des Experiments, das infolge der vereinfachten Reaktionsbedingungen mit Fehlern behaftet ist. In die Auswertung quantitativer Experimente sind deshalb Fehlerdiskussionen einzubeziehen. Dadurch können die Schüler zu einer kritischen Einschätzung der Durchführung des Experiments erzogen und in der Einsicht bestärkt werden, daß im Forschungsbereich nur aus exakt durchgeführten Meßreihen zuverlässige Rückschlüsse auf eine chemische Erscheinung möglich sind.
Für die Erarbeitung neuen Unterrichtsstoffes sind in der Klasse 11 bei verschiedenen Stoffabschnitten Schülervorträge zu planen, um

die Fähigkeiten der Schüler in der selbständigen und schöpferischen Auseinandersetzung mit chemischen Sachverhalten weiterzuentwickeln und die Fertigkeiten im Umgang mit Lehrbüchern, Nachschlagewerken und Tabellensammlungen zu vervollständigen. So kann die Problematik der Einteilung synthetischer makromolekularer Stoffe nach der Verwendung als Werkstoffe beziehungsweise nach der chemischen Reaktion bei der Herstellung des makromolekularen Stoffes durchaus im Schülervortrag dargestellt werden (Stoffgebiet 3, 15. Stunde; s. S. 134). Zur Vorbereitung der Schülervorträge muß der Lehrer eine Zielorientierung geben, auf geeignete Literatur hinweisen und die Entwicklung der Vorträge durch Zwischenkontrollen verfolgen. Die Schüler eignen sich bei der Vorbereitung des Vortrags Fakten aus verschiedenen Literaturstellen an, lernen wesentliche Zusammenhänge von nebensächlichen Erscheinungen zu unterscheiden und erworbene Kenntnisse und Fähigkeiten zur Lösung zusammenhängender Probleme anzuwenden.
Schülervorträge im Chemieunterricht der Klasse 11 sollten die Dauer von 10 min nicht übersteigen, um Möglichkeiten für eine anschließende Diskussion im Unterricht zu schaffen. Die Vorträge sollten ohne Manuskript gehalten werden, damit sich die Schüler an freies Sprechen gewöhnen. Durch die Einbeziehung von Schülervorträgen in die Gestaltung des Unterrichts wird eine kontinuierliche Entwicklung der sozialistischen Persönlichkeit unterstützt. Die Verteidigung eigener Ansichten, die kritische Auseinandersetzung mit anderen Auffassungen sowie die verantwortungsbewußte Einschätzung der Leistungen anderer Schüler tragen zur Festigung sozialistischer Überzeugungen und Verhaltensweisen wesentlich bei (14; S. 7). Solche Unterrichtsstunden können vom Lehrer durch indirekte pädagogische Führung geleitet werden, insbesondere durch Problemstellungen, Korrektur von Schülermeinungen und durch Zusammenfassungen. Seminaristisch gestaltete Unterrichtsstunden sind spezifisch für den Unterricht in der Abiturstufe (s. S. 45).

Bei der Stoffvermittlung ist das grundlegende Wissen, das für die Verwirklichung der Lehrplanforderungen notwendig ist, von ergänzendem Wissen abzugrenzen, das lediglich dem Verständnis größerer Zusammenhänge dient. Für die Vermittlung von Kenntnissen über die physikalischen Methoden der Strukturaufklärung wird die Form der Lektion angegeben (Stoffgebiet 2, 10. Stunde; s. S. 104). Mit dem

Unterrichtsstoff dieser Lektion werden die Schüler nur bekannt gemacht; der Stoffabschnitt gehört also nicht zum reproduzierbaren Wissen, er ist vielmehr als Anregung für eine spätere Auseinandersetzung mit den Zusammenhängen bei der Strukturaufklärung gedacht. Die Lektionen stellen eine besondere Form der Vorbereitung auf hochschulgemäße Arbeitsmethoden dar und sind mit den Vorlesungen an Universitäten und Hochschulen vergleichbar.
Zur Vorbereitung auf die Behandlung von neuem Unterrichtsstoff und zur Sicherung der gewonnenen Erkenntnisse sind alle Möglichkeiten der bereitstellenden Wiederholung, der immanenten Wiederholung und der zusammenfassenden Wiederholung im Unterricht zu nutzen. Im Lehrplan wird bei verschiedenen Stoffabschnitten auf Unterrichtsstoff aus dem Chemieunterricht und dem Unterricht anderer Fächer hingewiesen, der bei der Erarbeitung des neuen Stoffes zu wiederholen ist. Der Unterrichtsstoff für derartige Wiederholungen ist im Lehrplan am Anfang des betreffenden Stoffabschnitts zusammengestellt worden. Diese übersichtliche Anordnung des Wiederholungsstoffes soll den Lehrer nicht etwa zur Planung ganzer Wiederholungsstunden verleiten, die Angaben im Lehrplan sind vielmehr als Hinweise auf mögliche Vorleistungen aus dem Unterricht anderer Klassenstufen zu verstehen, die der Lehrer bei der Unterrichtsgestaltung entsprechend der jeweiligen Klassensituation berücksichtigen muß (s. S. 43).
Im Chemieunterricht der Klasse 11 sollte die Wiederholung vorrangig als immanente Wiederholung geplant werden. Das gilt insbesondere für die Sicherung des Ausgangsniveaus zu Beginn der Klasse 11. Die Planung mehrerer Wiederholungsstunden zur Sicherung eines einheitlichen Ausgangsniveaus zu Beginn des Schuljahres entspricht nicht den Grundsätzen einer effektiven Unterrichtsgestaltung und sollte auch dann vermieden werden, wenn beim Übergang von Klasse 10 zur Klasse 11 wesentliche Veränderungen in der Zusammensetzung der Klasse auftreten. Die Wiederholung der Vorstellungen der Schüler über den Bau der Atome kann in verschiedenen Unterrichtsstunden zur Behandlung der Grundlagen des quantenmechanischen Atommodells erfolgen. Die Unterscheidung von Atomkern und Atomhülle sollte mit einer Systematisierung der Kenntnisse über die historische Entwicklung der Modellvorstellungen über den Bau der Atome verknüpft werden (Stoffgebiet 1, 1. Stunde; s. S. 62).

Kenntnisse der Schüler über die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons in der Atomhülle des Wasserstoffatoms können immanenter Bestandteil des Erkenntnisprozesses bei der Aneignung von Wissen über die Grundlagen des quantenmechanischen Atommodells sein (Stoffgebiet 1, 2. Stunde; s. S. 64). Durch bereitstellende Wiederholung sollten die Vorstellungen der Schüler über den Energieinhalt der Elektronen in der Atomhülle reaktiviert werden (Stoffgebiet 1, 3. Stunde; s. S. 65) und Ausgangspunkt zur Aneignung von Kenntnissen über den Energieinhalt von s- und p-Orbitalen sein (Stoffgebiet 1, 4. Stunde; s. S. 66). Schließlich ist die immanente Wiederholung der Kenntnisse der Schüler über die Beziehungen zwischen dem Bau der Atome und der Anordnung der Elemente im Periodensystem der Elemente bei der Aneignung von Wissen und Können über die Elektronenkonfiguration der Atome in den Elementen möglich (Stoffgebiet 1, 6. und 7. Stunde; s. S. 69 und 70).
Die Verbindung einer Wiederholung bekannten Unterrichtsstoffes mit der Erarbeitung neuen Stoffes bietet günstige Möglichkeiten für eine Differenzierung des Unterrichts bei auftretenden Leistungsunterschieden zwischen einzelnen Schülern. Durch unterschiedliche Aufgabenstellungen können vorhandene Lücken im Wissen und Können der Schüler geschlossen und leistungsstarke Schüler zusätzlich gefördert werden.
Die Vertiefung der Einsichten der Schüler über die Atombindung in den Molekülen verschiedener Verbindungen ist in den ersten Stunden der Behandlung des Stoffgebiets "Atombau - chemische Bindung" unzweckmäßig. Die Wiederholung elementarer Kenntnisse über die Bindung zwischen zwei Atomen durch gemeinsame Elektronenpaare muß vielmehr mit der Vermittlung von Vorstellungen über das Wesen der Atombindung einhergehen (Stoffgebiet 1, 8. Stunde; s. S. 72). Dadurch bildet die Wiederholung einen festen Bestandteil des Unterrichtsprozesses zur Erarbeitung neuer Erkenntnisse und trägt zur sicheren Einordnung des erworbenen Wissens in das Begriffssystem der Schüler bei. Die Bereitstellung notwendiger Begriffe und Gesetzmäßigkeiten zur vertieften Behandlung der Atombindung kann als Aufgabenfolge gestaltet werden und somit die Schüler unmittelbar an den neuen Unterrichtsstoff heranführen:

Geben Sie die Elektronenkonfiguration für die Atome der Elemente Helium, Neon, Natrium und Chlor an!

Begründen Sie die besonders stabile Elektronenkonfiguration in den Atomen von Edelgasen!

Welche Möglichkeiten bestehen für die Atome anderer Elemente, die Edelgaskonfiguration zu erreichen?

Vergleichen Sie die Entstehung einer Atombindung mit der Entstehung einer Ionenbeziehung!

Die bereitstellende Wiederholung muß auch bei der Unterrichtsgestaltung anderer Stoffgebiete des Lehrplans gegenüber der Planung ganzer Wiederholungsstunden im Vordergrund stehen. Bei der Behandlung des qualitativen Nachweises für die Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff wird die Anwendung der Kenntnisse der Schüler auf weitere Beispiele vorgeschlagen und eine Verbindung mit den neuen Einsichten über den Nachweis von Chlor in anorganischen und organischen Verbindungen für günstig gehalten (Stoffgebiet 2, 1. Stunde; s. S. 93).

Die Wiederholung wichtiger Zusammenhänge über den Nachweis charakteristischer Atomgruppen in Molekülen oder zusammengesetzten Ionen anorganischer und organischer Verbindungen ist für das Verständnis allgemeiner Probleme der Strukturaufklärung auszunutzen (Stoffgebiet 2, 8. und 9. Stunde; s. S. 102 und 103).

Eine immenente Wiederholung bietet vielfältige Möglichkeiten, die Leistungen der Schüler einzuschätzen und zu bewerten. Die Wiederholung wesentlicher Begriffe und allgemeiner Gesetzmäßigkeiten kann daher mit schriftlichen und mündlichen Leistungskontrollen wirksam verknüpft werden. Bei schriftlichen Leistungskontrollen ist innerhalb weniger Minuten eine Überprüfung aller Schüler einer Klasse möglich, den schriftlichen Leistungskontrollen ist daher gegenüber mündlichen Leistungskontrollen der Vorrang zu geben. Für eine schriftliche Leistungskontrolle ist die Mehrzahl der Tätigkeiten geeignet, die in den Stundenerläuterungen als selbständige Schülerarbeit angegeben sind.

Für die Beurteilung des Leistungsstandes sind neben schriftlichen und mündlichen Leistungskontrollen insbesondere die Leistungen der Schüler bei der Erkenntnisgewinnung zu berücksichtigen. Die geistigen und praktischen Tätigkeiten der Schüler im Unterrichtsprozeß müssen ständig eingeschätzt und in gewissen Zeitabständen auch bewertet werden, wobei sich der Lehrer auch vor einer Bewertung von Fehlleistungen nicht scheuen darf. Die Bewertung praktischer Schü-

lertätigkeiten ist im Chemieunterricht der Klasse 11 einmal auf die selbständige Vorbereitung, Planung, Durchführung und Auswertung von Schülerexperimenten zu konzentrieren (Stoffgebiet 2, 1., 2. und 9. Stunde; s. S. 93, 95 und 103; Stoffgebiet 3, 5., 13., 16. und 22. Stunde; s. S. 121, 132, 135 und 144), kann aber auch auf den sicheren Umgang mit Tabellen und Diagrammen ausgedehnt werden (Stoffgebiet 1, 6., 7. und 12. Stunde; s. S. 69, 70 und 77; Stoffgebiet 2, 4. Stunde; s. S. 97). Aus der Einschätzung der Schülertätigkeiten kann der Lehrer wertvolle Schlüsse auf die didaktisch-methodische Gestaltung nachfolgender Unterrichtsstunden ziehen.

Zur Erkenntnissicherung ist die sorgfältige Planung von Systematisierungen innerhalb der verschiedenen Stoffabschnitte notwendig. Mit der Behandlung des Lehrplanabschnitts "Entwicklung der Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen in der Deutschen Demokratischen Republik" wird eine Systematisierung der Vorstellungen der Schüler über Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe unter ökonomischen Aspekten angestrebt (Stoffgebiet 3, 29. und 30. Stunde; s. S. 154 und 156). Ein Vergleich der Struktur natürlicher makromolekularer Stoffe dient der Systematisierung der Kenntnisse über wichtige Polysaccharide, Proteine und Proteide (Stoffgebiet 3, 14. Stunde; s. S. 133). Durch die Systematisierung der vermittelten Vorstellungen über die σ-Bindung und π-Bindung in Molekülen verschiedener Stoffe werden die Einsichten der Schüler über den Zusammenhang zwischen der Struktur der Moleküle und den Eigenschaften der betreffenden Stoffe vertieft (Stoffgebiet 1, 20. Stunde; s. S. 87). Neben der Gestaltung ganzer Unterrichtsstunden als Systematisierungsstunden ist auch innerhalb einzelner Unterrichtsstunden eine Systematisierung erworbener Kenntnisse der Schüler möglich. Das gilt beispielsweise für das Ableiten charakteristischer Reaktionen der Verbindungen mit funktionellen Gruppen im Molekül (Stoffgebiet 2, 9. Stunde; s. S. 103).

3. Atombau - chemische Bindung

3.1. Hinweise zum Stoffgebiet

Im Stoffgebiet "Atombau - chemische Bindung" werden die Vorstellungen der Schüler über den Bau der Atome weiterentwickelt und damit wichtige Voraussetzungen für das Verständnis der Atombindung in den Molekülen anorganischer und organischer Verbindungen geschaffen.

Die Behandlung des Stoffgebiets sollte mit der Systematisierung der Kenntnisse der Schüler über die historische Entwicklung der Modellvorstellungen vom Bau der Atome beginnen, weil dabei wesentliche Aussagen über die Bedeutung von Modellvorstellungen im Erkenntnisprozeß reaktiviert, Fähigkeiten im Beschreiben des Atombaus verschiedener Hauptgruppenelemente mit Hilfe von Modellvorstellungen weiterentwickelt und Überzeugungen von der ständigen Vervollkommnung von Modellvorstellungen über den Bau der Atome vertieft werden können (1. Stunde; s. S. 62).

Mit der Vertiefung der Kenntnisse der Schüler über die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen wird von der vorwiegend energetischen Betrachtungsweise der Atomhülle zur Beschreibung der Räume um den Atomkern fortgeschritten, in denen die Elektronen mit großer Wahrscheinlichkeit anzutreffen sind. Zur Veranschaulichung der Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen innerhalb bestimmter räumlicher Bereiche haben sich Gedankenexperimente als zweckmäßig erwiesen, da unter statistischen Gesichtspunkten ohne wesentlichen Aufwand an mathematischen und physikalischen Kenntnissen Aussagen über die Entfernung des Elektrons vom Atomkern möglich sind (2. Stunde; s. S. 64).

Die radiale Wahrscheinlichkeitsdichte des Elektrons im Wasserstoffatom kann aus dem Gedankenexperiment zur Veranschaulichung der Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons abgeleitet werden (16; S. 7). Aus der grafischen Darstellung der radialen Wahrscheinlichkeitsdichte ist ersichtlich, daß die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons mit wachsendem Abstand vom Atomkern asymptotisch abnimmt, das Atom folglich nach außen keinen scharfen Abschluß hat (2. Stunde; s. S. 64). Dadurch wird die Definition des

Begriffs "Orbital" erleichtert. Die grafische Darstellung der radialen Wahrscheinlichkeitsdichte ermöglicht ferner Rückschlüsse auf die Räume größter Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons im Wasserstoffatom im Grundzustand und in verschiedenen angeregten Zuständen.

Für die Behandlung des Energieinhalts der Elektronen in der Atomhülle von Atomen verschiedener Elemente besitzen die Schüler umfangreiche Kenntnisse aus dem Chemieunterricht der Klassen 8 und 10. Diese Kenntnisse der Schüler werden durch die Unterscheidung von Unterniveaus für das 2. Energieniveau und durch die Einführung der Bezeichnungen 2s- und 2p-Elektronen weiterentwickelt (3. Stunde; s. S. 65). Bei der Veranschaulichung des Energieniveaus von Elektronen ist sorgfältig darauf zu achten, daß in den Energieniveauschemas für die Atomhülle von Atomen verschiedener Elemente lediglich das unterschiedliche Energieniveau einzelner Elektronen und die Anzahl der Elektronen mit gleichem oder ähnlichem Energieinhalt angegeben wird. Es ist daher nicht gerechtfertigt, aus den Energieniveauschemas unter einem Teilchenaspekt den Raum größter Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen oder den Abstand der Elektronen vom Atomkern abzulesen. Die Schüler erhalten falsche Vorstellungen über die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen in der Atomhülle, wenn niedriges Energieniveau von Elektronen mit geringem Abstand vom Atomkern gleichgesetzt wird. Im 2. Energieniveau befinden sich keine 2s- und 2p-Elektronen, die 2s- und 2p-Elektronen werden vielmehr dem 2. Energieniveau zugeordnet.

Die Besetzung der Orbitale in Atomen verschiedener Elemente ist von L. Pauling erstmalig durch Pfeilkästchen symbolisiert worden. In den Kästchen stellt jeder Pfeil ein Elektron dar, für doppelt besetzte Orbitale werden entgegengesetzte Pfeile angegeben (5. Stunde; s. S. 67). Zur Erklärung dieser Symbole für die Orbitalbesetzung in Atomen verschiedener Elemente erscheint die Einführung der Spinorientierung von Elektronen naheliegend. Die Erläuterung des Spins von Elektronen bereitet außerordentliche fachwissenschaftliche und methodische Schwierigkeiten, die Einführung der Spinquantenzahl sowie der übrigen Quantenzahlen ist daher nicht im Lehrplan vorgesehen. Die Pfeilkästchen sollten im Chemieunterricht der Abiturstufe als Symbole für halbbesetzte und vollbesetzte Orbitale ohne nähere Begründung Verwendung finden.

Die Vermittlung von Einsichten in die Elektronenkonfiguration von Atomen verschiedener Elemente geht mit einer Festigung der Kenntnisse der Schüler über die Zusammenhänge zwischen Atombau und Periodensystem der Elemente einher. Das bezieht sich einmal auf die Ermittlung des Baus der Atome verschiedener Elemente, zum anderen auf die Begründung der chemischen Eigenschaften von Stoffen (7. Stunde; s. S. 70). So ergibt sich aus der Elektronenkonfiguration der Edelgasatome die Anordnung der betreffenden Elemente in einer Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente. Aus der Besetzung der Orbitale in den Atomen verschiedener Hauptgruppenelemente können Rückschlüsse auf die Anzahl möglicher Atombindungen in den Molekülen der Verbindungen dieser Elemente gezogen werden.
Die Kenntnisse über Form und Energieniveau von Atomorbitalen verschiedener Elemente stellen die Voraussetzung für ein tieferes Eindringen in das Wesen der Atombindung dar. Die Ausbildung einer Atombindung kann als Durchdringung von Bindungsorbitalen unter Energieabgabe gedeutet werden (8. Stunde; s. S. 72). Damit ist wie bei den Orbitalen in Atomen verschiedener Elemente eine Betrachtung der Molekülorbitale von Verbindungen unter energetischen Gesichtspunkten möglich. Die Erklärung der Atombindung auf der Grundlage des quantenmechanischen Atommodells erfolgt am Beispiel des Wasserstoffmoleküls. Die Durchdringung einfach besetzter 1s-Orbitale führt zu einem Molekülorbital, in dem die Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen zwischen den Atomkernen am größten ist. Dabei ist zu beachten, daß die Durchdringung der Atomorbitale zum Molekülorbital zu einer neuen Form des Molekülorbitals führt. Die Darstellung der Molekülorbitale mit mehr oder weniger großen Durchdringungsbereichen stellt eine didaktisch-methodische Vereinfachung dar. Der Betrag der Energieabgabe beim Übergang von Wasserstoffatomen in Wasserstoffmoleküle hängt von der Durchdringung der Atomorbitale und von der Abstoßung der beiden positiv geladenen Atomkerne ab. Die Beträge für die Bindungsenergie verlaufen daher mit zunehmender Annäherung der beiden Wasserstoffatome über ein Maximum (17; S. 38).

Die Behandlung der Durchdringung der p-Orbitale im Chlormolekül bietet Gelegenheit, die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen rotationssymmetrisch entlang der Verbindungslinie zwischen den Atomkernen und zugleich die Ausrichtung der Atombindung im Raum abzuleiten (9. Stunde; s. S. 73). Die Atombindungen im Wasserstoff- beziehungsweise Chlormolekül können dann als σ-Bindungen erläutert und als s-s-σ-Bindung beziehungsweise p-p-σ-Bindung bezeichnet werden. An der Durchdringung von p-Orbitalen läßt sich die rotationssymmetrische Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen überzeugender als bei der Durchdringung von s-Orbitalen darstellen. Die Einführung der Elektronenkonfiguration für die Atomhülle des Chloratoms ist außerdem eine Voraussetzung für das Verständnis der Bindungsverhältnisse im Chlorwasserstoffmolekül.
Bei der Beschreibung der Atombindung im Methanmolekül sind die Schüler an das Problem der Hybridisierung von Orbitalen heranzuführen (10. Stunde; s. S. 74). Die Annahme einer Hybridisierung erlaubt, die Bindungen im Methanmolekül auf der Grundlage des quantenmechanischen Atommodells als vier gleichwertige Atombindungen zu deuten. Im angeregten Zustand des Kohlenstoffatoms liegt eine Elektronenkonfiguration mit vier einfach besetzten Orbitalen vor, die Orbitale unterscheiden sich aber in Form und Energieinhalt deutlich voneinander. Erst aus der Umwandlung des angeregten Zustands in den Hybridzustand läßt sich der tetraedrische Zustand des Kohlenstoffatoms in Molekülen von Verbindungen erklären. Im Hinblick auf die Hybridisierung von Orbitalen erscheint ein Vergleich der angeregten Zustände im Wasserstoff- und Kohlenstoffatom ratsam (10. Stunde; s. S. 74). Im Wasserstoffatom hat die Energiezufuhr den Übergang des Elektrons aus dem 1s-Orbital in andere Orbitale und schließlich die Bildung des Wasserstoff-Ions zur Folge, im Kohlenstoffatom kann durch Energieanregung ein Elektron aus dem 2s-Orbital in das $2p_z$-Orbital übergehen.
Aus den Bindungsverhältnissen im Methanmolekül lassen sich die Bindungsverhältnisse in Molekülen von Alkanen ableiten (11. Stunde; s. S. 76). Die Vorstellungen über die Ausrichtung der Atombindungen im Methanmolekül und die Lage der Kohlenstoffatome in Molekülen von Alkanen können somit auf der Grundlage

des quantenmechanischen Atommodells vertieft werden. Der tetraedrische Bindungswinkel in Alkanmolekülen stellt eine mögliche räumliche Anordnung von Atomen innerhalb eines Moleküls dar, am Beispiel des Wassermoleküls und der Moleküle von Äthen, Äthin und Benzol werden die Schüler mit anderen Bindungswinkeln vertraut gemacht (11., 12., 14., 17. und 18. Stunde; s. S. 76, 77, 80, 84 und 85).
Eine Anwendung der erworbenen Einsichten über die Bindungsverhältnisse in Alkanmolekülen ist auch auf die Alkyle möglich, wenn die Alkyle als Spaltprodukte von Alkanen gedeutet werden, die bei hohen Temperaturen durch Kracken entstehen. Alkyle wurden bisher meist aus einem Gedankenexperiment abgeleitet, nach dem ein Wasserstoffatom im Alkanmolekül entfernt zu denken ist, und wurden zur Angabe vereinfachter Strukturformeln und zur Entwicklung von Nomenklaturvorschriften gebraucht. Für den Chemieunterricht in Klasse 11 ist es zweckmäßig, an Alkylen den Begriff des Radikals einzuführen und die Radikale als Atomgruppen mit einem einfach besetzten Orbital zu kennzeichnen (11. Stunde; s. S. 76). Die Betrachtung der Alkyle als Radikale erleichtert das Verständnis für die chemischen Eigenschaften von Kohlenwasserstoffen und bildet eine wertvolle Vorleistung für die spätere Behandlung der radikalischen Polymerisation des Äthens (Stoffgebiet 3, 20. Stunde; s. S. 141). Die Beschreibung der Möglichkeit einer Bildung von Ionen mit positiver oder negativer Ladung bei Reaktionen von Kohlenwasserstoffderivaten ist im Unterricht der Klasse 11 nicht vorgesehen.
Mit der Einführung moderner Vorstellungen über die Atombindung in den Molekülen von Wasserstoff, Chlor und Alkanen sind Voraussetzungen für ein tieferes Verständnis der Bindungsverhältnisse in Molekülen anderer anorganischer und organischer Verbindungen vorhanden. Von der Atombindung mit partiellem Ionencharakter in Molekülen anorganischer Verbindungen kann zur polaren Atombindung in Molekülen von Halogenderivaten der Alkane fortgeschritten werden (13. Stunde; s. S. 78). Bei der Behandlung der Halogenalkane besteht die Möglichkeit, die polare Atombindung an Hand von Experimenten als Übergangsform zwischen Atombindung und Ionenbeziehung nachzuweisen. Die Prüfung von Chloralkanen auf die Anwesenheit von Chlorid-Ionen verläuft bei

Zimmertemperatur negativ. Die Kohlenstoff-Chlor-Bindung ist nur wenig polar, die Bindungsenergien der Kohlenstoff-Chlor-Bindung und der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung sind ähnlich. Brom- und Jodderivate der Alkane ergeben mit Silbernitratlösung häufig schon bei Zimmertemperatur Fällungen von Silberhalogeniden. Infolge der geringen Bindungsenergie zwischen den Kohlenstoff- und Brom- beziehungsweise Jodatomen sind diese Atombindungen weitgehend polar und haben deshalb deutliche Ionenreaktionen der betreffenden Verbindungen zur Folge. Nach dem Erwärmen können selbst bei Chloralkanen die entstandenen Chlorid-Ionen nachgewiesen werden (18; S. 100). Die Experimente sind besonders geeignet, das Auftreten gleicher Bindungsarten zwischen Atomen und Ionen in anorganischen und organischen Verbindungen und die Gültigkeit allgemeiner Gesetzmäßigkeiten der Chemie für alle Verbindungen zu betonen. Für die Übergangsformen zwischen Atombindung und Ionenbeziehung wird in Lehrbüchern der anorganischen Chemie der Begriff "Atombindung mit partiellem Ionencharakter" benutzt, der gleiche Sachverhalt ist in Lehrbüchern der organischen Chemie häufig als "polare Atombindung" beschrieben. Die Kennzeichnung einer Erscheinung durch mehrere Termini kann unter methodischen Gesichtspunkten nicht zufriedenstellen, ist mit Rücksicht auf die Fachliteratur aber nicht zu vermeiden.
Für die Behandlung der Atombindung mit partiellem Ionencharakter in den Molekülen von Chlorwasserstoff, Wasser und Halogenalkanen bestehen Vorleistungen aus dem Chemieunterricht der Klasse 8. Die größere Aufenthaltswahrscheinlichkeit der bindenden Elektronen in der Nähe des einen Atomkerns der beiden Atome, die durch polare Atombindung miteinander verbunden sind, kann mit den Elektronegativitätswerten der betreffenden Elemente in Zusammenhang gebracht werden (12. und 13. Stunde; s. S. 77 und 78). Auch die geringe Polarität der Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindung in Alkanmolekülen läßt sich aus der geringen Differenz der Elektronegativitätswerte zwischen den beiden Elementen begründen (11. Stunde; s. S. 76). Dadurch besteht die Möglichkeit, die Bindungsverhältnisse in Molekülen einzelner Verbindungen unter verschiedenen Gesichtspunkten zu betrachten und verschiedene Modellvorstellungen zur Erklärung chemischer Sachverhalte zu nutzen.
Die Behandlung der Bindungsverhältnisse im Äthenmolekül erfolgt unter Nutzung der Kenntnisse der Schüler über den Grundzustand,

den angeregten Zustand und den hyoridisierten Zustand des Kohlenstoffatoms. Im Unterschied zum Methan- und Äthanmolekül liegt das Kohlenstoffatom im Molekül des Äthens im sp^2-hybridisierten Zustand vor, die drei Hybridorbitale des Kohlenstoffatoms sind in einer Ebene angeordnet, also nicht nach den Eckpunkten eines regelmäßigen Tetraeders gerichtet. Der Bindungswinkel zwischen den sp^2-Hybridorbitalen kann bei einer Anordnung der Orbitale in einer Ebene nicht mehr mit dem tetraedrischen Bindungswinkel übereinstimmen (14. Stunde; s. S. 80). Die Betrachtung der Bindungsverhältnisse im Äthenmolekül muß daher zu der Einsicht führen, daß die Tetraederstruktur des Kohlenstoffatoms in Molekülen von organischen Verbindungen auf den sp^3-hybridisierten Zustand beschränkt ist und daher nur für gesättigte organische Verbindungen gilt.

Aus der sp^2-Hybridisierung der Kohlenstoffatome im Äthenmolekül ergeben sich zwei Möglichkeiten für die Durchdringung von Bindungsorbitalen. Einmal kann die Bindung zwischen den Kohlenstoffatomen die Folge der Durchdringung von sp^2-Hybridorbitalen beider Kohlenstoffatome sein, zum anderen kann eine Durchdringung der $2p_z$-Orbitale beider Kohlenstoffatome vorliegen. Dadurch wird deutlich, daß die Doppelbindung im Äthenmolekül aus zwei qualitativ verschiedenen Atombindungen besteht (15. Stunde; s. S. 81). Die Vorstellungen über die π-Bindung als Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen symmetrisch zu einer Ebene werden nachfolgend auf die Moleküle von Äthin und Benzol und später auf das Butadienmolekül angewendet (17. und 18. Stunde; s. S. 84 und 85; sowie Stoffgebiet 3, 23. Stunde; s. S. 145). Die Beschreibung von Mehrfachbindungen in Molekülen anorganischer Verbindungen ist nicht vorgesehen.

Die Kennzeichnung der Atombindungen in Molekülen auf der Grundlage des quantenmechanischen Atommodells läßt wesentliche Rückschlüsse auf die chemischen Eigenschaften organischer Verbindungen zu. So können die chemischen Eigenschaften des Äthens aus der Möglichkeit der Entkoppelung oder Polarisierung der π-Bindung im Äthenmolekül begründet werden. Am Beispiel des Ionenmechanismus und des radikalischen Mechanismus der Addition von Brom an Äthen sollen die Schüler begreifen, daß chemische Reaktionen häufig über verschiedene Zwischenprodukte verlaufen (16.

Stunde; s. S. 82). Diese Einsichten sind bei der Beschreibung der Substitutionsreaktionen des Benzols, bei der Polymerisation des Äthens und bei Additionsreaktionen des Butadiens zu vertiefen (19. Stunde; s. S. 86; Stoffgebiet 3, 20. und 24. Stunde; s. S. 141 und 147).

Die begrenzte Widerspiegelung der objektiven Realität durch Modellvorstellungen muß im Unterricht bei der Anwendung des quantenmechanischen Atommodells auf die Bindungsverhältnisse in Molekülen verschiedener Verbindungen zum Ausdruck kommen. So können die Bindungsverhältnisse in Molekülen organischer Verbindungen nur unter der Annahme der Hybridisierung verschiedener Orbitale zufriedenstellend begründet werden. Die Hybridisierung ist eine Hilfsvorstellung zur Veranschaulichung verschiedener Bindungsverhältnisse in Molekülen organischer Verbindungen. Weiterhin ist eine Erklärung der ermittelten unterschiedlichen Bindungsabstände zwischen den Kohlenstoffatomen bei Auftreten einer Einfach-, Doppel- oder Dreifachbindung auf der Grundlage des quantenmechanischen Atommodells nicht möglich. Die philosophische Erkenntnis, daß Modelle nicht alle Seiten der objektiven Realität widerspiegeln können, gilt in vollem Umfang für das quantenmechanische Atommodell und damit auch für die Orbitalmodelle von Molekülen anorganischer und organischer Verbindungen.

3.2. Stundenerläuterungen

1. Stunde: Entwicklung der Modellvorstellungen über den Bau der Atome

Stundenziel:

Systematisierung der Kenntnisse über die Entwicklung der Modellvorstellungen vom Bau der Atome
Weiterentwicklung der Fähigkeiten im Beschreiben chemischer Erscheinungen mit Hilfe von Modellvorstellungen
Vertiefung der Überzeugung über die begrenzte Widerspiegelung der objektiven Realität durch Modelle

Stundengliederung

Modellvorstellungen von Rutherford und Bohr über den Bau der Atome 20 min

Würdigen der Unterscheidung von Atomkern und Atomhülle durch E. Rutherford (UG; bereitstellende Wiederholung; s. S. 37 und 50)
Nennen des Widerspruchs zwischen der Bewegung der Elektronen in der Atomhülle und den Vorstellungen über die Bewegung makroskopischer Körper (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Werten der Vorstellungen von N. Bohr über die Bewegung der Elektronen auf bestimmten Bahnen (UG mit LB-Aufg. 9, S. 9; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 55)
Erläutern des Aufbaus der Atomhülle aus Elektronenschalen (SSA mit LB-Aufg. 4, S. 9; bereitstellende Wiederholung)
Einschätzen der Möglichkeiten, physikalische und chemische Erscheinungen mit Hilfe der Modellvorstellungen von Rutherford und Bohr zu erklären (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 55)
Feststellen der Mängel in den Modellvorstellungen von Rutherford und Bohr (LV; Systematisierung)

Grundlagen des quantenmechanischen Atommodells 10 min

Nennen des Verzichts auf Anschaulichkeit bei modernen Vorstellungen über den Bau der Atomhülle (LV; Einführung)
Beschreiben der Elektronen in der Atomhülle durch die Aufenthaltswahrscheinlichkeit und den Energieinhalt (UG; Einordnung der erworbenen Kenntnisse in den historischen Zusammenhang)
Erläutern des Begriffs "quantenmechanisches Atommodell" (LV; Einführung)

Verhältnis zwischen Modell und Wirklichkeit 15 min

Weiterentwickeln der Überzeugung, daß Atommodelle nur einige Seiten der objektiven Realität widerspiegeln können (UG; Festigung philosophischer Erkenntnisse; s. S. 22 und 62)
Herausarbeiten der Überzeugung, daß die gegenwärtigen Vorstellungen über den Bau der Atome Ausgangspunkt für die Entwicklung weiterer Atommodelle sind (UG; Systematisierung; s. S. 18 und 37)
Einschätzen des Nutzens von Modellvorstellungen im Erkenntnisprozeß (UG mit LB-Aufg. 7, S. 9; Systematisierung)

2. Stunde: Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons im Wasserstoffatom

Stundenziel

Entwicklung von Modellvorstellungen über den Bau des Wasserstoffatoms
Festigung der Fähigkeiten zu einer statistischen Betrachtungsweise chemischer Erscheinungen
Beitrag zur Herausbildung von Überzeugungen über den Nutzen von Gedankenexperimenten im Erkenntnisprozeß

Stundengliederung

Gedankenexperiment zur Veranschaulichung der Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons 20 min

Vermitteln der Einsicht, daß sich Ort und Geschwindigkeit eines Elektrons gleichzeitig nicht bestimmen lassen (LV; Einführung)
Nennen der Möglichkeit, die Aufenthaltswahrscheinlichkeit eines Elektrons in der Atomhülle mit Hilfe eines Gedankenexperiments zu ermitteln (LV; Einführung; s. S. 37 und 55)
Erläutern eines Gedankenexperiments, nach dem für das Elektron im Wasserstoffatom in gleichen Zeitabständen eine Bestimmung des Abstands vom Atomkern angenommen wird (UG; Einführung; s. S. 50)
gedankliches Zusammenstellen der Einzelbilder mit unterschiedlichem Abstand des Elektrons vom Atomkern des Wasserstoffatoms (UG mit LB-Abb. 2 und 3, S. 10; Einführung; s. S. 37)
Weiterentwickeln der Überzeugung von der begrenzten Widerspiegelung der objektiven Realität durch eine statistische Betrachtungsweise der Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons (UG; Festigung philosophischer Erkenntnisse)

Radiale Wahrscheinlichkeitsdichte des Elektrons 15 min

Erläutern des Begriffs "radiale Wahrscheinlichkeitsdichte" (IV; Einführung; s. S. 55)
Darstellen der Wahrscheinlichkeitsdichte des Elektrons in Abhängigkeit des Abstands vom Atomkern (UG mit LB-Abb. 4, 5, 6, S. 11, Projektionsfolie und Lichtbildern R 698/2/3; Einführung)
Deuten des Maximums der radialen Wahrscheinlichkeitsdichte (UG; Einführung; s. S. 20)

Erläutern des Übergangs der Wasserstoffatome aus dem Grundzustand in verschiedene angeregte Zustände bei Energiezufuhr (UG; Einführung)

Orbital als Raum für die größte Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons 10 min

Beschreiben der allmählichen Abnahme der Wahrscheinlichkeitsdichte des Elektrons (UG; Einführung)
Kennzeichnen des Raums um den Atomkern, in dem die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons am größten ist, als Orbital (LV; Einführung)

3. Stunde: Energieniveaus der Elektronen in den Atomen verschiedener Elemente

Stundenziel

Weiterentwicklung der Kenntnisse über die Darstellung des Energieinhalts von Elektronen in Energieniveauschemas
Vervollkommnung der Fähigkeiten zu einer energetischen Betrachtungsweise der Elektronen in der Atomhülle
Vertiefung der Überzeugung, daß eine Beschreibung der Atomhülle unter verschiedenen Gesichtspunkten möglich ist

Stundengliederung

Veranschaulichung des Energieinhalts von Elektronen in Energieniveauschemas (bereitstellende Wiederholung) 20 min

Nennen der Möglichkeit, die Elektronen in der Atomhülle durch die Aufenthaltswahrscheinlichkeit und den Energieinhalt zu beschreiben (LV; s. S. 37)
Erläutern des Energieinhalts der Elektronen in Atomen verschiedener Elemente (SSA; s. S. 51)
Veranschaulichen des unterschiedlichen Energieniveaus der Elektronen durch Energieniveauschemas (SSA mit LB-Aufg. 5, S. 9)
Hinweisen auf die Besonderheit, daß Energieniveauschemas keine genauen Aussagen über die Anordnung der Elektronen in der Atomhülle und über den Abstand der Elektronen vom Atomkern ermöglichen (LV; s. S. 56)

Energieniveaus der Elektronen in den Atomen
von Wasserstoff, Helium, Lithium und Beryllium 10 min

Erläutern des gleichen Energieniveaus der Elektronen im Wasserstoff- und Heliumatom (UG; bereitstellende Wiederholung)
Bezeichnen der Elektronen, die dem 1. Energieniveau entsprechen, als 1s-Elektronen (LV; Einführung)
Beschreiben des Energieinhalts der Elektronen im Lithium- und Berylliumatom (UG; bereitstellende Wiederholung)

Energieniveaus der Elektronen in den Atomen der Elemente Bor, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Fluor und Neon 15 min

Hinweisen auf Unterschiede im Energieinhalt der Elektronen, die dem 2. Energieniveau entsprechen (LV; Einführung)
Unterteilen des 2. Energieniveaus der Elektronen in Unterniveaus (LV; Einführung)
Bezeichnen der Elektronen, die dem 2. Energieniveau entsprechen, als 2s- und 2p-Elektronen (LV; Einführung)

4. Stunde: Form und Energieniveaus von s- und p-Orbitalen

Stundenziel

Vermittlung von Vorstellungen über die Aufenthaltswahrscheinlichkeit und den Energieinhalt von Elektronen in s- und p-Orbitalen
Weiterentwicklung von Fähigkeiten im Anwenden von Modellvorstellungen über das Wasserstoffatom auf Atome anderer Elemente
Vertiefung der Überzeugung vom einheitlichen Aufbau der Atome der verschiedenen Elemente

Stundengliederung

Form und Energieniveau von s-Orbitalen 10 min

Beschreiben des Raums größter Aufenthaltswahrscheinlichkeit von 1s-Elektronen (UG; bereitstellende Wiederholung)
Bezeichnen des Raums größter Aufenthaltswahrscheinlichkeit von 1s-Elektronen als 1s-Orbital (LV; Einführung)
Erläutern der Form und des Energieniveaus vom 1s-Orbital (SSA mit LB-Abb. 7 und 8, S. 13 und 14; Festigung erworbener Kenntnisse)

Form und Energieniveaus von p-Orbitalen 20 min

Beschreiben des Raums größter Aufenthaltswahrscheinlichkeit von 2p-Elektronen (UG; Einführung)
Bezeichnen des Raums größter Aufenthaltswahrscheinlichkeit von 2p-Elektronen als 2p-Orbitale (LV; Einführung)
Erläutern der Form der 2p-Orbitale (SSA mit LB-Abb. 7, S. 13, und Modell; Einführung)
Begründen der unterschiedlichen räumlichen Ausrichtung der 2p-Orbitale aus der Form (UG mit LB-Aufg. 3, S. 13, und Modell; Einführung)
Bezeichnen der 2p-Orbitale entsprechend der Ausrichtung im Raum als $2p_x$-, $2p_y$- und $2p_z$-Orbital (UG mit LB-Abb. 7, S. 13; Einführung)
Erläutern des gleichen Energieniveaus von $2p_x$-, $2p_y$- und $2p_z$-Orbitalen (UG; Einführung)

Vergleich von s- und p-Orbitalen 15 min

Vergleichen der Form von s- und p-Orbitalen (SSA mit LB-Abb. 7, S. 13; Zusammenfassung; s. S. 30)
Unterscheiden des Energieniveaus vom 1s-Orbital und von anderen s-Orbitalen (UG mit LB-Abb. 8, S. 14; Festigung erworbener Kenntnisse)
Unterscheiden des Energieniveaus von 2s- und 2p-Orbitalen (SSA mit LB-Abb. 8, S. 14; Festigung erworbener Kenntnisse)

5. Stunde: Besetzung der Orbitale

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Anzahl von Orbitalen, die einem Energieniveau entsprechen, über die mögliche Anzahl von Elektronen in einem Orbital und über die Besetzung der verschiedenen Orbitale nach steigendem Energieinhalt der Elektronen
Weiterentwicklung der Fähigkeiten zu einer Teilchenbetrachtung und zu energetischen Betrachtungen der Elektronen in der Atomhülle von Atomen verschiedener Elemente
Festigung der Überzeugung, daß sowohl die Orbitale als auch die Energieniveauschemas die objektive Realität modellhaft widerspiegeln

Stundengliederung

Anzahl der Elektronen eines Energieniveaus 15 min

Ermitteln der Beziehung $Z_n = 2\ n^2$ für die maximale Anzahl von Elektronen, die zu einem Energieniveau gehören (UG; bereitstellende Wiederholung)
Feststellen des unterschiedlichen Energieinhalts der Elektronen, die dem 2. Energieniveau entsprechen (UG; bereitstellende Wiederholung)
Bezeichnen der Elektronen des 3. und 4. Energieniveaus als 3s-, 3p-, 3d- und als 4s-, 4p-, 4d- beziehungsweise 4f-Elektronen (SSA mit LB-Tab. 1, S. 12; Einführung)
Ermitteln der maximalen Anzahl von 2s-, 2p-, 3s-, 3p-, 3d-, 4s-, 4p-, 4d- und 4f-Elektronen (SSA mit LB-Tab. 1, S. 12; Einführung)

Einbau der Elektronen in Orbitale 15 min

Mitteilen der möglichen Anzahl von Elektronen in einem Orbital (LV; Einführung)
Ermitteln der Anzahl von 1s-, 2s- und 2p-Orbitalen (SSA mit LB-Tab. 1, S. 12; Einführung)
Beschreiben der Besetzung von Orbitalen im Lithiumatom (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der Symbole $1s^2\ 2s^1$ für die Elektronenverteilung in der Atomhülle des Lithiumatoms (UG; Einführung)
Darstellen der Elektronenverteilung im Lithiumatom durch Pfeilkästchen für halbbesetzte und vollbesetzte Orbitale (LV; Einführung; s. S. 56)
Entwickeln der Überzeugung, daß durch die Orbitale die objektive Realität modellhaft widergespiegelt wird (UG; Festigung philosophischer Erkenntnisse)

Energieniveaus der verschiedenen Orbitale 15 min

Erläutern der Darstellung des Energieinhalts von 1s-, 2s-, 2p-, 3s- und 3p-Orbitalen im Energieniveauschema (SSA mit LB-Abb. 8, S. 14; Festigung erworbener Kenntnisse)
Beschreiben der Besetzung der Orbitale nach steigendem Energieinhalt der Elektronen (UG; Einführung)
Ermitteln der Elektronenverteilung für die Atomhülle des Fluoratoms (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)

6. Stunde: Elektronenkonfiguration der Atome einiger Elemente

Stundenziel

Entwicklung von Vorstellungen über die Orbitalbesetzung in den Atomen verschiedener Elemente
Weiterentwicklung der Fähigkeiten im Anwenden der Kenntnisse über das unterschiedliche Energieniveau einzelner Orbitale auf die Elektronenkonfiguration der Atome einiger Elemente
Vertiefung der Überzeugung vom raschen wissenschaftlichen Fortschritt bei der theoretischen Durchdringung chemischer und physikalischer Erscheinungen

Stundengliederung

Elektronenkonfiguration der Atome in den Elementen der ersten beiden Perioden des Periodensystems der Elemente 25 min

Ableiten der Elektronenverteilung für die Atome der Elemente Wasserstoff, Helium, Lithium, Beryllium und Bor (SSA mit LB-Tab. 2, S. 16; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern des Begriffs "Elektronenkonfiguration" (LV; Einführung)
Ermitteln der Symbole für die Elektronenkonfiguration des Boratoms (UG; immanente Wiederholung)
Mitteilen von Besonderheiten bei der Besetzung energetisch gleichwertiger Orbitale (LV; Einführung)
Ableiten der Elektronenkonfiguration für die Atome der Elemente Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Fluor und Neon (SSA mit LB-Tab. 2, S. 16; Festigung erworbener Kenntnisse)
Würdigen der Forschungsergebnisse bei der Untersuchung des Baus der Stoffe (UG; Festigung erworbener Kenntnisse und Fähigkeiten; s. S. 38)

Beispiele für die Elektronenkonfiguration der Atome in anderen Elementen 20 min

Ableiten der Elektronenkonfiguration für die Atome von Kalium, Kalzium und Skandium (SSA mit LB, Vorsatz, vorn; Festigung erworbener Kenntnisse)
Zusammenstellen der Symbole für die Elektronenkonfiguration in den Atomen von Kalium, Kalzium und Skandium (SSA mit LB-Aufg. 5, S. 15; immanente Wiederholung)

Begründen der Besetzung des 3d-Orbitals im Skandiumatom aus dem unterschiedlichen Energieniveau der Orbitale (UG mit LB-Abb. 8, S. 14, Einführung)
Erläutern der Veränderung der Elektronenkonfiguration für die Atome von Elementen bei Energiezufuhr (UG; immanente Wiederholung)
Betonen der Wechselwirkung zwischen den äußeren und inneren Bedingungen chemischer Erscheinungen (UG; Festigung philosophischer Erkenntnisse; s. S. 20)

7. Stunde: Atombau und Periodensystem der Elemente

Stundenziel

Vertiefung der Kenntnisse über die Anordnung der Elemente im Periodensystem der Elemente nach steigender Kernladungszahl
Vervollkommnung der Fähigkeiten im Ableiten chemischer Eigenschaften von Hauptgruppenelementen aus dem Bau der Atome und der Anordnung der Elemente im Periodensystem der Elemente
Vertiefung der Überzeugung vom gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen dem Atombau und dem Periodensystem der Elemente

Stundengliederung

Beziehungen zwischen dem Bau der Atome und der Anordnung der betreffenden Elemente innerhalb einer Periode des Periodensystems der Elemente (s. S. 38) 15 min

Ableiten der Elektronenkonfiguration für die Atome der Elemente in der 3. Periode (SSA mit Arbeitsblatt, s. S. 29; Festigung erworbener Kenntnisse)
Zusammenstellen der Symbole für die Elektronenkonfiguration in den Atomen der Elemente in der 3. Periode (SSA mit Arbeitsblatt, s. S. 29; immanente Wiederholung)
Ermitteln des Zusammenhangs zwischen der Anzahl der Außenelektronen in den Atomen und den maximalen Oxydationszahlen der Elemente in Verbindungen (UG mit Arbeitsblatt, s. S. 29; immanente Wiederholung)
Beschreiben der Änderung der chemischen Eigenschaften der Elemente in der 3. Periode (UG; immanente Wiederholung)

Beziehungen zwischen dem Bau der Atome und der Anordnung der betreffenden Elemente innerhalb einer Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente (s. S. 38) 15 min

Ableiten der Elektronenkonfiguration für die Atome der Elemente der II. Hauptgruppe (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Zusammenstellen der Symbole für die Elektronenkonfiguration in den Atomen der Elemente der II. Hauptgruppe (SSA; immanente Wiederholung)
Feststellen des Zusammenhangs zwischen der Elektronenkonfiguration in den Atomen und der Anordnung der Elemente in der II. Hauptgruppe (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ermitteln der Oxydationszahl für die Elemente der II. Hauptgruppe in den Verbindungen mit Sauerstoff und Wasserstoff (UG; immanente Wiederholung; s. S. 28)
Erläutern der chemischen Eigenschaften der Elemente der II. Hauptgruppe (UG; zusammenfassende Wiederholung)

Bedeutung des Periodensystems der Elemente als Arbeitsmittel 15 min

Entwickeln der Überzeugung, daß die Modellvorstellungen über den Bau der Atome eine überzeugende Begründung für das Periodensystem der Elemente darstellen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Feststellen des Zusammenhangs zwischen der Anzahl der Orbitale des 1. und 2. Energieniveaus und der Anzahl der Elemente in den beiden ersten Perioden (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen der maximalen Anzahl der Elektronen, die dem 3. und 4. Energieniveau entsprechen, mit der Anzahl der Elemente in der 3. und 4. Periode (UG; immanente Wiederholung)
Vergleichen der stabilen Elektronenkonfiguration der Atome von Edelgasen mit der Anordnung der Elemente im Periodensystem der Elemente (UG mit Arbeitsblatt, s. S. 29; zusammenfassende Wiederholung)
Anstellen von Vermutungen über weitere stabile Elektronenkonfigurationen in Atomen von Elementen (UG mit LB, Vorsatz, vorn; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 57)

8. Stunde: Bindungsverhältnisse im Wasserstoffmolekül

Stundenziel

Vertiefung der Vorstellungen über das Wesen der Atombindung im Wasserstoffmolekül
Entwicklung von Fähigkeiten im Anwenden der Kenntnisse über Atomorbitale auf die Bildung von Molekülorbitalen
Vertiefung der Überzeugung vom Nutzen der Modellvorstellungen im Erkenntnisprozeß

Stundengliederung

Entstehung von Molekülorbitalen 20 min

Erläutern der besonders stabilen Elektronenkonfiguration in den Atomen von Edelgasen (SSA; bereitstellende Wiederholung; s. S. 51)
Gegenüberstellen der verschiedenen Möglichkeiten für Atome anderer Elemente, die Edelgaskonfiguration zu erreichen (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Beschreiben der Edelgaskonfiguration der Atome im Wasserstoffmolekül (UG; bereitstellende Wiederholung)
Erläutern der Atombindung im Wasserstoffmolekül als Ergebnis der Durchdringung von 1s-Orbitalen zweier Wasserstoffatome (UG mit LB-Abb. 9 und 10, S. 17 und 18; Einführung; s. S. 31 und 57)
Beschreiben der größten Aufenthaltswahrscheinlichkeit für die beiden Elektronen zwischen den Atomkernen (LV; Einführung)
Abgrenzen der Begriffe "Atomorbital" und "Molekülorbital" (LV; Einführung)
Entwickeln der Überzeugung, daß durch die Modellvorstellungen über die Atombindung im Wasserstoffmolekül die objektive Realität vereinfacht dargestellt wird (UG; Festigung philosophischer Erkenntnisse)

Energieabgabe bei der Durchdringung von Atomorbitalen 10 min

Mitteilen der Energieabgabe beim Übergang von Wasserstoffatomen in Wasserstoffmoleküle (LV; Einführung; s. S. 57)
Erläutern des Zusammenhangs zwischen Energieabgabe bei der Bildung von Wasserstoffmolekülen aus -atomen und der Durchdringung von Atomorbitalen zu Molekülorbitalen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Atombindung als Ergebnis der Durchdringung von Orbitalen 15 min

Beschreiben des gemeinsamen Elektronenpaars in einer Atombindung (UG; bereitstellende Wiederholung)
Definieren der Atombindung als Ergebnis der Durchdringung von Orbitalen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Darstellen der Atombindung im Wasserstoffmolekül mit Hilfe der Elektronenschreibweise (SSA; immanente Wiederholung; s. S. 51)
Erläutern des Strichs in Strukturformeln als Symbol für eine Atombindung (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

9. Stunde: σ-Bindung

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die σ-Bindung als Form der Atombindung
Entwicklung von Fähigkeiten im Übertragen der Kenntnisse über die Durchdringung von Atomorbitalen auf die Bindungsverhältnisse im Chlormolekül
Vertiefung der Überzeugung von der Erkennbarkeit chemischer Erscheinungen

Stundengliederung

Atombindung im Chlormolekül 20 min

Beschreiben der Atombindung im Wasserstoffmolekül als Ergebnis der Durchdringung von 1s-Orbitalen (UG; bereitstellende Wiederholung)
Bezeichnen der Atombindung im Wasserstoffmolekül als s-s-Bindung (LV; Einführung)
Anstellen von Vermutungen über die mögliche Durchdringung von Orbitalen im Chlormolekül (UG; Einführung; s. S. 31)
Ableiten der Elektronenkonfiguration für das Chloratom (SSA mit LB, Vorsatz, hinten; Festigung erworbener Kenntnisse)
Zusammenstellen der Symbole für die Elektronenkonfiguration des Chloratoms (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Beschreiben der Entstehung von Chlormolekülen aus Chloratomen (UG mit LB-Abb. 11, S. 19; Einführung; s. S. 58)
Bestätigung der Vermutung über die p-p-Bindung im Chlormolekül (UG: Vertiefung erworbener Kenntnisse)

σ-Bindung als Form der Atombindung 10 min

Beschreiben der Durchdringung der beiden 3p-Orbitale im Chlormolekül (UG mit LB-Abb. 11, S. 19; immanente Wiederholung)
Erläutern der Aufenthaltswahrscheinlichkeit der bindenden Elektronen um die Achse zwischen beiden Atomkernen (UG; Einführung)
Definieren der σ-Bindung als Atombindung, bei der das Molekülorbitel rotationssymmetrisch um die Verbindungslinie zwischen zwei Atomkernen liegt (UG mit LB-Aufg. 8, S. 19; Einführung)
Entwickeln von Überzeugungen über die Möglichkeit einer Beschreibung der Atombindung in Molekülen auf der Grundlage des quantenmechanischen Atommodells (UG; Festigung philosophischer Erkenntnisse)

σ-Bindung im Chlor- und Wasserstoffmolekül 15 min

Aufstellen der Formel des Wasserstoffs und des Chlors in Elektronenschreibweise (UG; immanente Wiederholung)
Vergleichen der σ-Bindung im Chlormolekül mit der σ-Bindung im Wasserstoffmolekül (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Bezeichnen der Atombindung im Chlormolekül als p-p-σ-Bindung (SSA; zusammenfassende Wiederholung; s. S. 58)
Bezeichnen der Atombindung im Wasserstoffmolekül als s-s-σ-Bindung (SSA; zusammenfassende Wiederholung)
Anstellen von Vermutungen über das Auftreten von σ-Bindungen in Molekülen anderer Elemente und Verbindungen (UG; Verallgemeinerung)

10. Stunde: Bindungsverhältnisse im Methanmolekül

Stundenziel

Entwicklung von Vorstellungen über die σ-Bindungen im Methanmolekül
Vervollkommnung der Fähigkeiten im Ableiten der Elektronenkonfiguration des Kohlenstoffatoms im Grundzustand und im angeregten Zustand aus Tabellenangaben
Beitrag zur Entwicklung der Überzeugung, daß Modellvorstellungen ständig in der Praxis überprüft werden müssen

Stundengliederung

Grundzustand und angeregter Zustand des Kohlenstoffatoms 20 min

Beschreiben der tetraedrischen Anordnung der Atombindungen im Methanmolekül (UG; bereitstellende Wiederholung)
Ableiten der Elektronenkonfiguration des Kohlenstoffatoms im Grundzustand (SSA mit LB-Tab. 2, S. 16; immanente Wiederholung)
Nennen der einfach besetzten 2p-Orbitale im Kohlenstoffatom (SSA mit LB-Abb. 12, S. 20; Entwicklung einer Problemsituation)
Anstellen von Vermutungen, daß im Kohlenstoffatom des Methanmoleküls vier gleiche Orbitale vorhanden sein müssen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 38)
Unterscheiden des Grundzustands von angeregten Zuständen im Wasserstoffatom (SSA mit LB-Abb. 1, S. 7; immanente Wiederholung)
Mitteilen des angeregten Zustands vom Kohlenstoffatom in Verbindungen des Kohlenstoffs (LV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Darstellen des angeregten Zustands vom Kohlenstoffatom durch Pfeilkästchen (SSA mit LB, S. 21; Festigung erworbener Kenntnisse)

Bildung von Hybridorbitalen aus Atomorbitalen 10 min

Erörtern des Übergangs von 2s- und 2p-Orbitalen im Kohlenstoffatom des Methanmoleküls in vier gleiche Orbitale (UG mit Lichtbildern R 698/8/9; Lösung der Problemsituation)
Bezeichnen der entstehenden Orbitale als Hybridorbitale (LV; Einführung; s. S. 58)
Darstellen des hybridisierten Zustands vom Kohlenstoffatom durch Pfeilkästchen (SSA mit LB, S. 21; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 56)

σ-Bindungen im Methanmolekül 15 min

Erläutern von Form und Energieinhalt der sp^3-Hybridorbitale im Kohlenstoffatom des Methanmoleküls (UG mit LB-Abb. 13, S. 21; Einführung; s. S. 31)
Beschreiben der räumlichen Anordnung von sp^3-Hybridorbitalen des Kohlenstoffatoms im Methanmolekül (SSA mit LB-Abb. 15 und 16, S. 23, und Projektionsfolie; Einführung)
Bezeichnen der Atombindungen im Methanmolekül als sp^3-s-σ-Bindungen (SSA; Zusammenfassung)

11. Stunde: Bindungsverhältnisse in Alkanmolekülen

Stundenziel

Entwicklung von Vorstellungen über die σ-Bindung zwischen den Kohlenstoffatomen in Alkanmolekülen
Befähigung zum Anwenden der Kenntnisse über die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen in σ-Bindungen auf die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung in Alkanmolekülen
Vertiefung der Überzeugung von der Vervollkommnung der Modellvorstellungen über die Struktur von Molekülen gesättigter organischer Verbindungen

Stundengliederung

Tetraedrischer Zustand der Kohlenstoffatome in Alkanmolekülen — 15 min

Beschreiben von Form und Energieinhalt der sp^3-Hybridorbitale im Kohlenstoffatom des Methanmoleküls (UG mit LB-Abb. 14, S. 22; bereitstellende Wiederholung)
Bezeichnen der Atombindungen im Methanmolekül als sp^3-s-σ-Bindungen (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Erläutern des Orbitalmodells vom Methanmolekül (UG mit LB-Abb. 16, S. 23, Modell und Projektionsfolie; Einführung; s. S. 31)
Feststellen der Übereinstimmung von Vorstellungen über die tetraedrische Anordnung der Bindungen im Methanmolekül mit den Erkenntnissen auf der Grundlage des quantenmechanischen Atommodells (UG; immanente Wiederholung)
Definieren des Bindungszustands im Methanmolekül als tetraedrischer Zustand des Kohlenstoffatoms (LV; Einführung)
Definieren der Atom- oder Hybridorbitale, die einander durchdringen können, als Bindungsorbitale (LV; Einführung)

Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen in Alkanmolekülen — 20 min

Vergleichen der Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindungen im Methan- und im Äthanmolekül (SSA mit LB, S. 24; Festigung erworbener Kenntnisse)
Beschreiben der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung im Äthanmolekül als sp^3-sp^3-σ-Bindung (SSA mit LB-Abb. 17 und 18, S. 24, und Modell; Festigung erworbener Kenntnisse)

Ableiten der Drehbarkeit der Kohlenstoffatome gegeneinander aus der Aufentheltswahrscheinlichkeit der Elektronen rotationssymmetrisch um die Verbindungslinie zwischen den Atomkernen (UG mit LB-Abb. 18, S. 24; Einführung)
Bezeichnen der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen in allen Alkanmolekülen als sp^3-sp^3-σ-Bindungen (SSA mit LB, S. 24; Festigung erworbener Kenntnisse)

Bindungsverhältnisse in Alkylradikalen 10 min

Erläutern der Entstehung von Alkylradikalen aus Alkanen beim Erhitzen (UG; Einführung; s. S. 59)
Definieren des Begriffs "Radikal" (LV; Einführung)
Beschreiben der Bindungsverhältnisse in Alkylradikalen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen der Bindungsverhältnisse in Alkylradikalen und Alkanen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

12. Stunde: Bindungsverhältnisse im Chlorwasserstoff- und im Wassermolekül

Stundenziel

Vertiefung der Kenntnisse über die Polarität der Atombindungen zwischen Atomen von Elementen mit unterschiedlichen Elektronegativitätswerten
Befähigung zum Abschätzen der Polarität der Atombindungen in den Molekülen von Chlorwasserstoff und Wasser aus der Differenz der Elektronegativitätswerte zwischen den Elementen
Beitrag zur Einsicht in die wechselseitige Bedingtheit chemischer Erscheinungen

Stundengliederung

Elektronenkonfiguration des Wasserstoff-, Sauerstoff- und Chloratoms (Wiederholung) 10 min

Ableiten der Elektronenkonfiguration des Wasserstoff- und Chloratoms im Grundzustand (SSA mit LB, Vorsatz, vorn)
Erläutern der einfach besetzten Orbitale als Bindungsorbitale der betreffenden Atome (UG)

σ-Bindungen im Chlorwasserstoff- und im Wassermolekül 15 min

Beschreiben der σ-Bindung im Chlorwasserstoffmolekül als s-p-σ-Bindung (UG mit LB-Abb. 19, S. 26; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 31)
Beschreiben der Atombindungen im Wassermolekül als s-sp^3-σ-Bindungen (UG mit LB, S. 26; Festigung erworbener Kenntnisse)

Polarität der σ-Bindungen im Chlorwasserstoff- und Wassermolekül 20 min

Abschätzen der Polarität der σ-Bindung im Chlorwasserstoffmolekül aus der Differenz der Elektronegativitätswerte zwischen Chlor und Wasserstoff (UG; immanente Wiederholung)
Mitteilen der Symbole δ^+ und δ^- für die Angabe der Atombindung mit partiellem Ionencharakter in Formeln (LV; Einführung)
Begründen der Polarität der σ-Bindung aus der unterschiedlichen Anziehung der bindenden Elektronen durch die verschiedenen Atomkerne (UG; Einführung)
Anwenden verschiedener Modellvorstellungen zur Beschreibung der Atombindungen in Molekülen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ableiten des Bindungswinkels im Wassermolekül aus der räumlichen Lage der $2sp^3$-Hybridorbitale im Sauerstoffatom (SSA; Einführung)
Erläutern der ungleichmäßigen Verteilung der Ladungsschwerpunkte im Wassermolekül (UG; immanente Wiederholung)
Begründen des Dipolcharakters im Wassermolekül (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen der Bindungsverhältnisse im Chlorwasserstoff- und Wassermolekül (UG; Zusammenfassung)

13. Stunde: Bindungsverhältnisse in Molekülen von Halogenalkanen

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die σ-Bindung zwischen Kohlenstoff- und Halogenatomen in Molekülen von Halogenalkanen
Befähigung zum Anwenden der Kenntnisse über die Polarität von Atombindungen auf die σ-Bindung in Molekülen organischer Verbindungen
Vertiefung der Einsicht von der Einheit anorganischer und organischer Stoffe

Stundengliederung

Bindungsverhältnisse im Monochlormethanmolekül 15 min

Beschreiben der Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindungen im Methanmolekül als sp^3-s-σ-Bindungen (LK)
Ableiten der Elektronenkonfiguration des Chloratoms im Grundzustand aus dem Periodensystem der Elemente (LK)
Beschreiben der Atombindung zwischen Kohlenstoff- und Halogenatom im Molekül von Monochlormethan als sp^3-p-σ-Bindung (LK)
Erläutern der ungleichmäßigen Verteilung der Ladungsschwerpunkte im Molekül von Monochlormethan (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Bindungsverhältnisse in den Molekülen von Halogenalkanen 10 min

Vergleichen der Elektronenkonfiguration von Chlor-, Brom- und Jodatomen (SSA mit LB, Vorsatz, vorn; Festigung erworbener Kenntnisse)
Beschreiben der Atombindung zwischen Kohlenstoff- und Halogenatomen als sp^3-p-σ-Bindung (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 31)
Begründen der Polarität der sp^3-p-σ-Bindung in den Molekülen aus der Differenz der Elektronegativitätswerte zwischen den betreffenden Elementen (UG; immanente Wiederholung)

Chemische Eigenschaften von Halogenalkanen 20 min

Begründen der unterschiedlichen Polarität der σ-Bindungen in den Molekülen von Halogenalkanen aus der unterschiedlichen Differenz der Elektronegativitätswerte zwischen den betreffenden Elementen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Anstellen von Vermutungen, daß starke Polarisierung der Atombindung schließlich zur Bildung von Halogenid-Ionen führt (UG; Einführung)
Untersuchen von Halogenalkanen auf die Anwesenheit von Halogenid-Ionen bei Zimmertemperatur und nach Erwärmen (L; Verifizierungsexperiment; s. S. 33 und 59)
Vergleichen der Substitutionsreaktionen von Alkanen und Halogenalkanen (UG; zusammenfassende Wiederholung)

14. Stunde: Bindungsverhältnisse im Äthenmolekül

Stundenziel

Entwicklung von Vorstellungen über die sp^2-Hybridisierung des Kohlenstoffatoms in Molekülen organischer Verbindungen
Befähigung zum Vergleichen des tetraedrischen Zustands des Kohlenstoffatoms in Molekülen organischer Verbindungen mit dem trigonalen Zustand des Kohlenstoffatoms
Vertiefung der Überzeugung von der Differenziertheit chemischer Erscheinungen

Stundengliederung

Trigonaler Zustand des Kohlenstoffatoms
in Molekülen von Verbindungen 15 min

Ableiten verschiedener Hybridisierungsmöglichkeiten des Kohlenstoffatoms aus dem Grundzustand (SSA mit LB, S. 29; Einführung)
Unterscheiden der Begriffe "Grundzustand", "angeregter Zustand" und "hybridisierter Zustand" am Beispiel des Kohlenstoffatoms (SSA mit LB, S. 29; Festigung erworbener Kenntnisse)
Mitteilen der Bezeichnung "trigonaler Zustand" für die sp^2-Hybridisierung des Kohlenstoffatoms in Molekülen von Verbindungen (LV; Einführung)
Erläutern der Form von sp^2-Hybridorbitalen des Kohlenstoffatoms (LV; Einführung)

Vergleich des tetraedrischen und trigonalen Zustands von Kohlenstoffatomen in Molekülen organischer Verbindungen 15 min

Beschreiben der ähnlichen Form von sp^3- und sp^2-Hybridorbitalen (UG; Einführung)
Erläutern der Ausrichtung der sp^3-Hybridorbitale des Kohlenstoffatoms in Molekülen gesättigter organischer Verbindungen nach den Eckpunkten eines Tetraeders (SSA mit LB-Abb. 16, S. 23; immanente Wiederholung)
Erörtern der Anordnung von sp^2-Hybridorbitalen eines Kohlenstoffatoms in Molekülen organischer Verbindungen in einer Ebene (UG mit LB-Abb. 21, S. 30; Einführung; s. S. 38)
Vergleichen des Bindungswinkels zwischen zwei sp^3- und zwei sp^2-Hybridorbitalen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 58)

deutliches Einengen der Tetraederstruktur des Kohlenstoffatoms auf Moleküle gesättigter organischer Verbindungen (UG; zusammenfassende Wiederholung)

Besonderheiten der Atombindungen im Äthenmolekül 15 min

Ableiten der σ-Bindungen zwischen den Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen als sp^2-s-σ-Bindungen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erörtern der Möglichkeit zur Durchdringung von sp^2-Hybridorbitalen zweier Kohlenstoffatome (UG; Einführung)
Bezeichnen der Atombindung als sp^2-sp^2-σ-Bindung (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

15. Stunde: π-Bindung

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Doppelbindung im Äthenmolekül als Kombination einer σ-Bindung mit einer π-Bindung
Befähigung zum Übertragen von Vorstellungen über die Durchdringung von Bindungsorbitalen zur σ-Bindung auf die Entstehung der π-Bindung
Beitrag zur Einsicht in die wechselseitige Bedingtheit chemischer Erscheinungen

Stundengliederung

Durchdringungsmöglichkeit von p-Orbitalen im Äthenmolekül 15 min

Beschreiben der Bindungsorbitale im Äthenmolekül als sp^2-Hybridorbitale und als p_z-Orbitale der Kohlenstoffatome (SSA mit LB-Abb. 22, S. 30; bereitstellende Wiederholung)
Erläutern der Durchdringung von sp^2-Hybridorbitalen der Kohlenstoffatome als sp^2-sp^2-σ-Bindung (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ableiten der Durchdringungsmöglichkeit von p-Orbitalen unter Nutzung der Vorstellungen über die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen in p-Orbitalen (UG; Einführung)
Anstellen von Vermutungen über die Ausrichtung der $2p_z$-Orbitale im Äthenmolekül (UG; Einführung)

Doppelbindung im Äthenmolekül 20 min

Beschreiben der Durchdringung von $2p_z$-Orbitalen aus der Lage der $2p_z$-Orbitale im Äthenmolekül (SSA mit LB-Abb. 23 und 24, S. 31, und Projektionsfolie; Einführung; s. S. 34)
Erläutern der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung im Äthenmolekül als Kombination zweier unterschiedlicher Atombindungen (SSA mit LB, S. 31; Einführung)
Definieren der π-Bindung als Atombindung, bei der das Molekülorbital symmetrisch zu einer Ebene durch die Verbindungslinie zwischen zwei Atomkernen liegt (UG; Einführung)
Veranschaulichen der räumlichen Anordnung der σ- und π-Bindungen im Äthenmolekül durch das Orbitalmodell (UG mit LB-Abb. 25, S. 32, Modell und Lichtbild R 698/18; Festigung erworbener Kenntnisse)
Feststellen der Gesetzmäßigkeit, daß in der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung des Äthenmoleküls σ-Bindung und π-Bindung einander bedingen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 38)

Vergleich zwischen der σ-Bindung und der π-Bindung 10 min

Gegenüberstellen der Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen in Molekülorbitalen mit σ-Bindung beziehungsweise mit π-Bindung (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 28)
Vergleichen der Drehbarkeit der Kohlenstoffatome um die Verbindungslinie zwischen zwei Atomkernen bei σ-Bindungen und bei π-Bindungen im Molekül (UG; Einführung)

16. Stunde: Reaktionen des Äthens

Stundenziel

Vertiefung der Vorstellungen über den Verlauf der Additionsreaktionen des Äthens
Befähigung zum Anwenden der Kenntnisse über die Bindungsverhältnisse im Äthenmolekül auf die chemischen Eigenschaften des Äthens
Entwicklung der Überzeugung, daß vom Stoffumsatz als der Erscheinung der chemischen Reaktion zum Mechanismus der Reaktion als dem Wesen der chemischen Reaktion fortgeschritten werden kann

Stundengliederung

Vergleich der chemischen Eigenschaften
von Alkanen und Alkenen (Wiederholung) 15 min

Vergleichen der Möglichkeiten zur Darstellung von Derivaten aus Alkanen und Alkenen (UG)
Nachweisen von Äthen mit Bromwasser (SE; Verifizierungsexperiment; die Darstellung des Äthens sollte außerhalb des Unterrichts erfolgen)
Entwickeln der Reaktionsgleichungen für die Addition von Halogenen und Halogenwasserstoffen an Äthen (SSA)
Erläutern der Polymerisation des Äthens als Addition (SSA)
Gegenüberstellen der Begriffe "Addition" und "Substitution" (SSA)

Polarisierung der π-Bindung im Molekül
bei chemischen Reaktionen des Äthens 15 min

Begründen der Additionsreaktionen des Äthens aus der geringen Durchdringung der $2p_z$-Orbitale im Äthenmolekül (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 18 und 38)
Mitteilen der Möglichkeit zur Verschiebung der π-Elektronen im Äthenmolekül unter Bildung von polaren beziehungsweise radikalischen Zuständen des Äthenmoleküls (LV; Einführung; s. S. 61)
Nennen der Entstehung von Brom-Kationen und Brom-Anionen in wäßriger Lösung (LV; Einführung)
Erläutern der Anlagerung von Brom-Kationen an die Äthenmoleküle (UG mit LB, S. 32; Einführung)
Beschreiben der Anlagerung von Brom-Anionen an die Ionen des entstandenen Zwischenprodukts (UG; Einführung)

Entkoppelung der π-Bindung im Molekül
bei chemischen Reaktionen des Äthens 15 min

Nennen der Bildung von Bromradikalen bei Lichteinwirkung (LV; Einführung)
Erläutern der Anlagerung von Bromradikalen an die Äthenmoleküle (UG mit LB, S. 32; Einführung)
Vergleichen der Addition von Brom an Äthen unter Bildung von polaren beziehungsweise radikalischen Zuständen des Äthenmoleküls (UG; Zusammenfassung; s. S. 18)

17. Stunde: Bindungsverhältnisse im Äthinmolekül

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Dreifachbindung im Äthinmolekül als Kombination einer σ-Bindung mit zwei π-Bindungen
Entwicklung von Fähigkeiten im Anwenden von Vorstellungen über die π-Bindung im Äthenmolekül auf die Bindungsverhältnisse im Äthinmolekül
Beitrag zur Einsicht in die wechselseitige Bedingtheit chemischer Erscheinungen

Stundengliederung

Digonaler Zustand des Kohlenstoffatoms im Äthinmolekül 20 min

Beschreiben des Äthins als ungesättigte organische Verbindung (UG; bereitstellende Wiederholung)
Mitteilen des sp-hybridisierten Zustands der Kohlenstoffatome im Äthinmolekül (LV; Einführung)
Erläutern der Bindungsorbitale beider Kohlenstoffatome im Äthinmolekül als sp-Hybridorbitale und als $2p_y$- und $2p_z$-Orbitale (SSA mit LB-Abb. 26, S. 33; immanente Wiederholung)
Ableiten des digonalen Bindungszustands der Kohlenstoffatome im Äthinmolekül (UG mit Projektionsfolie; Einführung)
Ermitteln des Bindungswinkels zwischen zwei sp-Hybridorbitalen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Dreifachbindung im Äthinmolekül 15 min

Bezeichnen der σ-Bindung zwischen den Kohlenstoffatomen im Äthinmolekül als sp-sp-σ-Bindung (SSA; immanente Wiederholung)
Erläutern der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindung im Äthinmolekül als Kombination einer σ-Bindung mit zwei π-Bindungen (UG mit Modell; Festigung erworbener Kenntnisse)
Veranschaulichen der räumlichen Anordnung der σ- und π-Bindungen im Äthinmolekül (UG mit LB-Abb. 27, S. 34; Einführung)
Feststellen der Gesetzmäßigkeit, daß in der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindung σ-Bindung und π-Bindungen einander bedingen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 38)
Begründen der chemischen Eigenschaften des Äthins aus den Bindungsverhältnissen im Äthinmolekül (UG; Zusammenfassung)

Vergleich der Doppelbindung im Äthenmolekül
mit der Dreifachbindung im Äthinmolekül 10 min

Feststellen der Anwesenheit nur einer σ-Bindung bei Mehrfachbindungen zwischen zwei Kohlenstoffatomen in Molekülen von Äthen oder Äthin (UG; immanente Wiederholung)
Gegenüberstellen der Anzahl von π-Bindungen zwischen den Kohlenstoffatomen im Äthen- und Äthinmolekül (UG; immanente Wiederholung)
Vergleichen der räumlichen Anordnung der σ- und π-Bindungen in den Molekülen von Äthen und Äthin (SSA mit LB-Abb. 25 und 27, S. 32 und 34; Zusammenfassung)

18. Stunde: Aromatischer Bindungszustand

Stundenziel

Vertiefung der Vorstellungen über das Elektronensextett im Benzolmolekül
Entwicklung von Fähigkeiten im Vergleichen der Bindungsverhältnisse in Molekülen verschiedener Kohlenwasserstoffe
Vertiefung der Überzeugung von der Erkennbarkeit der Welt

Stundengliederung

Anordnung der Kohlenstoffatome im Benzolmolekül 15 min

Aufstellen der ausführlichen und vereinfachten Strukturformel des Benzols (SSA; bereitstellende Wiederholung; s. S. 30)
Beschreiben der Struktur des Benzols als Sechsring von CH-Gruppen (SSA; bereitstellende Wiederholung; s. S. 43)
Erläutern der Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindungen im Benzolmolekül (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Anstellen von Vermutungen über den trigonalen Zustand jedes Kohlenstoffatoms aus der Anzahl der gebundenen Atome (UG mit Projektionsfolie; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ableiten der sp^2-sp^2-σ-Bindungen zwischen den Kohlenstoffatomen (SSA mit LB-Abb. 28, S. 35, und Lichtbild R 698/22; Einführung)
Begründen der Anordnung der Kohlenstoffatome im Benzolmolekül in einer Ebene (UG mit LB-Aufg. 4, S. 35; Festigung erworbener Kenntnisse)

π-Elektronensextett 15 min

Beschreiben der unterschiedlichen Bindungsorbitale von Kohlenstoffatomen im trigonalen Zustand (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen der Ausrichtung von p-Orbitalen im Äthen- und Benzolmolekül (UG mit LB-Abb. 22 und 29, S. 30 und 36; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der Durchdringung der p-Orbitale im Benzolmolekül zum π-Elektronensextett (SSA mit LB-Abb. 30, S. 36, Modell und Lichtbild R 698/23; Einführung; s. S. 45)
Bezeichnen der Atombindungen zwischen den Kohlenstoffatomen als sp^2-sp^2-σ-Bindungen und als π-Bindungen (UG; Zusammenfassung)

Vergleich der Bindungsverhältnisse in den Molekülen von Äthen, Äthin und Benzol 15 min

Feststellen der Anzahl von σ-Bindungen zwischen den Kohlenstoffatomen in den verschiedenen Molekülen (SSA; immanente Wiederholung)
Vergleichen der π-Bindungen im Äthen-, Äthin- und Benzolmolekül (UG; Systematisierung)
Ableiten des aromatischen Bindungszustands als besonderer Form der Kombination von σ- und π-Bindungen im Molekül (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Einschätzen des wissenschaftlichen Fortschritts bei der Untersuchung des aromatischen Bindungszustands (UG; immanente Wiederholung; s. S. 38)

19. Stunde: Reaktionen des Benzols

Stundenziel

Vertiefung der Vorstellungen über den Verlauf der Substitutionsreaktionen des Benzols
Befähigung zum Anwenden der Kenntnisse über den Mechanismus der Reaktionen des Äthens auf die Reaktionen des Benzols
Entwicklung der Überzeugung, daß vom Stoffumsatz als der Erscheinung der chemischen Reaktion zum Mechanismus der Reaktion als dem Wesen der chemischen Reaktion fortgeschritten werden kann

Stundengliederung

Additions- und Substitutionsreaktionen des Benzols 25 min

Beschreiben der Additionsreaktionen des Benzols mit Wasserstoff und Chlor (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Mitteilen der Reaktionsbedingungen für den Ablauf der Additionsreaktionen (LV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der Substitutionsreaktionen des Benzols mit Halogenen (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Untersuchen der Reaktionsprodukte bei der Reaktion von Benzol mit Brom (L; Verifizierungsexperiment)
Feststellen der Reaktionsbedingungen für den Ablauf der Substitutionsreaktionen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Betonen der Besonderheiten in den chemischen Eigenschaften des Benzols gegenüber anderen Verbindungen mit π-Bindungen im Molekül (UG; zusammenfassende Wiederholung)

Reaktionsmechanismus der Substitutionsreaktion von Benzol mit Brom 20 min

Ableiten von polaren Grenzstrukturen des Benzols (UG; Einführung)
Erläutern der Entstehung von Halogenverbindungen als Halogenüberträger (LV mit LB, S. 36; Einführung)
Beschreiben des Ionenmechanismus der Substitutionsreaktion (LV mit LB, S. 37; Einführung; s. S. 18 und 38)
Auswerten der Untersuchung des Reaktionsmechanismus als Beispiel für den raschen wissenschaftlichen Fortschritt (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

20. Stunde: Struktur der Moleküle und Eigenschaften anorganischer und organischer Stoffe

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über die Atombindung in Molekülen anorganischer und organischer Stoffe
Vervollkommnung der Fähigkeiten im Vergleichen der Bindungsverhältnisse in Molekülen verschiedener Elemente und Verbindungen
Weiterentwicklung der Überzeugung von der Einheit anorganischer und organischer Stoffe

Stundengliederung

σ-Bindung in Molekülen anorganischer und organischer Stoffe 25 min

Unterscheiden von metallischer Bindung, Ionenbeziehung und Atombindung als Möglichkeiten der Wechselwirkung zwischen Atomen und Ionen in verschiedenen Stoffen (UG; bereitstellende Wiederholung)
Vergleichen der Atombindungen in den Molekülen von Wasserstoff, Chlorwasserstoff, Wasser, Methan, Propan und Monochlormethan (SSA, arbeitsteilig; Festigung erworbener Kenntnisse)
Bezeichnen aller Einfachbindungen in Molekülen von anorganischen und organischen Stoffen als σ-Bindungen (UG; Systematisierung)
Vergleichen physikalischer und chemischer Eigenschaften der angegebenen Elemente und Verbindungen (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 21)
Bezeichnen der organischen Verbindungen mit Einfachbindungen im Molekül als gesättigte Verbindungen (UG; immanente Wiederholung)
Begründen der chemischen Eigenschaften gesättigter organischer Verbindungen (UG; immanente Wiederholung; s. S. 53)

π-Bindung in Molekülen organischer Verbindungen 20 min

Beschreiben der Atombindungen in den Molekülen von Äthen, Äthin und Benzol (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen der Doppelbindungen zwischen Kohlenstoffatomen mit Dreifachbindungen in Molekülen organischer Verbindungen (SSA; immanente Wiederholung)
Erläutern der Mehrfachbindungen in Molekülen organischer Verbindungen als Atombindungen, bei denen gleichzeitig σ- und π-Bindungen auftreten (UG; Systematisierung)
Bezeichnen der organischen Verbindungen mit Mehrfachbindungen zwischen Kohlenstoffatomen im Molekül als ungesättigte Verbindungen (UG; immanente Wiederholung)
Begründen der chemischen Eigenschaften ungesättigter organischer Verbindungen (UG; immanente Wiederholung; s. S. 21 und 53)
Mitteilen der Mehrfachbindungen zwischen Atomen verschiedener Elemente in Molekülen anorganischer und organischer Stoffe als Kombination zwischen σ-Bindungen und π-Bindungen (LV; Einführung)

4. Ermittlung der Summen- und Strukturformel

4.1. Hinweise zum Stoffgebiet

Im Stoffgebiet "Ermittlung der Summen- und Strukturformel" werden die Schüler am Beispiel der Formelaufklärung chemischer Verbindungen an allgemeine naturwissenschaftliche Forschungsmethoden herangeführt. Dabei besteht die Möglichkeit, die Kenntnisse der Schüler über charakteristische Eigenschaften anorganischer und organischer Verbindungen zu systematisieren, Fähigkeiten in der Durchführung und Auswertung qualitativer und quantitativer Experimente weiterzuentwickeln und Überzeugungen von der Einheit anorganischer und organischer Verbindungen herauszubilden.
Die Formelermittlung beginnt mit der Elementaranalyse der betreffenden Verbindung. Bei der qualitativen Elementaranalyse können die Vorstellungen der Schüler über den Nachweis verschiedener Ionen genutzt und in die Betrachtungen zur Formelaufklärung einbezogen werden. Vom qualitativen Nachweis der Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Chlor, bekannt aus Klasse 8, wird zum qualitativen Nachweis von Stickstoff und Schwefel übergegangen. Dabei sind weitere Möglichkeiten gegeben, die grundsätzliche Übereinstimmung im Nachweis einzelner Elemente in anorganischen und organischen Verbindungen hervorzuheben. Der Nachweis von Kohlenstoff ist in anorganischen und organischen Verbindungen als Kohlendioxid möglich (1. Stunde; s. S. 93). Daß die Entwicklung von Kohlendioxid aus Karbonaten bereits bei Zimmertemperatur gelingt, ist auf die chemischen Eigenschaften der Kohlensäure zurückzuführen und keineswegs allgemeines Merkmal anorganischer Kohlenstoffverbindungen. Der Nachweis von Chlor als Silberchlorid läßt sich auch auf einige organische Verbindungen anwenden, wenn die Ionenreaktion durch Temperaturerhöhung ermöglicht wird (1. Stunde; s. S. 93). Vorteilhaft ist bei organischen Verbindungen die Beilsteinprobe nur deshalb, weil sie in kurzer Zeit deutliche Ergebnisse liefert. Stickstoff kann in anorganischen und organischen Verbindungen als Ammoniak nachgewiesen werden Sowohl in anorganischen wie in organischen Verbindungen wird Stickstoff durch

einige Basen als Ammoniak freigesetzt (2. Stunde; s. S. 95). Schließlich ist der Nachweis von Schwefel sowohl in anorganischen wie in organischen Verbindungen als Bariumsulfat möglich (2. Stunde; s. S. 95). Durch eine solche allgemeine Betrachtung der Nachweisreaktionen werden die Aussagen nicht auf die Formelermittlung organischer Verbindungen eingeengt und die gewonnenen Erkenntnisse über die chemische Bindung in Molekülen anorganischer und organischer Verbindungen sinnvoll ergänzt.

Die angegebenen Reaktionen für den Nachweis einiger Elemente stellen Beispiele für Nachweisreaktionen der betreffenden Elemente in verschiedenen Verbindungen dar, sie sollen nicht als Nachweisreaktionen für Elemente in allen organischen und anorganischen Verbindungen aufgefaßt werden. So ist die Beilsteinprobe nicht spezifisch für Chlorverbindungen und versagt sogar bei Chlorverbindungen mit niedriger Siedetemperatur (1. Stunde; s. S. 93). Der Nachweis von Stickstoff als Ammoniak gelingt nicht mit allen stickstoffhaltigen anorganischen und organischen Verbindungen (2. Stunde; s. S. 95). Auch die Salpeterschmelze mißlingt bei einigen schwefelhaltigen Verbindungen (2. Stunde; s. S. 95). Die exemplarische Behandlung des Nachweises von Elementen ist noch stärker bei der quantitativen Elementaranalyse als bei der qualitativen Bestimmung von Elementen notwendig. Die quantitative Elementaranalyse wird deshalb nur am Beispiel des Kohlenstoffs experimentell eingeführt (3. Stunde; s. S. 96). Dabei ist es zweckmäßig, die quantitative Bestimmung des Kohlenstoffs nicht gravimetrisch durch Wägung des entstehenden Kohlendioxids vorzunehmen, sondern das Volumen des Kohlendioxids zu messen. Die volumetrische Bestimmung des Kohlenstoffs im Methanol kann ohne großen Zeitaufwand im Unterricht durchgeführt werden (19).

Die Auswertung des Experiments zur quantitativen Elementaranalyse des Kohlenstoffs setzt sichere Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen Masse und Volumen von Gasen voraus. Deshalb sollten in Verbindung mit der volumetrischen Bestimmung von Kohlenstoff im Methanol die Begriffe "Mol", "molare Masse" und "molares Volumen" wiederholt und die Zusammenhänge zwischen Stoffmenge und Masse beziehungsweise zwischen Stoffmenge und Volumen durch Größengleichungen dargestellt werden (4. Stunde; s. S. 97). Ergebnis des quantitativen Experiments ist der prozentuale Anteil des

Kohlenstoffs im Methanol. Deshalb müssen die Angaben über die Zusammensetzung einer Verbindung in Prozent der Masse unter Verwendung des Begriffs "Masseprozent" formuliert werden. Die Einführung des Begriffs "Masseprozent" ist für den weiteren Gedankengang zur Ermittlung der Summenformel einer Verbindung nicht zwingend notwendig, die Ergebnisse der quantitativen Elementeranalyse von Elementen in Verbindungen werden aber in der Hochschulliteratur häufig in Masseprozent ausgedrückt. Die Angabe der Konzentration eines Stoffes in Volumenprozent und in Molprozent erfolgt im Chemieunterricht der Klasse 12.

Für die Berechnung des prozentualen Kohlenstoffanteils im Methanol aus den Meßgrößen ist die Umrechnung des gemessenen Volumens Kohlendioxid auf den Normzustand erforderlich (4. Stunde; s. S. 97). Die Umrechnung wird häufig in Anwendung der allgemeinen Zustandsgleichung des idealen Gases vorgenommen, die Umwandlung des gemessenen Volumens Kohlendioxid auf den Normzustand ist aber auch mit Hilfe eines Nomogramms möglich (4. Stunde; s. S. 97). Damit kann im Chemieunterricht an rationelle Verfahren der Auswertung von Meßgrößen herangeführt und der Zusammenhang zwischen Meßgenauigkeit und Genauigkeit bei der Auswertung der Meßgrößen deutlich gemacht werden. Der physikalische Sachverhalt im Nomogramm zur Umwandlung gemessener Gasvolumen auf den Normzustand ist Unterrichtsstoff im Physikunterricht der Klassen 8 und 11 (s. S. 39).

Neben der prozentualen Zusammensetzung ist für die Ermittlung der Summenformel eines Stoffes die Kenntnis der molaren Masse Voraussetzung. Die Bestimmung der molaren Masse einer Verbindung erfolgt nach verschiedenen Verfahren, wobei die Bestimmung des Dampfvolumens einer bekannten Masse des Stoffes im Unterricht als Beispiel zu werten ist. Das Experiment zur Bestimmung der molaren Masse ist zeitaufwendig und ergibt bei ungenügender Erfahrung sehr unterschiedliche Meßgrößen. Deshalb ist die experimentelle Durchführung der Bestimmung der molaren Masse nicht sinnvoll. Das Prinzip der Ermittlung der molaren Masse kann durch die Demonstration der Apperatur und aus angenommenen Meßgrößen erläutert werden (5. Stunde; s. S. 99).

Aus den Ergebnissen der qualitativen und quantitativen Elementaranalyse kann die Verhältnisformel der betreffenden Verbindung aufgestellt werden. Dabei ist zu beachten, daß Verhältnisformeln

Aussagen über das Zahlenverhältnis der Atome oder Ionen in einer Verbindung ermöglichen. Das gilt für Verbindungen mit Ionenbeziehung ebenso wie für Verbindungen, die aus Molekülen bestehen. Im Chemieunterricht der Klasse 11 ist der Begriff der Verhältnisformel nur auf Verbindungen anzuwenden, die aus Molekülen aufgebaut sind. Nur bei solchen Verbindungen ist die Bestimmung der molaren Masse aus dem Dampfvolumen einer eingewogenen Masse der Verbindung möglich. Nur bei Verbindungen mit Atombindung zwischen den Atomen kann aus einem Vergleich der Verhältnisformel und der molaren Masse auf die Summenformel der Verbindung geschlossen werden (6. und 7. Stunde; s. S. 100 und 101). So ergibt sich für Methanol aus der Verhältnisformel $(CH_4O)_n$ die Summenformel CH_4O, weil die molare Masse $M = 32\ g \cdot mol^{-1}$ beträgt. Es ist nicht zweckmäßig, im Chemieunterricht der Klasse 11 die Summenformeln von Verbindungen mit Ionenbeziehung als Substanzformeln zu bezeichnen und von Summenformeln für Stoffe mit Atombindung zwischen den Atomen als Molekularformeln zu unterscheiden. Eine Differenzierung von Summenformeln in Substanzformeln und Molekularformeln kann nicht nachträglich im Unterricht der Abiturstufe vorgenommen werden.

Bei der Auswertung von Meßgrößen ist im Hinblick auf ein einheitliches methodisches Vorgehen in allen naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern auf die konsequente Anwendung von Größengleichungen zu achten. Das trifft in diesem Stoffgebiet für die Umrechnung des Volumens von Gasen in Massen zu. Die Ableitung der Summenformel einer Verbindung aus der Verhältnisformel und der molaren Masse ist an verschiedenen Beispielen zu üben (6. und 7. Stunde; s. S. 100 und 101). Wie bei der qualitativen Elementaranalyse lassen sich auch bei den Methoden der quantitativen Elementaranalyse grundsätzliche Übereinstimmungen bei der Untersuchung anorganischer und organischer Verbindungen feststellen.

Ausgehend von den Vorstellungen der Schüler über die Ermittlung der Summenformel einer Verbindung werden anschließend Möglichkeiten der Strukturaufklärung einfacher Verbindungen dargelegt (8. und 9. Stunde; s. S. 102 und 103). Um modernen Verfahren der Strukturaufklärung Rechnung zu tragen, wird im Rahmen einer Lektion auf physikalische Methoden der Strukturaufklärung orientiert

(10. Stunde; s. S. 104). Für das Verständnis der vielfältigen Probleme bei der Strukturaufklärung von Verbindungen nach physikalischen Methoden bilden die Kenntnisse der Schüler über das elektromagnetische Spektrum eine wesentliche Voraussetzung (s. S. 39). Die Lektion ist ferner geeignet, Überzeugungen bei den Schülern über die zunehmende Integration der Naturwissenschaften bei der Bewältigung von Forschungsaufgaben zu entwickeln.

4.2. Stundenerläuterungen

1. Stunde: Qualitativer Nachweis von Kohlenstoff, Wasserstoff und Chlor

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über die Möglichkeiten des Nachweises von Kohlenstoff, Wasserstoff und Chlor in anorganischen und organischen Verbindungen
Entwicklung von Fähigkeiten in der Durchführung und Auswertung von Nachweisreaktionen
Vertiefung der Überzeugung, daß Nachweisreaktionen wichtige Hilfsmittel zur Untersuchung der objektiven Realität sind

Stundengliederung

Überblick über die Schritte zur Formelermittlung anorganischer und organischer Verbindungen — 10 min

Entwickeln eines Überblicks über die notwendigen Schritte zur Aufklärung der Struktur einer Verbindung (UG; Motivation)
Abgrenzen der Schritte "Elementaranalyse", "Ermittlung der molaren Masse" und "Strukturaufklärung" (LV; Einführung)
Einschätzen der Bedeutung der qualitativen und quantitativen Elementaranalyse für die Forschung und die Produktion (UG; Einführung)

Nachweis von Kohlenstoff und Wasserstoff 15 min

Feststellen der Zersetzungsmöglichkeit der Karbonate durch Chlorwasserstoffsäure (UG; bereitstellende Wiederholung; s. S. 52)
Nachweisen von Kohlenstoff in Kalziumkarbonat (SE; Verifizierungsexperiment)
Mitteilen der Zersetzungsmöglichkeit organischer Verbindungen durch Erhitzen mit Kupfer(II)-oxid (UG; Einführung; s. S. 26)
Nachweisen von Kohlenstoff und Wasserstoff in Glukose (SE; Verifizierungsexperiment)
Nachweisen von Wasserstoff in Methanol (SE; Verifizierungsexperiment)
Aufstellen der Reaktionsgleichungen für den Nachweis von Kohlenstoff in anorganischen und organischen Verbindungen (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen der Reaktionsbedingungen für den Nachweis von Kohlenstoff in anorganischen und organischen Verbindungen (UG; Zusammenfassung; s. S. 20 und 26)

Nachweis von Chlor 20 min

Feststellen der Möglichkeit des Nachweises von Chlor in Chloriden als Silberchlorid (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Erläutern der Möglichkeit des Chlornachweises auch in organischen Verbindungen als Silberchlorid (UG; immanente Wiederholung; s. S. 89)
Nachweisen von Chlor in Natriumchlorid und Trichlormethan (SE; Verifizierungsexperiment)
Feststellen der Zersetzungsmöglichkeit chlorhaltiger organischer Verbindungen durch Erhitzen (SSA; immanente Wiederholung)
Nachweisen von Chlor in Chlorphenol durch die Beilsteinprobe (SE; Verifizierungsexperiment; s. S. 39)
Vergleichen der Reaktionsbedingungen für den Nachweis von Chlor in anorganischen und organischen Verbindungen (UG; Zusammenfassung; s. S. 20)

2. Stunde: Qualitativer Nachweis von Stickstoff und Schwefel

Stundenziel

Vertiefen der Kenntnisse über gemeinsame Eigenschaften anorganischer und organischer Verbindungen
Weiterentwicklung der Fähigkeiten im Vergleichen von Nachweisreaktionen für Elemente in anorganischen und organischen Verbindungen
Vertiefung der Überzeugung von der Einheit anorganischer und organischer Verbindungen hinsichtlich des Nachweises von Elementen

Stundengliederung

Nachweis von Stickstoff in anorganischen und organischen Verbindungen — 20 min

Erläutern der Möglichkeit des Nachweises von Stickstoff in Ammoniumsalzen und in Eiweißen als Ammoniak (UG; immanente Wiederholung)
Nachweisen von Stickstoff in Ammoniumsalzen (SE; Verifizierungsexperiment)
Zuordnen der Nachweisreaktion zu den Reaktionen mit Protonenübergang (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Nachweisen von Stickstoff in Eiweißen (SE; Verifizierungsexperiment)
Vergleichen der Reaktionsbedingungen für die Entstehung von Ammoniak aus Ammoniumsalzen und aus Eiweißen (UG; Zusammenfassung; s. S. 20 und 90)

Nachweis von Schwefel in anorganischen und organischen Verbindungen — 15 min

Erläutern der Möglichkeit des Nachweises von Schwefel in anorganischen und organischen Verbindungen als Bariumsulfat (SSA; Einführung)
Nachweisen von Schwefel in Sulfaten (SE; Verifizierungsexperiment)
Zuordnen der Nachweisreaktion zu den Fällungsreaktionen (SSA; immanente Wiederholung)
Erläutern der Notwendigkeit, Schwefel in organischen Verbindungen in Ionen zu überführen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Nachweisen von Schwefel in Eiweißen (SE; Verifizierungsexperiment)
Vergleichen der Reaktionsbedingungen für den Nachweis von Schwefel in anorganischen und organischen Verbindungen (UG; Zusammenfassung; s. S. 20 und 90)

Qualitative Elementaranalyse 10 min

Entwickeln von Überzeugungen, daß der Nachweis einzelner Elemente in anorganischen und organischen Verbindungen nach ähnlichen Untersuchungsverfahren möglich ist (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 26, 30 und 39)
Erläutern übereinstimmender Arten der chemischen Bindung zwischen Atomen beziehungsweise Ionen in anorganischen und organischen Stoffen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Hinweisen auf Nachweisreaktionen für andere Elemente in anorganischen Verbindungen (LV; Einführung)
Erläutern der Durchführung einer qualitativen Elementaranalyse (UG; Zusammenfassung)

3. Stunde: Quantitative Elementaranalyse

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Möglichkeiten der quantitativen Bestimmung von Elementen in Verbindungen
Befähigung zum Anwenden der allgemeinen Vorstellungen über die Elementaranalyse auf die quantitative Bestimmung des Kohlenstoffs in organischen Verbindungen
Entwicklung von Überzeugungen über den Nutzen einer quantitativen Untersuchung chemischer Erscheinungen

Stundengliederung

Überblick über die Durchführung der quantitativen Elementaranalyse 15 min

Erläutern der quantitativen Bestimmung der enthaltenen Elemente einer Verbindung als Aufgabe der quantitativen Elementaranalyse (UG; bereitstellende Wiederholung)

Beschreiben des Prinzips der quantitativen Bestimmung von Kohlenstoff und Wasserstoff in Verbindungen (LV; Einführung)
Hinweisen auf Möglichkeiten der quantitativen Bestimmung weiterer Elemente in organischen Verbindungen (LV; Einführung)

Quantitative Bestimmung von Kohlenstoff 30 min

Ableiten der Notwendigkeit, Kohlenstoff durch Oxydation in Kohlendioxid umzuwandeln (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ermitteln der Möglichkeiten zur Bestimmung des entstehenden Kohlendioxids entweder durch Wägung oder durch Volumenmessung (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Durchführen der volumetrischen Bestimmung von Kohlenstoff im Methanol (LDE; Verifizierungsexperiment; s. S. 47 und 90)
Feststellen der Meßgrößen des quantitativen Experiments (LV; Einführung)
Erläutern des Prinzips der Durchführung der quantitativen Elementaranalyse von Kohlenstoff und Wasserstoff (SSA mit LB-Abb. 32, S. 43; zusammenfassende Wiederholung)
Würdigen der Leistungen von Justus von Liebig bei der Entwicklung der quantitativen Elementaranalyse (SV; Einführung)

4. Stunde: Prozentuale Zusammensetzung von Verbindungen

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Berechnung des Kohlenstoffanteils in Masseprozent aus den Meßgrößen des Experiments zur volumetrischen Bestimmung des Kohlenstoffs im Methanol
Entwicklung von Fähigkeiten im Anwenden der Begriffe "Mol", "molare Masse" und "molares Volumen" auf die Berechnung von Kohlenstoff beziehungsweise Kohlendioxid
Vertiefung der Überzeugung vom Nutzen rationeller Verfahren zur Auswertung von Experimenten

Stundengliederung

Auswertung der Meßgrößen des quantitativen Experiments 15 min

Feststellen der eingewogenen Masse Methanol in Gramm und des Volumens Kohlendioxid in Millilitern als Ergebnisse des Experiments (UG; bereitstellende Wiederholung)

Ableiten der Notwendigkeit einer Umrechnung des gemessenen Volumens Kohlendioxid auf den Normzustand (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern von Verfahren der Umrechnung gemessener Größen mit Hilfe von Nomogrammen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 91)
Umrechnen des gemessenen Volumens Kohlendioxid auf den Normzustand durch Ablesen eines Umrechnungsfaktors im Nomogramm und Multiplizieren des Volumens mit dem erhaltenen Faktor (SSA mit LB-Abb. 34, S. 44; Festigung erworbener Kenntnisse)

Berechnung des Kohlenstoffanteils im Methanol 10 min

Ableiten des Zusammenhangs zwischen Volumen Kohlendioxid im Normzustand und Masse Kohlenstoff (UG; immanente Wiederholung)
Darstellen des Zusammenhangs zwischen dem Volumen Kohlendioxid und der Masse Kohlenstoff durch Größengleichungen (SSA mit LB, S. 44; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 90)
Berechnen des Kohlenstoffanteils in der eingewogenen Masse Methanol in Gramm (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Abschätzen von Fehlerquellen, die das Ergebnis beeinflussen (UG; Zusammenfassung)

Zusammensetzung von Verbindungen in Masseprozent 20 min

Berechnen des Kohlenstoffanteils im Methanol in Prozent der Masse (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Definieren des Begriffs "Masseprozent" (LV; Einführung; s. S. 91)
Mitteilen des Wasserstoff- und Sauerstoffanteils in einer bekannten Masse Methanol (LV; Einführung)
Berechnen der prozentualen Zusammensetzung des Methanols (UG; Einführung)
Erläutern der Zusammensetzung von Stoffgemischen unter Nutzung des Begriffs "Masseprozent" (SSA mit LB, S. 42; Festigung erworbener Kenntnisse)
Auswerten von Experimenten, bei denen die Masse der Oxydationsprodukte ermittelt wird (SSA mit LB-Aufg. 2 und 3, S. 45; Festigung erworbener Kenntnisse)
Mitteilen der prozentualen Zusammensetzung einiger anorganischer und organischer Verbindungen (LV, Zusammenfassung)

5. Stunde: Ermittlung der molaren Masse

Stundenziel

Entwicklung von Vorstellungen über die Möglichkeiten der Bestimmung der molaren Masse von Verbindungen
Weiterentwicklung der Fähigkeiten im sicheren Anwenden von Grundbegriffen der Chemie
Vertiefung der Überzeugung von den übereinstimmenden Prinzipien bei der Untersuchung chemischer Erscheinungen

Stundengliederung

Einführung in Methoden zur Bestimmung der molaren Masse von Verbindungen — 25 min

Definieren der Begriffe "absolute Atommasse", "relative Atommasse", "relative Molekülmasse" und "molare Masse" (UG; bereitstellende Wiederholung; s. S. 39)
Nennen verschiedener Eigenschaften der Verbindungen, die zur Bestimmung der molaren Masse herangezogen werden können, insbesondere die Erhöhung der Siedetemperatur, die Erniedrigung der Schmelztemperatur sowie der osmotische Druck (LV; Einführung)
Erläutern des Prinzips der Ermittlung der molaren Masse nach der Methode von V. Meyer (UG; Einführung; s. S. 91)
Demonstration und Beschreiben der Apparatur (UG mit LB-Abb. 35, S. 46; Einführung)
Mitteilen von Meßgrößen eines angenommenen Experiments (LV; Einführung)

Überblick über die Auswertung der Meßgrößen — 20 min

Erläutern des Zusammenhangs zwischen dem gemessenen Luftvolumen und dem Volumen Methanoldampf (UG; Einführung)
Umrechnen von Meßgrößen für das Dampfvolumen auf den Normzustand mit Hilfe eines Nomogramms (SSA mit LB-Abb. 34, S. 44; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 91)
Ableiten der Beziehung zwischen dem Dampfvolumen im Normzustand, dem molaren Volumen und der molaren Masse (UG; immanente Wiederholung; s. S. 39 und 90)
Ermitteln der molaren Masse aus dem Dampfvolumen im Normzustand (SSA mit LB, S. 46; Einführung)

Entwickeln der Einsicht, daß Kenntnisse über die prozentuale Zusammensetzung und die molare Masse einer Verbindung die Voraussetzungen zum Aufstellen der Summenformel bilden (UG; Zusammenfassung)

6. Stunde: Aufstellen der Summenformel

Stundenziel

Entwicklung einer Schrittfolge zur Ermittlung der Summenformel einer Verbindung
Befähigung zum Anwenden der Erkenntnisse über die prozentuale Zusammensetzung und die Ermittlung der molaren Masse auf die Bestimmung der Summenformel einer Verbindung
Vertiefung der Überzeugung von der Notwendigkeit rationeller Verfahren zur Lösung chemischer Probleme

Stundengliederung

Entwicklung der Verhältnisformel einer Verbindung 20 min

Mitteilen der prozentualen Zusammensetzung von Methanol (LV; bereitstellende Wiederholung)
Berechnen des Quotienten aus dem prozentualen Anteil und der relativen Atommasse des betreffenden Elements (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Umrechnen des Quotienten auf ganze Zahlen (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Aufstellen der Verhältnisformel des Methanols (UG; Einführung)
Entwickeln der Erkenntnis, daß aus der Verhältnisformel noch nicht auf die Summenformel geschlossen werden kann (UG; Zusammenfassung; s. S. 91)

Ableitung der Summenformel aus der Verhältnisformel und der molaren Masse 10 min

Berechnen der molaren Masse aus der Verhältnisformel (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen der berechneten molaren Masse mit der experimentell bestimmten molaren Masse (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Aufstellen der Summenformel des Methanols (UG; Zusammenfassung)

Schrittfolge zum Aufstellen der Summenformel einer Verbindung 15 min

Zusammenstellen der einzelnen Schritte zum Aufstellen der Summenformel einer Verbindung (UG; zusammenfassende Wiederholung)
Entwickeln der Schrittfolge zum Aufstellen der Summenformel einer Verbindung am Beispiel Phenol (UG mit LB, S. 48; Systematisierung)

7. Stunde: Übungen zum Aufstellen von Summenformeln

Stundenziel

Vertiefung der Kenntnisse über die Berechnung der Verhältnisformel, der molaren Masse und der Summenformel von Verbindungen
Entwicklung von Fähigkeiten im selbständigen Gebrauch der Schrittfolge zum Aufstellen der Summenformel von Verbindungen
Vertiefung der Überzeugung vom Nutzen der Schrittfolgen in der wissenschaftlichen Arbeit

Stundengliederung

Ermittlung der Summenformel von Verbindungen 30 min

Mitteilen von Meßgrößen aus Experimenten zur Formelermittlung (LV; Einführung)
Lösen von Aufgaben, bei denen nur einige Schritte der Schrittfolge benötigt werden (SSA, arbeitsteilig; Festigung erworbener Kenntnisse):

- Berechnen der prozentualen Zusammensetzung anorganischer und organischer Verbindungen aus Meßgrößen der quantitativen Elementaranalyse (SSA mit LB-Aufg. 1, S. 45)
- Berechnen der Verhältnisformel von Verbindungen aus der prozentualen Zusammensetzung
- Berechnen der molaren Masse von Verbindungen aus Meßgrößen von Experimenten nach der Methode von V. Meyer (SSA mit LB-Aufg. 1, S. 47)

Lösen von Aufgaben mit der gesamten Schrittfolge:

- Berechnen der Summenformel von Verbindungen aus den Ergebnissen der quantitativen Elementaranalyse und der Bestimmung der molaren Masse (SSA mit LB-Aufg. 2, S. 47; Festigung erworbener Kenntnisse)

Berechnung der prozentualen Zusammensetzung und der molaren Masse von Verbindungen aus der Summenformel 15 min

Lösen von Aufgaben zur Berechnung der prozentualen Zusammensetzung von Verbindungen aus der Summenformel (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Lösen von Aufgaben zur Berechnung der molaren Masse von Verbindungen aus der Summenformel (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)

8. Stunde: Chemische Methoden der Strukturaufklärung

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über charakteristische Reaktionen anorganischer und organischer Verbindungen
Weiterentwicklung der Fähigkeiten zum Schließen von Eigenschaften einer Verbindung auf die Zusammensetzung
Vertiefung der Überzeugung von der wechselseitigen Bedingtheit von Zusammensetzung und Eigenschaften anorganischer und organischer Verbindungen

Stundengliederung

Methoden der Strukturaufklärung anorganischer und organischer Verbindungen 20 min

Beschreiben der unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften isomerer Verbindungen (UG; Motivation)
Herausarbeiten der Erkenntnis, daß die Summenformel allein zur Kennzeichnung einer Verbindung nicht ausreicht (UG; bereitstellende Wiederholung)
Entwickeln eines Überblicks über die Prinzipien der Strukturaufklärung anorganischer und organischer Verbindungen (LV; Einführung)

Beispiele für die Strukturaufklärung einfacher anorganischer und organischer Verbindungen 25 min

Auswerten der Reaktion zum Nachweis von Sulfat-Ionen als Bariumsulfat nicht nur zur Prüfung auf Schwefel, sondern auch zum Nachweis von Sulfat-Ionen (UG; immanente Wiederholung; s. S. 52)

Schließen auf die Zusammensetzung und die Bindungsverhältnisse aus übereinstimmenden Eigenschaften einer Verbindung (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Herausarbeiten der Erkenntnis, daß einzelne chemische Reaktionen höchstens Rückschlüsse auf die Anwesenheit charakteristischer Atomgruppen in anorganischen und organischen Verbindungen zulassen, aber nicht zur Strukturaufklärung der gesamten Verbindung ausreichen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Untersuchen von Ölsäure mit Bromwasser (SE; Verifizierungsexperiment)
Ableiten der Einsicht, daß Mehrfachbindungen zwischen Kohlenstoffatomen auch in Molekülen komplizierter organischer Verbindungen nachweisbar sind (UG; immanente Wiederholung)
Darstellen von Borsäuretrimethylester (LDE; Verifizierungsexperiment)
Auswerten des Experiments sowohl zum Nachweis von Borsäure als auch zum Nachweis von Methanol (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

2. Stunde: Chemische Methoden der Strukturaufklärung

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über charakteristische Reaktionen organischer Verbindungen
Vervollkommnung der Fähigkeiten im Auswerten von Experimenten zur Strukturaufklärung organischer Verbindungen
Vertiefung der Überzeugung von der Erkennbarkeit chemischer Erscheinungen

Stundengliederung

Beispiele für die Strukturaufklärung organischer Verbindungen 30 min

Zusammenstellen einiger Eigenschaften organischer Verbindungen mit funktionellen Gruppen im Molekül (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Darstellen von Essigsäureäthylester (SE; Verifizierungsexperiment)

Erläutern der Esterbildung als charakteristische Reaktion von Alkoholen und von Säuren (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Untersuchen organischer Verbindungen auf reduzierende Eigenschaften gegenüber anderen Stoffen (SE; Verifizierungsexperiment)
Erläutern der reduzierenden Eigenschaften gegenüber anderen Stoffen als charakteristische Eigenschaft von Aldehyden und einigen anderen Stoffgruppen der organischen Chemie (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Untersuchen von Äthanol mit metallischem Natrium (LDE; Verifizierungsexperiment)
Auswerten des Experiments zur Kennzeichnung der funktionellen Gruppe im Äthanolmolekül (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Vergleich der Strukturaufklärung anorganischer und organischer Verbindungen 15 min

Zusammenstellen von Beispielen für organische Verbindungen mit funktionellen Gruppen im Molekül (SSA; zusammenfassende Wiederholung)
Ableiten charakteristischer Reaktionen der Verbindungen mit funktionellen Gruppen im Molekül (UG; Systematisierung; s. S. 52)
Zusammenstellen von Beispielen für Nachweisreaktionen für Ionen in anorganischen Verbindungen (UG; zusammenfassende Wiederholung
Feststellen von gemeinsamen Untersuchungsmethoden bei der Strukturaufklärung anorganischer und organischer Verbindungen (UG; Systematisierung; s. S. 30)

10. Stunde: Physikalische Methoden der Strukturaufklärung (Lektion)

Hinweise auf Fachliteratur: (18; S. 17) (20; S. 88) (21; S. 254)

Stundenziel

Einführung in spektroskopische Untersuchungsmethoden zur Strukturaufklärung anorganischer und organischer Verbindungen
Befähigung zum Anwenden von Vorstellungen über das elektromagnetische Spektrum auf Probleme der Strukturaufklärung
Entwicklung von Überzeugungen über die zunehmende Integration der Naturwissenschaften

Stundengliederung

Grundlagen der Absorptionsspektroskopie 20 min

Kennzeichnen des Lichts als elektromagnetische Strahlung bestimmter Wellenlänge (bereitstellende Wiederholung)
Erläutern der Möglichkeit zur Entstehung von Emissionsspektren beziehungsweise Absorptionsspektren bei Anregung der Moleküle von Verbindungen (Festigung der Kenntnisse aus dem Physikunterricht; s. S. 39)
Hervorheben der Besonderheit, daß unter den Bedingungen der Entstehung von Emissionsspektren häufig ein Zerfall der Moleküle eintritt (Einführung)
Beschreiben der Wechselwirkung zwischen der elektromagnetischen Strahlung und den Molekülen der untersuchten Verbindung (Einführung)
Erläutern der Absorptionswirkung der Moleküle chemischer Verbindungen auf elektromagnetische Strahlung bestimmter Wellenlänge (Einführung)
Entwickeln einer Übersicht über die Absorption elektromagnetischer Strahlung bestimmter Wellenlänge in Abhängigkeit von der Anregung von Molekülen oder Molekülteilen der untersuchten Verbindung (Zusammenfassung; s. S. 46)

Überblick über die Durchführung der Ultrarotspektroskopie 15 min

Erläutern der Ultrarot- oder Infrarotspektroskopie als Methode zur Untersuchung von Molekülschwingungen (Einführung)
Entwickeln eines Überblicks über die Arbeitsweise eines UR-Spektrographen (Einführung)
Beschreiben des Aufbaus von UR-Spektrographen am Beispiel des UR 20 vom VEB Carl Zeiss Jena (Einführung)
Nennen der Strahlungsquelle mit kontinuierlichem Spektrum, der Meßzelle mit dem unbekannten Stoff, der Vergleichszelle, des Monochromators für die spektrale Zerlegung und des Strahlungsempfängers als den wesentlichen Bestandteilen des UR-Spektrographen (Einführung)

Überblick über weitere Methoden der Absorptionsspektroskopie 10 min

Erläutern verschiedener Möglichkeiten der Anregung von Molekülen durch elektromagnetische Strahlung (Einführung)
Entwickeln eines Überblicks über elementare Grundlagen der kernmagnetischen Resonanzspektroskopie (Einführung)
Hervorheben der Besonderheit, daß eine Strukturaufklärung einer unbekannten Verbindung im allgemeinen durch Kombination mehrerer chemischer und physikalischer Methoden erfolgt (Zusammenfassung; s. S. 18)

5. Makromolekulare Stoffe

5.1. Hinweise zum Stoffgebiet

Im Stoffgebiet "Makromolekulare Stoffe" werden praxisverbundene Kenntnisse über natürliche und synthetische makromolekulare Stoffe vermittelt. Die Zusammenfassung von Kohlenhydraten und Eiweißen sowie Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen in einem Stoffgebiet schafft dabei neue Ansatzpunkte für allgemeine Strukturbetrachtungen bei Molekülen makromolekularer Stoffe. Das wird durch folgende Zusammenhänge deutlich. In den natürlichen und synthetischen makromolekularen Stoffen sind übereinstimmende Strukturmerkmale festzustellen. Natürliche und synthetische makromolekulare Stoffe sind meist Gemische verschiedener Stoffe, sie stellen also keine reinen Stoffe dar. Die natürlichen makromolekularen Stoffe entstehen durch komplizierte physiologische Prozesse in den Organismen aus niedrigmolekularen Stoffen. Synthetische makromolekulare Stoffe können durch Polykondensation und Polymerisation aus niedrigmolekularen Ausgangsstoffen hergestellt werden.
Bei der Systematisierung der Kenntnisse über makromolekulare Stoffe ergeben sich auch Unterschiede zwischen natürlichen und synthetischen makromolekularen Stoffen. So sind synthetische makromolekulare Stoffe erst bei einer relativen Molekülmasse oberhalb 10 000 technisch verwertbar, Naturprodukte werden schon bei einer relativen Molekülmasse von 1000 zu den makromolekularen Stoffen gerechnet. Natürliche makromolekulare Stoffe lassen sich bei Einwirkung von Säuren zu niedrigmolekularen Stoffen abbauen, viele synthetische makromolekulare Stoffe sind gegen die Einwirkung von Chemikalien beständig. Durch die Systematisierung der Kenntnisse über Kohlenhydrate und Eiweiße sowie über Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe müssen daher Einsichten über die Vielfalt in der Struktur makromolekularer Stoffe und Überzeugungen von der Wechselwirkung zwischen der Struktur der Makromoleküle und den Eigenschaften der makromolekularen Stoffe herausgebildet werden (8., 14. und 28. Stunde; s. S. 124, 133 und 153).

Im Stoffabschnitt "Kohlenhydrate" werden die allgemeinen Zusammenhänge zwischen der Struktur der Makromoleküle und den Eigenschaften der makromolekularen Stoffe am Beispiel der Stärke und Zellulose dargestellt. Diesem Gesichtspunkt sind die Betrachtungen über die Struktur des Glukosemoleküls und die Eigenschaften von Glukose unterzuordnen. Deshalb sind Konfigurationsbetrachtungen nur so weit erforderlich, wie sie für das Verständnis der unterschiedlichen Struktur von Molekülen der Stärke und Zellulose notwendig sind. Auf die Behandlung der optischen Aktivität von Kohlenhydraten ist zu verzichten.

Bei der Weiterentwicklung des Wissens und Könnens über die Struktur des Glukosemoleküls sind die Vorstellungen der Schüler über den tetraedrischen Zustand der Kohlenstoffatome in Molekülen gesättigter organischer Verbindungen anzuwenden (1. Stunde; s. S. 115). Den Schülern ist bekannt, daß die Bindungsorbitale von Kohlenstoffatomen in Molekülen gesättigter organischer Verbindungen nach den Eckpunkten eines Tetraeders ausgerichtet sind. Die Schüler wissen weiterhin, daß in den Molekülen höhermolekularer gesättigter organischer Verbindungen ein Kohlenstoffatom mit den benachbarten Kohlenstoffatomen unter einem Bindungswinkel von 109,47° verbunden ist. Mit diesen Vorkenntnissen können die Schüler Vermutungen über die sp^3-Hybridisierung der Kohlenstoffatome 2 bis 6 in der Kettenform des Glukosemoleküls anstellen. Die Schüler können ferner begründen, daß die Kette der Kohlenstoffatome in der Kettenform des Glukosemoleküls nicht geradlinig angeordnet ist. Der Lehrer sollte darauf hinweisen, daß infolge des Bindungswinkels zwischen den Kohlenstoffatomen 2 bis 6 in der Kettenform des Glukosemoleküls einzelne Kohlenstoffatome einander nähern können. Der Ringschluß zwischen den Kohlenstoffatomen 1 und 5 kann damit aus der räumlichen Anordnung der Kohlenstoffatome in der Kettenform des Glukosemoleküls abgeleitet werden.

Für die Aneignung von Wissen und Können über die chemischen Eigenschaften der Glukose ist die immanente Wiederholung des Wesens von Redoxreaktionen notwendig (2. Stunde; s. S. 116). Die Schüler haben im Chemieunterricht der Klasse 10 die Redoxreaktionen als solche Reaktionen kennengelernt, die mit einer Veränderung der Oxydationszahl bei einem oder mehreren freien Elementen oder Elementen in Verbindungen einhergehen. Die Schüler müssen daher

imstande sein, die Oxydationszahlen der Elemente in der Glukose mit Kettenform des Glukosemoleküls und in den Oxydations- und Reduktionsprodukten der Glukose zu ermitteln und die entsprechenden chemischen Reaktionen den Redoxreaktionen zuzuordnen.
Bei der Behandlung der Kohlenhydrate spielen die Disaccharide eine untergeordnete Rolle. Deshalb wird nur auf die Struktur des Maltosemoleküls eingegangen, um das Verständnis für die Struktur der Moleküle in zusammengesetzten Kohlenhydraten zu erleichtern (3. Stunde; s. S. 118).
Stärke wird als makromolekularer Stoff betrachtet, der aus Amylose und Amylopektin besteht (4. Stunde; s. S. 119). Durch die Unterscheidung von Amylose und Amylopektin in der Stärke ist die Möglichkeit gegeben, die Wechselwirkung zwischen der Struktur der Makromoleküle und einigen Eigenschaften der Stoffe an weiteren Beispielen zu erläutern. Bei der Unterscheidung von Amylose und Amylopektin wird die Abhängigkeit der Löslichkeit in Wasser von der Molekülgröße deutlich, da die Amylose als lösliche Stärke eine kleinere relative Molekülmasse als die schwerlösliche Stärke, das Amylopektin, besitzt. Andere physikalische Eigenschaften, durch die sich Amylose und Amylopektin voneinander unterscheiden, können aus der unterschiedlichen Struktur der Makromoleküle beider Stoffe abgeleitet werden (5. und 8. Stunde; s. S. 121 und 124).
Mit den chemischen Eigenschaften der Zellulose lernen die Schüler ein Merkmal vieler makromolekularer Stoffe kennen (7. Stunde; s. S. 123). Die makromolekularen Stoffe können bei Anwesenheit funktioneller Gruppen im Molekül in andere makromolekulare Stoffe übergeführt werden, aus dem makromolekularen Stoff entsteht ein Derivat des betreffenden Stoffes. Diese Eigenschaft vieler makromolekularer Stoffe wird bei der Verwendung der Zellulose als Chemiefaserstoff ausgenutzt, um die schwerlösliche Zellulose in ein lösliches Zellulosederivat umzuwandeln. Auch bei der Verarbeitung von Polybutadien kommen durch chemische Reaktionen des makromolekularen Stoffes mit elementarem Schwefel technisch günstige Eigenschaften zustande (25. Stunde, s. S. 148).
Im Stoffabschnitt "Eiweiße" erhalten die Schüler einen Einblick in die komplizierte Struktur der Moleküle und in die vielfältigen Eigenschaften dieser natürlichen makromolekularen Stoffe. Die

Wechselwirkungen zwischen der Struktur der Moleküle und den Eigenschaften der Stoffe kommen bei den Aminosäuren als den Bausteinen der Eiweiße deutlich zum Ausdruck, sie sind aber auch bei den löslichen Polypeptiden und Proteinen festzustellen (9., 10. und 13. Stunde; s. S. 126, 127 und 132). Sowohl die Aminosäuren als auch Polypeptide und Proteine können mit Säuren und Basen reagieren. Aminosäuren, Polypeptide und Proteine bilden in Lösungen Zwitter-Ionen. Wie bei Aminosäurelösungen kann auch bei den Lösungen von Polypeptiden und Proteinen ein pH-Wert ermittelt werden, bei dem keine Wanderung der Ionen im elektrischen Feld stattfindet.

Bei der Aneignung von Kenntnissen über die Struktur von Eiweißmolekülen können die Schüler Vermutungen über den Zusammenhang zwischen der Struktur der Aminosäuremoleküle und möglichen Verzweigungen in der Kette von Molekülresten der Aminosäuren im Eiweißmolekül anstellen (11. Stunde; s. S. 129). Polypeptide und Proteine, die aus Aminosäuren mit einer Aminogruppe und einer Karboxylgruppe im Molekül entstanden sind, bestehen im allgemeinen aus Molekülen mit einer kettenförmigen Anordnung der Molekülreste von Aminosäuren im Molekül. Aus Aminosäuren mit mehreren Aminogruppen und einer Karboxylgruppe oder mit einer Aminogruppe und mehreren Karboxylgruppen im Molekül können Polypeptide und Proteine mit Verzweigungen in der Kette der Molekülreste von Aminosäuren entstehen. Die Schüler müssen daher begründen, daß die lineare Anordnung der Molekülreste von Aminosäuren in Molekülen von Polypeptiden und Proteinen durch die Struktur der Aminosäuremoleküle bedingt wird.

Als Polypeptide werden im allgemeinen Peptide bezeichnet, die mindestens 10 Molekülreste von Aminosäuren im Molekül enthalten (18; S. 720). Ein Dekapeptid, das aus Glykokoll entstanden ist, hat eine relative Molekülmasse von 608. Ein Polypeptid mit einer so niedrigen relativen Molekülmasse kann nicht als makromolekularer Stoff betrachtet werden (s. S. 107). Zu den makromolekularen Stoffen können deshalb nicht alle Polypeptide gerechnet werden. Diese Zusammenhänge sollte der Lehrer im Unterricht beachten (11. Stunde; s. S. 129).

Einsichten in die Struktur der Makromoleküle von Eiweißen bilden eine wesentliche Voraussetzung für das Verständnis verschiedener

Probleme der Genetik. Deshalb werden im Chemieunterricht elementare Vorstellungen über die Reihenfolge der verschiedenen Molekülreste von Aminosäuren im Makromolekül, über die räumliche Anordnung der Molekülreste der Aminosäuren innerhalb des Makromoleküls sowie über die Form des gesamten Eiweißmoleküls vermittelt und damit wichtige Anforderungen an die naturwissenschaftliche Bildung und Erziehung in der Abiturstufe erfüllt (11. Stunde; s. S. 129). Die erworbenen Kenntnisse über die Primär-, Sekundär- und Tertiärstruktur von Eiweißmolekülen können im Biologieunterricht zu weltanschaulich relevanten Aussagen über die materielle Einheit der Welt genutzt werden (s. S. 41). Bei der Vermittlung von Kenntnissen über die Primär-, Sekundär- und Tertiärstruktur von Eiweißmolekülen muß der Lehrer berücksichtigen, daß die Tertiärstruktur bisher nur bei den Molekülen eines Proteids, des Myoglobins, aufgeklärt wurde. Die Sekundärstruktur ist von Proteinmolekülen bekannt. Die Primärstruktur kann auch bei den Molekülen der Polypeptide ermittelt werden. Die Begriffe "Primärstruktur", "Sekundärstruktur" und "Tertiärstruktur" lassen sich also weder den Polypeptiden noch den Proteinen oder Proteiden zuordnen, sie sind nur allgemein auf die Struktur von Eiweißmolekülen anwendbar (11. Stunde; s. S. 129).
Bei der Weiterentwicklung der Kenntnisse über den Abbau der Polypeptide und Proteine sowie über die Synthese der Polypeptide aus Aminosäuren und die Eiweißsynthese aus natürlichen Polypeptiden sind die Wechselbeziehungen des Chemieunterrichts zum Biologieunterricht und zum Unterricht in Staatsbürgerkunde sorgfältig zu beachten (s. S. 41). Die Auseinandersetzung mit aktuellen Problemen der Eiweißsynthese muß die Schüler in der Überzeugung bestärken, daß die Forschungsergebnisse durch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt bei der Untersuchung komplizierter physiologischer und genetischer Erscheinungen unmittelbare Bedeutung für die Medizin, Biologie und die Landwirtschaft erhalten (12. Stunde; s. S. 130). So werden Möglichkeiten der biologischen Erzeugung von eiweißhaltigen Futtermitteln aus petrolchemischen Rohstoffen genutzt, um die landwirtschaftliche Produktion zu steigern. Der Lehrer sollte weiterhin betonen, daß in den imperialistischen Staaten die wissenschaftlichen Erkenntnisse nicht nur

zum Nutzen der Menschheit dienen, sondern auch zu menschenfeindlichen Zwecken mißbraucht werden.
Die Kenntnisse der Schüler über die Struktur der Makromoleküle natürlicher makromolekularer Stoffe haben wesentlich zur Erforschung der Verfahren zur Herstellung synthetischer makromolekularer Stoffe beigetragen. Bei der Behandlung der unterschiedlichen Struktur der Makromoleküle und der vielfältigen Eigenschaften von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen sind daher alle Möglichkeiten einer vergleichenden Betrachtung natürlicher und synthetischer makromolekularer Stoffe zu nutzen. Das gilt insbesondere für den Vergleich der Struktur der Makromoleküle in Naturkautschuk und in synthetischem Kautschuk (25. Stunde; s. S. 148) und für die Vergleiche zwischen halbsynthetischen und vollsynthetischen Chemiefaserstoffen hinsichtlich der Ausgangsstoffe und der Eigenschaften (28. Stunde; s. S. 153).
Die Einteilung der synthetischen makromolekularen Stoffe kann nach verschiedenen Gesichtspunkten vorgenommen werden. Die Einteilung in Polymerisationsprodukte und Polykondensationsprodukte ist aus dem Chemieunterricht der Klasse 9 bekannt. Sie trifft nur für die synthetischen makromolekularen Stoffe zu und kann auf natürliche makromolekulare Stoffe nicht ausgedehnt werden. Sowohl die Polysaccharide als auch die Polypeptide, Proteine und Proteide können nicht den Polykondensationsprodukten zugeordnet werden. Im Chemieunterricht der Klasse 11 ist die Gliederung in Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe aus der Verwendung der makromolekularen Stoffe als Werkstoffe abzuleiten (15. Stunde; s. S. 134). Diese Einteilung schließt einige natürliche makromolekulare Stoffe ein. Aus Zelluloseestern werden verschiedene Plaste hergestellt. Naturkautschuk wird neben synthetischem Kautschuk als Elast verwendet. Zellulosefaserstoffe sind halbsynthetische Chemiefaserstoffe.
Die Weiterentwicklung der Kenntnisse der Schüler über Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe erfolgt an ausgewählten Beispielen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß einzelne synthetische makromolekulare Stoffe als Plaste und als Chemiefaserstoffe geeignet sind. Das gilt für die Verwendung von Polyestern, Polyvinylchlorid und Polyamiden (18., 22. und 27. Stunde; s. S. 138, 144 und 151). Beim Polyvinylchlorid können durch Zusätze zum makromolekularen

Stoff die Eigenschaften so weit abgewandelt werden, daß das Fertigprodukt die Eigenschaften eines Elasts erhält und damit noch vielseitiger einsetzbar ist (22. Stunde; s. S. 144). Polyvinylchlorid kann daher den Plasten, Elasten und den Chemiefaserstoffen zugeordnet werden.

Die Herstellung synthetischer makromolekularer Stoffe durch Polymerisation kann aus einem einzigen Ausgangsstoff erfolgen und führt dann zu einem makromolekularen Stoff, dessen Makromoleküle unterschiedliche Molekülgröße, aber ähnliche Struktur haben. So wird Polyäthylen nach verschiedenen Verfahren aus Äthen hergestellt (20. Stunde; s. S. 141). Bei allen diesen Verfahren zur Herstellung von Polyäthylen muß das Äthen in hohem Reinheitsgrad vorliegen, damit Polyäthylen mit großer relativer Molekülmasse entsteht. Bei anderen Polymerisationsprodukten werden durch Mischpolymerisation die Eigenschaften der makromolekularen Stoffe variiert. In wechselndem Mengenverhältnis dient ein Gemisch ungesättigter organischer Verbindungen zur Herstellung der makromolekularen Stoffe. Die Möglichkeit der Mischpolymerisation wird bei der Herstellung von synthetischem Kautschuk zur Erzeugung von Fertigprodukten mit vielseitigen Eigenschaften ausgenutzt (24. Stunde; s. S. 147).

Bei Polykondensationsprodukten ist ebenfalls die Herstellung der makromolekularen Stoffe aus Ausgangsstoffen unterschiedlicher Zusammensetzung möglich. So werden Phenoplaste nicht nur unter Verwendung von Phenol hergestellt, das Gemisch der Ausgangsstoffe zur Polykondensation kann auch Kresol, insbesondere m-Kresol, enthalten (16. Stunde; s. S. 135). Je nach der Zusammensetzung des Gemisches der Ausgangsstoffe entstehen dadurch Phenoplaste mit unterschiedlicher Struktur der Makromoleküle. Auch Polyamide werden aus verschiedenen Ausgangsstoffen hergestellt (26. Stunde; s. S. 150). Für die Herstellung von Polyestern bestehen besonders viele Möglichkeiten der Auswahl von Ausgangsstoffen zur Herstellung der makromolekularen Stoffe (17. Stunde; s. S. 137). Phenoplaste, Polyamide und Polyester sind deshalb Sammelbezeichnungen für Gruppen von synthetischen makromolekularen Stoffen. Die Stoffe können durch Mischpolykondensation entstehen. Entsprechend der Zusammensetzung der makromolekularen Stoffe werden die Poly-

ester noch in weitere Gruppen von makromolekularen Stoffen unterteilt.

Die Weiterentwicklung der Vorstellungen der Schüler über die Struktur der Moleküle von Ausgangsstoffen und Reaktionsprodukten bei der Herstellung synthetischer makromolekularer Stoffe durch Polymerisation ist mit der Anwendung der erworbenen Kenntnisse der Schüler über die Bindungsverhältnisse in Molekülen gesättigter und ungesättigter organischer Verbindungen zu verknüpfen. So kann die sp^2-Hybridisierung der Kohlenstoffatome im Äthenmolekül der sp^3-Hybridisierung der Kohlenstoffatome in den Makromolekülen des Polyäthylens gegenübergestellt werden (19. Stunde; s. S. 140). Bei der Herstellung des Polyvinylchlorids besteht die Möglichkeit, den Übergang des ungesättigten Monochloräthens in das gesättigte Polyvinylchlorid auf der Grundlage des quantenmechanischen Atommodells zu beschreiben (21. Stunde; s. S. 142). Am Beispiel der Moleküle von Butadien-(1.3) können die Besonderheiten der π-Bindungen in Molekülen mit konjugierter Doppelbindung erläutert werden (23. Stunde; s. S. 145). Die Erkenntnisse über die sp^2- und sp^3-Hybridisierung von Kohlenstoffatomen in Molekülen von Verbindungen bilden eine Voraussetzung für das Verständnis des Reaktionsmechanismus bei der Polymerisation des Äthens zu Polyäthylen (20. Stunde; s. S. 141).

Die Aneignung von Kenntnissen über wissenschaftlich-technische Probleme der Herstellung und Verwendung von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen führt die Schüler unmittelbar an die ökonomischen Fragen bei der Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik heran (s. S. 23, 35 und 36). Das bezieht sich auf die Sicherung der Rohstoffbasis für die Steigerung der Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen durch intensive Nutzung der vorhandenen Produktionsanlagen zur Herstellung von Kalziumkarbid, gilt aber insbesondere für den verstärkten Import von Erdöl und Erdgas aus der Sowjetunion (29. Stunde; s. S. 154).

5.2. Stundenerläuterungen

1. Stunde: Struktur des Glukosemoleküls

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über die Besonderheiten der Struktur des Glukosemoleküls
Entwicklung von Fähigkeiten im Anwenden der Vorstellungen über die sp^3-Hybridisierung von Kohlenstoffatomen in Molekülen gesättigter organischer Verbindungen auf die Struktur des Glukosemoleküls
Festigung der Überzeugung von der begrenzten Widerspiegelung der räumlichen Anordnung der Atome im Molekül durch Strukturformeln für die Verbindung

Stundengliederung

Glukose als Abbauprodukt natürlicher makromolekularer Stoffe (Wiederholung) 10 min

Beschreiben von Glukose, Stärke und Zellulose als Stoffwechselprodukte von Organismen (UG)
Feststellen von Unterschieden in der Molekülgröße von Glukose gegenüber Stärke und Zellulose (SSA)
Nennen der Möglichkeiten des Abbaus von Stärke und Zellulose zu Glukose durch Einwirkung von Säuren beziehungsweise Enzymen (LV; s. S. 40)
Zuordnen der Glukose zu den Monosacchariden (UG)

Übergang der Kettenform in die Ringform des Glukosemoleküls 20 min

Aufstellen der Strukturformel für die Glukose in der Kettenform des Glukosemoleküls (UG; bereitstellende Wiederholung)
Mitteilen der räumlichen Anordnung der Hydroxylgruppen im Molekül (LV; Einführung)
Erläutern der Glukose als Hydroxyalkanal (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Anstellen von Vermutungen über die sp^3-Hybridisierung der Kohlenstoffatome 2 bis 6 aus der Anzahl der gebundenen Atome (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 108)

Ermitteln der räumlichen Anordnung der Kohlenstoffatome in der Kettenform des Glukosemoleküls aus dem tetraedrischen Zustand der Kohlenstoffatome 2 bis 6 (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ableiten der Ringform des Glukosemoleküls aus der Kettenform (UG; immanente Wiederholung)
Erklären der Ringbildung im Glukosemolekül durch den Übergang des Wasserstoffatoms der Hydroxylgruppe vom 5. Kohlenstoffatom an die Aldehydgruppe (UG; immanente Wiederholung)

α-Glukose und β-Glukose 15 min

Mitteilen der unterschiedlichen räumlichen Anordnung der zusätzlichen Hydroxylgruppe am 1. Kohlenstoffatom des Glukosemoleküls (LV; Einführung)
Definieren der Begriffe "α-Glukose" und "β-Glukose" (UG mit LB, S. 58; Einführung)
Erläutern der Möglichkeiten zur Darstellung der Struktur des Glukosemoleküls (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ableiten der perspektivischen Darstellung der Zykloform des Glukosemoleküls (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Entwickeln der Einsicht, daß auch bei perspektivischer Darstellung der Struktur der α-Glukose und β-Glukose nur eine angenäherte Angabe der räumlichen Anordnung der Atome im Glukosemolekül möglich ist (UG; Festigung philosophischer Erkenntnisse)
Bestätigen der Überzeugung, daß Formeln die objektive Realität modellhaft widerspiegeln (LV; Festigung philosophischer Erkenntnisse)

2. Stunde: Chemische Eigenschaften der Glukose

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über die chemischen Eigenschaften der Glukose
Befähigung zum Ableiten chemischer Eigenschaften der Glukose aus der Struktur des Glukosemoleküls
Vertiefung der Überzeugungen vom Zusammenhang zwischen der Struktur des Moleküls und den chemischen Eigenschaften der Verbindung

Stundengliederung

Einstellung eines chemischen Gleichgewichts in der Glukoselösung — 10 min

Aufstellen der Strukturformeln für die Glukose in der Kettenform des Moleküls und für α-Glukose und β-Glukose (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Beschreiben des chemischen Gleichgewichts zwischen α-Glukose, Glukose mit Kettenform der Moleküle und β-Glukose (UG mit LB, S. 58; Einführung)
Mitteilen der Lage des chemischen Gleichgewichts zwischen den verschiedenen Formen der Glukose (LV; Zusammenfassung)

Oxydationsprodukte der Glukose — 20 min

Erörtern der Möglichkeit, Stoffe mit Hydroxylgruppen oder Aldehydgruppen im Molekül zu oxydieren (UG; bereitstellende Wiederholung)
Anstellen von Vermutungen über die Struktur von Oxydationsprodukten der Glukose (UG; Einführung)
Nennen von Glukonsäure, Zuckersäure und Glukuronsäure als verschiedene Oxydationsprodukte der Glukose (LV; Einführung)
Erläutern der Struktur von Glukonsäure, Zuckersäure und Glukuronsäure (UG mit LB, S. 59; Einführung)
Bestimmen der Oxydationszahlen der Elemente in Glukose (Kettenform der Moleküle) und den Oxydationsprodukten der Glukose (SSA; immanente Wiederholung)
Beurteilen der Reaktionen der Glukose zu Glukonsäure, Zuckersäure und Glukuronsäure als Redoxreaktion (SSA; immanente Wiederholung)
Erläutern der Reaktion der Glukose mit Fehlingscher Lösung als Redoxreaktion (SSA; immanente Wiederholung; s. S. 40)

Reduktion der Glukose zu Sorbit — 15 min

Beschreiben der Möglichkeit, Aldehyde durch Reduktion in Alkohole umzuwandeln (SSA; immanente Wiederholung)
Erläutern der Möglichkeit einer Reduktion von Glukose zu einem Alkohol (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Begründen der chemischen Eigenschaften von Glukose aus der Struktur der Moleküle (UG; Zusammenfassung)

3. Stunde: Struktur der Moleküle zusammengesetzter Kohlenhydrate

Stundenziel

Weiterentwicklung von Kenntnissen über einheitliche Strukturmerkmale in Molekülen zusammengesetzter Kohlenhydrate
Vervollkommnung der Fähigkeiten im Verallgemeinern von Aussagen über einzelne Stoffe auf Aussagen über eine Gruppe von Stoffen
Vertiefung der Überzeugung von der materiellen Einheit der Welt

Stundengliederung

Bindung zwischen Molekülresten von Monosacchariden in Molekülen zusammengesetzter Kohlenhydrate — 20 min

Aufstellen der Summenformeln von Maltose und Saccharose (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Anstellen von Vermutungen über das Auftreten mehrerer Molekülreste von Monosacchariden in Molekülen zusammengesetzter Kohlenhydrate (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der Disaccharide als einfachste zusammengesetzte Kohlenhydrate (UG; immanente Wiederholung)
Beschreiben der Bildung von Monosacchariden aus Disacchariden durch Wasseraufnahme (SSA; immanente Wiederholung)
Aufstellen der Reaktionsgleichung für den Abbau der Disaccharide zu Monosacchariden (SSA; immanente Wiederholung)
Mitteilen der Bindung zwischen den Molekülresten der Monosaccharide durch eine Sauerstoffbrücke (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Sauerstoffbrücken mit 1.4-Bindung oder 1.6-Bindung zwischen Molekülresten von Monosacchariden — 10 min

Erörtern der Möglichkeiten einer Bindung zwischen den Molekülresten von Monosacchariden in zusammengesetzten Kohlenhydraten (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Mitteilen der Bindung zwischen dem 1. Kohlenstoffatom vom einen Molekülrest und dem 4. oder 6. Kohlenstoffatom vom anderen Molekülrest als häufigste Form der Bindung zwischen Molekülresten von Monosacchariden (LV; Einführung)
Bezeichnen der Bindung als 1.4-Bindung beziehungsweise 1.6-Bindung (LV; Einführung)

Struktur des Maltosemoleküls 15 min

Mitteilen der α-Glukosemoleküle als Bausteine des Maltosemoleküls (LV; Einführung)
Beschreiben der Anordnung der Sauerstoffbrücke im Maltosemolekül zwischen den beiden Molekülresten der α-Glukose (SSA mit LB, S. 60; Einführung)
Bezeichnen der Bindung zwischen den beiden Molekülresten der Glukose als 1.4-Bindung (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Bestätigen der Vermutung über die Struktur der Moleküle zusammengesetzter Kohlenhydrate durch die Strukturformel der Maltose (UG; Festigung philosophischer Erkenntnisse; s. S. 109)
Hinweisen auf die Bindung zwischen den Molekülresten von Monosacchariden in Molekülen von Polysacchariden (UG; Verallgemeinerung)
Erläutern der einheitlichen Strukturmerkmale in Molekülen zusammengesetzter Kohlenhydrate (UG; Zusammenfassung)

4. Stunde: Stärke als Stoffgemisch aus Amylose und Amylopektin

Stundenziel

Entwicklung von Vorstellungen über die Besonderheiten makromolekularer Stoffe am Beispiel von Amylose und Amylopektin
Befähigung zum Anwenden von Kenntnissen über die Struktur der Moleküle zusammengesetzter Kohlenhydrate auf die Struktur der Makromoleküle von Amylose und Amylopektin
Vertiefung der Einsicht in die Erkennbarkeit auch komplizierter Naturerscheinungen

Stundengliederung

Besonderheiten in der Zusammensetzung
makromolekularer Stoffe 15 min

Nennen von Beispielen für natürliche und synthetische makromolekulare Stoffe (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Vergleichen von Zusammensetzung und Molekülgröße eines reinen niedrigmolekularen Stoffes und eines makromolekularen Stoffes (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 107)

Beschreiben der makromolekularen Stoffe als Gemische von Stoffen (UG; immanente Wiederholung; s. S. 40)
Erläutern der Stärke als Stoffgemisch von Amylose und Amylopektin (LV; Einführung)
Mitteilen des prozentualen Anteils von Amylose und Amylopektin in Stärkekörnern (LV; Einführung)

Struktur des Amylosemoleküls 15 min

Mitteilen, daß α-Glukosemoleküle die Bausteine vom Amylosemolekül sind (LV; Einführung)
Erläutern der Bindung der Molekülreste von α-Glukose zu unverzweigten Ketten im Makromolekül (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Anwenden von Vorstellungen über die Struktur des Maltosemoleküls auf die Struktur des Makromoleküls der Amylose (SSA mit LB, S. 61; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ableiten der Bindung zwischen den Molekülresten der α-Glukose im Makromolekül als 1.4-Bindung (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Mitteilen der relativen Molekülmasse von Amylose (LV; Einführung)

Struktur des Amylopektinmoleküls 15 min

Erläutern der α-Glukosemoleküle als Bausteine vom Amylopektinmolekül (LV; Einführung)
Beschreiben der Bindung zwischen den Molekülresten von α-Glukose zu verzweigten Ketten im Makromolekül (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ableiten der Bindungen zwischen den Molekülresten der α-Glukose im Makromolekül als 1.4-Bindung und als 1.6-Bindung (SSA mit LB, S. 62; Festigung erworbener Kenntnisse)
Entwickeln der Einsicht, daß auch im Makromolekül mit verzweigter Kette jede Sauerstoffbrücke von der Hydroxylgruppe am 1. Kohlenstoffatom eines Molekülrestes ausgeht (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Mitteilen der relativen Molekülmasse von Amylopektin (LV; Einführung)
Vergleichen der Struktur von Makromolekülen der Amylose und des Amylopektins (UG; zusammenfassende Wiederholung)
Erläutern von Amylose und Amylopektin als Gemische verschiedener makromolekularer Stoffe (UG; zusammenfassende Wiederholung)

5. Stunde: Eigenschaften der Stärke

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über die Eigenschaften der Stärke
Vervollkommnung der Fähigkeiten im Nachweisen von Stärke in verschiedenen Stoffen
Vertiefung der Überzeugung vom Nutzen der experimentellen Methode zum Erkenntnisgewinn

Stundengliederung

Nachweis der Stärke (Wiederholung) 15 min

Erläutern der Stärke als Assimilationsprodukt der Pflanzen (UG)
Nachweisen von Stärke in verschiedenen pflanzlichen Stoffen und Nahrungsmitteln durch Reaktion mit Jod-Kaliumjodidlösung (SE, arbeitsteilig; Verifizierungsexperiment)
Ableiten der Reaktionsbedingungen aus den Besonderheiten der Reaktion (UG)

Abbau der Stärke 30 min

Ableiten einer Hypothese, die experimentell überprüfbar ist (UG; Festigung philosophischer Erkenntnisse über die experimentelle Methode; s. S. 32 und 47)
Beschreiben der Möglichkeiten des Abbaus der Stärke durch Säure- oder Enzymeinwirkung (UG; bereitstellende Wiederholung; s. S. 40)
Durchführen des Abbaus von Stärke in Nahrungsmitteln durch Einwirkung verschiedener Säuren (SE, arbeitsteilig; Verifizierungsexperiment)
Untersuchen des Reaktionsverlaufs durch Prüfen mit Jod-Kaliumjodidlösung und Fehlingscher Lösung (SE; Verifizierungsexperiment)
Zusammenstellen der verschiedenen Beobachtungsergebnisse aus den Experimenten (UG; Systematisierung)
Bestätigen der abgeleiteten Hypothese (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern des enzymatischen Abbaus der Stärke (UG; bereitstellende Wiederholung)
Ableiten der Struktur von Molekülen der Abbauprodukte der Stärke aus der Struktur des Amylosemoleküls (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)

Entwickeln eines Überblicks über Möglichkeiten der Einwirkung von Enzymen auf Amylose und Amylopektin (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen wichtiger Eigenschaften von Amylose und Amylopektin (UG; zusammenfassende Wiederholung; s. S. 21)

6. Stunde: Zellulose

Stundenziel

Weiterentwicklung der Kenntnisse über die Zellulose als makromolekularer Stoff
Befähigung zum Anwenden von Kenntnissen über die Struktur von Molekülen zusammengesetzter Kohlenhydrate auf die Struktur von Zellulosemolekülen
Vertiefung der Überzeugung von der materiellen Einheit der Welt

Stundengliederung

Vorkommen der Zellulose in der Natur 15 min

Beschreiben von Baumwoll- und Flachsfasern als fast reine Zellulose (SV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern des Zelluloseanteils im Holz (SV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Beschreiben der Zusammensetzung der Zellwände in pflanzlichen Zellen (SV; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 41)

Struktur der Zellulose 20 min

Beschreiben der Zellulose als Gemisch verschiedener Stoffe (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Mitteilen der relativen Molekülmasse der Zellulose (LV; Einführung)
Erläutern der β-Glukosemoleküle als Baustein des Zellulosemoleküls (LV; Einführung)
Ableiten der Bindung zwischen den Molekülresten der β-Glukose im Makromolekül (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Entwickeln der Strukturformel mit Hilfe der Kenntnisse über die Strukturmerkmale in Molekülen zusammengesetzter Kohlenhydrate (SSA mit LB, S. 64; Festigung erworbener Kenntnisse)

Bezeichnen der Sauerstoffbrücken zwischen den Molekülresten der β-Glukose im Makromolekül als 1.4-Bindung (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)

Abbau der Zellulose 10 min

Beschreiben der Möglichkeiten des Abbaus der Zellulose durch Einwirkung von Säuren beziehungsweise Enzymen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Mitteilen der technischen Anwendung des Abbaus der Zellulose durch Einwirkung von Säuren (LV; Einführung)

7. Stunde: Eigenschaften der Zellulose

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Herstellung von Zellulosederivaten
Weiterentwicklung der Fähigkeiten im Vergleichen chemischer Eigenschaften verschiedener organischer Stoffe
Vertiefung der Überzeugung vom gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen der Struktur der Moleküle und den chemischen Eigenschaften von Stoffen

Stundengliederung

Zusammenhang zwischen der Struktur des Makromoleküls und den Eigenschaften von Zellulose 20 min

Begründen der Reaktionsfähigkeit der Zellulose durch die Hydroxylgruppen der Molekülreste der Glukose und die Sauerstoffbrücken zwischen den Molekülresten der Glukose im Zellulosemolekül (SV; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 21)
Beschreiben der Möglichkeit zur Aufspaltung der Sauerstoffbrücken des Zellulosemoleküls unter Bildung von Molekülen niedrigmolekularer Kohlenhydrate (SV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der Reaktionen von Zellulose unter Bildung von Zellulosederivaten (SV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen der chemischen Eigenschaften von Alkoholen mit den Eigenschaften von Zellulose (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)

Struktur der Moleküle von Zelluloseestern 10 min

Aufstellen von Reaktionsgleichungen für die Esterbildung aus Alkohol und Säure (SSA, arbeitsteilig; bereitstellende Wiederholung)
Feststellen der funktionellen Gruppe -CO-O- in den Estermolekülen (SSA; immanente Wiederholung)
Erläutern der Struktur der Moleküle von Zellulosenitrat, Zelluloseazetat und Zellulosexanthogenat als Zelluloseester (UG; Einführung)

Eigenschaften und Verwendung von Zelluloseestern 15 min

Erläutern der Zelluloseester als technisch wichtige Zellulosederivate (UG; Einführung)
Ableiten der Zusammenhänge zwischen der Molekülform der Zellulose und der Zelluloseester sowie physikalischen und chemischen Eigenschaften der Verbindungen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 109)
Vergleichen der Löslichkeit von Zellulose und Zelluloseestern (SSA mit LB, S. 65; Festigung erworbener Kenntnisse)
Begründen der Löslichkeit der Zellulosederivate als Voraussetzung zur Herstellung halbsynthetischer Chemiefaserstoffe (UG; Einführung)
Abgrenzen der Begriffe "Naturfaserstoffe", "halbsynthetische Chemiefaserstoffe" und "vollsynthetische Chemiefaserstoffe" (LV; Einführung)
Einordnen der Zelluloseesterfaserstoffe als halbsynthetische Chemiefaserstoffe (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

8. Stunde: Vergleich von Stärke und Zellulose

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über die Struktur der Makromoleküle und wichtige Eigenschaften von Stärke und Zellulose
Weiterentwicklung von Fähigkeiten im Übertragen von Erkenntnissen über die Besonderheiten makromolekularer Stoffe auf die Polysaccharide
Vertiefung der Überzeugung von der materiellen Einheit der Welt

Stundengliederung

Polysaccharide als makromolekulare Stoffe 15 min

Erläutern der Möglichkeit des Abbaus von Amylose, Amylopektin und Zellulose zu niedrigmolekularen Stoffen (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Vergleichen der Bedingungen für den Abbau von Amylose, Amylopektin und Zellulose (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen der relativen Molekülmasse von Amylose, Amylopektin und Zellulose (SSA mit LB-Übersicht 3, S. 67; Festigung erworbener Kenntnisse)
Beschreiben der Polysaccharide Amylose, Amylopektin und Zellulose als Gemische verschiedener Stoffe (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Vergleich der Struktur von Amylose, Amylopektin und Zellulose (s. S. 30) 20 min

Gegenüberstellen der Struktur der Makromoleküle von Amylose, Amylopektin und Zellulose (LK, schriftlich)
Ableiten der unterschiedlichen Bausteine in den Makromolekülen von Amylose, Amylopektin und Zellulose (LK, schriftlich)
Ermitteln der Bindung zwischen den Molekülresten von Monosacchariden (LK, schriftlich)
Vergleichen der Kette von Molekülresten der Glukose in Makromolekülen von Amylose, Amylopektin und Zellulose (LK, schriftlich)
Erläutern der verschiedenen Molekülformen von Amylose, Amylopektin und Zellulose (UG; Systematisierung)

Vergleich der Eigenschaften von Amylose, Amylopektin und Zellulose (s. S. 107) 10 min

Vergleichen der Löslichkeit der verschiedenen Polysaccharide (UG; Systematisierung)
Gegenüberstellen der Kristallisierbarkeit von Amylose, Amylopektin und Zellulose (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen der Spinnfähigkeit von Zellulose und Zellulosederivaten in Abhängigkeit von der Molekülform und geeigneter Lösungsmittel (LV; Einführung)
Erläutern der Möglichkeiten zur Bildung von Derivaten der Polysaccharide (LV: Systematisierung)

9. Stunde: Struktur der Moleküle und Eigenschaften von Aminosäuren

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über die Struktur der Moleküle und die Eigenschaften der Aminosäuren
Entwicklung von Fähigkeiten im Anwenden von Vorstellungen über Karbonsäuren und über stickstoffhaltige organische Verbindungen auf Aminosäuren
Vertiefung der Überzeugung vom gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen der Struktur der Moleküle und chemischen Eigenschaften einer Verbindung

Stundengliederung

Aminosäuren als Abbauprodukte der Eiweiße — 15 min

Zuordnen der Eiweiße zu den natürlichen makromolekularen Stoffen (SV; bereitstellende Wiederholung)
Erläutern der Aminosäuren als Abbauprodukte der Eiweiße (SV; bereitstellende Wiederholung)
Beschreiben der Reaktionsbedingungen für den Abbau von Eiweißen (SV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der Eiweiße als makromolekulare Stoffe, die im Makromolekül Molekülreste von Aminosäuren enthalten (SV; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 41)

Struktur der Moleküle von Aminosäuren — 15 min

Aufstellen der Summenformeln und Strukturformeln von Karbonsäuren (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Erläutern der Aminosäuren als organische Säuren mit Aminogruppen und Karboxylgruppen im Molekül (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Mitteilen des Vorkommens von Glykokoll, Alanin, Valin und Glutaminsäure in Eiweißen (LV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Beschreiben der Struktur der Moleküle von Glykokoll, Alanin, Valin und Glutaminsäure als Beispiele für die Struktur der Moleküle von Aminosäuren (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen der Struktur der Moleküle von Aminosäuren und anderen organischen Verbindungen mit mehreren funktionellen Gruppen im Molekül (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Saure Eigenschaften der Aminosäuren 15 min

Erläutern der Dissoziation, Neutralisation und Veresterung als chemische Eigenschaften von Karbonsäuren (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Aufstellen von Reaktionsgleichungen für die Dissoziation, Neutralisation und Veresterung von Karbonsäuren (SSA, arbeitsteilig; Festigung erworbener Kenntnisse)
Übertragen von Vorstellungen über die chemischen Eigenschaften von Karbonsäuren auf Aminosäuren (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der Neutralisation der Aminosäuren mit Basen und der Esterbildung mit Alkoholen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 110)
Aufstellen von Reaktionsgleichungen für die Neutralisation und Veresterung von Aminosäuren (SSA, arbeitsteilig; Festigung erworbener Kenntnisse)

10. Stunde: Amphotere Eigenschaften der Aminosäuren

Stundenziel

Vermittlung von Vorstellungen über die sauren und basischen Eigenschaften von Aminosäuren
Entwicklung von Fähigkeiten im Vergleichen der chemischen Eigenschaften von Aminosäuren mit den Eigenschaften anderer amphoterer Verbindungen
Vertiefung der Überzeugung über die Abhängigkeit der chemischen Eigenschaften einer Verbindung von den äußeren Bedingungen (s. S. 20)

Stundengliederung

Basische Eigenschaften der Aminosäuren 20 min

Erläutern der Neutralisation von Aminosäuren mit Basen (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Mitteilen der basischen Eigenschaften von Stoffen mit Aminogruppen im Molekül (LV; Einführung)
Beschreiben der Reaktionen von Aminosäuren mit Säuren (UG; Einführung)

Erläutern der Neutralisation der Aminosäuren durch Reaktion mit Säuren oder Basen als amphotere Eigenschaft (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 110)
Erörtern der amphoteren Eigenschaften einiger anorganischer Verbindungen (UG; immanente Wiederholung)
Vergleichen der amphoteren Eigenschaften des Aluminiumhydroxids und der Aminosäuren (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Bildung von Ionen in Lösungen von Aminosäuren 15 min

Erläutern der Bildung von Anionen aus den Molekülen von Aminosäuren in basischer Lösung (UG; Einführung)
Beschreiben der Bildung von Kationen aus den Molekülen von Aminosäuren in saurer Lösung (UG; Einführung)
Erläutern der unterschiedlichen Bildung von Ionen bei Aminosäuren als amphotere Eigenschaft (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Mitteilen der Bildung von Zwitter-Ionen aus Molekülen von Aminosäuren in wäßriger Lösung (UG mit LB, S. 70; Einführung)
Definieren des isoelektrischen Punkts von Aminosäuren (LV; Einführung)
Begründen der Abhängigkeit der unterschiedlichen Bildung von Ionen bei Aminosäuren vom pH-Wert der Lösung (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Beschreiben der unterschiedlichen Bildung von Ionen bei Aminosäuren durch die Wechselwirkung zwischen äußeren und inneren Bedingungen der chemischen Erscheinung (LV; Festigung philosophischer Erkenntnisse)

Zusammenhang zwischen der Struktur der Moleküle
und den Eigenschaften von Aminosäuren 10 min

Beschreiben des Zusammenhangs zwischen den sauren Eigenschaften der Aminosäuren und der Struktur der Moleküle (SSA; zusammenfassende Wiederholung)
Begründen der amphoteren Eigenschaften der Aminosäuren aus der Struktur der Moleküle (UG; Systematisierung)
Erläutern der unterschiedlichen Bildung von Ionen bei Aminosäuren aus der Struktur der Moleküle (UG; Systematisierung)

11. Stunde: Struktur von Eiweißmolekülen

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Zusammensetzung von Eiweißen und die funktionellen Gruppen in Eiweißmolekülen
Weiterentwicklung der Fähigkeiten im Veranschaulichen der Struktur von Makromolekülen durch Formeln oder Formelausschnitte
Beitrag zur Entwicklung der Überzeugung, daß durch den wissenschaftlichen Fortschritt auch komplizierte Strukturen natürlicher Systeme aufgeklärt werden können

Stundengliederung

Struktur von Polypeptidmolekülen — 15 min

Erläutern von Peptiden als Stoffe, deren Moleküle mehrere Molekülreste von Aminosäuren enthalten (UG; bereitstellende Wiederholung)
Beschreiben der Dipeptide als einfachste Peptide (UG; bereitstellende Wiederholung)
Feststellen der Peptidgruppe als funktionelle Gruppe der Peptide (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Unterscheiden der Begriffe "Dipeptid" und "Polypeptid" (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 110)
Ableiten von Formelausschnitten für Polypeptide mit Molekülresten von verschiedenen Aminosäuren im Molekül (SSA, arbeitsteilig; Einführung)
Aufstellen von Reaktionsgleichungen für die Bildung der Aminosäuren aus Peptiden durch Wasseraufnahme (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 110)

Zusammensetzung von Polypeptiden, Proteinen und Proteiden — 10 min

Mitteilen der ähnlichen Struktur von Molekülen der Polypeptide und Proteine (LV; bereitstellende Wiederholung)
Feststellen von Unterschieden in der Molekülgröße zwischen Polypeptiden und Proteinen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Bezeichnen der Proteine als "Makropeptide" (LV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Definieren der Proteide als zusammengesetzte Eiweiße (LV; Einführung)

Räumliche Anordnung von Molekülresten der Aminosäuren in Eiweißmolekülen 20 min

Erläutern der vielfältigen Verknüpfungsmöglichkeiten von Molekülresten verschiedener Aminosäuren zu einem Eiweißmolekül (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Anstellen von Vermutungen über den Zusammenhang zwischen der Struktur der Aminosäuremoleküle und möglichen Verzweigungen in der Kette von Molekülresten der Aminosäuren im Eiweißmolekül (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 110)
Definieren der Primärstruktur als Reihenfolge der Molekülreste von Aminosäuren im Eiweißmolekül (UG mit LB-Abb. 43, S. 74; Einführung)
Erläutern der räumlichen Struktur der Eiweißmoleküle am Beispiel von schraubenförmigen und gefalteten Anordnungen der Makromoleküle in Eiweißen (UG mit LB-Abb. 44, 45 und 46, S. 75 und 76; Einführung; s. S. 34)
Definieren der Begriffe "Sekundärstruktur" und "Tertiärstruktur" (LV; Einführung; s. S. 111)
Gegenüberstellen von Gemeinsamkeiten und Unterschieden in der Struktur von Eiweißmolekülen (UG; Zusammenfassung)
Entwickeln von Überzeugungen vom wissenschaftlichen Fortschritt bei der Untersuchung von Lebensvorgängen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 18 und 41)

12. Stunde: Abbau und Synthese von Polypeptiden und Proteinen

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über die Möglichkeiten des Abbaus und der Synthese von Polypeptiden und Proteinen und über die große Vielfalt in der Struktur der Moleküle der verschiedenen Polypeptide und Proteine
Vervollkommnung der Fähigkeiten in der komplexen Betrachtungsweise chemischer Erscheinungen
Weiterentwicklung von Überzeugungen über den Nutzen der Forschungsergebnisse bei der Untersuchung von Eiweißen für die Medizin, Biologie und die Landwirtschaft und über den möglichen Mißbrauch von Forschungsergebnissen zu menschenfeindlichen Zwecken

Stundengliederung

Abbau von Polypeptiden und Proteinen 15 min

Feststellen von Unterschieden zwischen Polypeptiden und Proteinen in der Molekülgröße (UG; bereitstellende Wiederholung)
Beschreiben der Möglichkeiten des Abbaus von Proteinen durch Einwirkung von Säuren oder Enzymen (SCA; bereitstellende Wiederholung)
Unterteilen der Abbauprodukte von Proteinen in Polypeptide, Dipeptide und Aminosäuren (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der Reaktionsprodukte beim vollständigen Abbau von Proteinen als Gemisch von Aminosäuren, aus dem die einzelnen Aminosäuren nur schwierig zu isolieren sind (UG mit LB-Aufg. 4, S. 73; Festigung erworbener Kenntnisse)
Mitteilen der Anzahl von Aminosäuren, die beim Abbau von Proteinen bisher festgestellt wurden (LV; Einführung)

Synthese von Polypeptiden und Proteinen 30 min

Einschätzen der Peptidsynthesen für die Erforschung von Lebensvorgängen (SV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Würdigen der Peptidsynthesen von E. Fischer (SV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern des gegenwärtigen Standes der möglichen Synthese von Polypeptiden aus Aminosäuren (SV; Einführung)
Weiterentwickeln von Überzeugungen von der materiellen Einheit der Welt und der Erkennbarkeit chemischer Erscheinungen (UG; Festigung philosophischer Erkenntnisse; s. S. 18)
Erläutern der Synthese von Proteinen aus natürlichen Polypeptiden (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Einschätzen der Bedeutung der Synthese von Polypeptiden und Proteinen für die Naturwissenschaften und die Medizin (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 41)
Anstellen von Vermutungen über die Nutzung synthetischer Produkte als Nährstoffe für Mensch und Tier (UG mit LB-Aufg. 6, S. 73; Festigung erworbener Kenntnisse aus dem Biologieunterricht; s. S. 111)
Mitteilen der Möglichkeit der Produktion von Futterhefe aus petrolchemischen Ausgangsstoffen (LV; Einführung) (10; S. 98)

17. Stunde: Eigenschaften von Proteinen

Stundenziel

Weiterentwicklung der Kenntnisse über chemische Eigenschaften von Proteinen
Entwicklung von Fähigkeiten im Nachweisen von Proteinen in verschiedenen Eiweißlösungen
Vertiefung der Überzeugung vom gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen der Struktur der Moleküle und den Eigenschaften der Stoffe

Stundengliederung

Chemische Eigenschaften löslicher Proteine 15 min

Beschreiben der Zusammenhänge zwischen der Struktur der Moleküle und den Eigenschaften von Aminosäuren und Peptiden (UG; bereitstellende Wiederholung)
Feststellen von Aminogruppen und Karboxylgruppen an den Molekülenden in Proteinmolekülen (SSA mit LB, S. 71; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der amphoteren Eigenschaften der Proteine (UG mit LB-Aufg. 3, S. 77; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ausfällen von Eiweißen aus verdünnten Lösungen (SE; Verifizierungsexperiment)
Unterscheiden der Vorgänge bei reversiblen und irreversiblen Fällungen von Proteinen aus Lösungen (UG mit LB-Abb. 47, S. 78; Festigung erworbener Kenntnisse)

Charakteristische Reaktionen löslicher Proteine 15 min

Nachweisen von Proteinen durch die Biuretreaktion (SE; Verifizierungsexperiment)
Nachweisen von Proteinen durch die Xanthoproteinreaktion (SE; Verifizierungsexperiment)
Erläutern der Biuretreaktion und der Xanthoproteinreaktion als charakteristische Reaktionen für einige Proteine (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Vergleich der Eigenschaften von Aminosäuren und Proteinen 15 min

Gegenüberstellen der Löslichkeit von Aminosäuren und Proteinen (UG; Systematisierung)

Vergleichen der amphoteren Eigenschaften von Aminosauren und Proteinen (SSA; Systematisierung)
Feststellen von gemeinsamen und unterschiedlichen Eigenschaften von Aminosäuren und Proteinen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 110)

14. Stunde: Vergleich von Polysacchariden, Proteinen und Proteiden

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Proteide als zusammengesetzte Eiweiße
Weiterentwicklung von Fähigkeiten im Vergleichen der Struktur der Makromoleküle und der Eigenschaften verschiedener makromolekularer Stoffe
Vertiefung der Überzeugung von der materiellen Einheit natürlicher makromolekularer Stoffe

Stundengliederung

Zusammensetzung von Proteiden — 15 min

Erläutern der Abbauprodukte von Eiweißen als Stoffgemische, die neben Aminosäuren häufig noch andere Verbindungen enthalten (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Definieren der Proteide als zusammengesetzte Eiweiße (UG; immanente Wiederholung)
Mitteilen von Kohlenhydraten und Fettbegleitstoffen als mögliche Abbauprodukte von Proteiden neben Aminosäuren (LV; Einführung)
Zuordnen vieler Enzyme zu den Proteiden (LV; Einführung)
Erläutern des Vorkommens von Proteiden in den Organismen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Vergleich von Polysacchariden, Proteinen und Proteiden (s. S. 19) — 30 min

Gegenüberstellen der Abbauprodukte in Polysacchariden, Proteinen und Proteiden (LK)
Vergleichen der unterschiedlichen Struktur der Moleküle von Monosacchariden und Aminosäuren (LK)

Gegenüberstellen der Bindung zwischen den Molekülresten von Monosacchariden und Aminosäuren in den Makromolekülen von Polysacchariden, Proteinen und Proteiden (LK)
Vergleichen der Molekülgröße von Makromolekülen in Polysacchariden, Proteinen und Proteiden (UG; zusammenfassende Wiederholung)
Gegenüberstellen der Möglichkeiten zur Synthese von Polysacchariden, Proteinen und Proteiden (LV; Systematisierung)
Zuordnen von Polysacchariden, Proteinen und Proteiden zu natürlichen makromolekularen Stoffen (UG; Systematisierung)

15. Stunde: Synthetische makromolekulare Stoffe

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über die Möglichkeiten der Einteilung synthetischer makromolekularer Stoffe
Weiterentwicklung der Fähigkeiten im Unterscheiden von Wesentlichem und Unwesentlichem bei den Eigenschaften von Stoffen (s. S. 27)
Beitrag zur Entwicklung von Überzeugungen, daß der Mensch viele natürliche makromolekulare Stoffe auch synthetisch herstellen kann

Stundengliederung

Vergleich natürlicher und synthetischer makromolekularer Stoffe — 20 min

Entwickeln von Einsichten, daß Kenntnisse über die Struktur der Moleküle natürlicher makromolekularer Stoffe die Voraussetzung für die Entwicklung synthetischer makromolekularer Stoffe waren (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der Möglichkeiten für die Umwandlung natürlicher makromolekularer Stoffe in andere makromolekulare Stoffe (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Gliedern der makromolekularen Stoffe in natürliche und synthetische Produkte (UG; immanente Wiederholung; s. S. 19 und 41)
Erläutern der natürlichen und synthetischen makromolekularen Stoffe als Gemische von Stoffen (UG; immanente Wiederholung)
Vergleichen der relativen Molekülmasse natürlicher und synthetischer makromolekularer Stoffe (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 107)

Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe
als makromolekulare Stoffe 25 min

Mitteilen verschiedener Möglichkeiten zur Unterscheidung der synthetischen makromolekularen Stoffe (SV; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 27 und 48)
Einteilen von synthetischen makromolekularen Stoffen nach der Verarbeitung als Werkstoffe in Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe (SV; Systematisierung; s. S. 27 und 48)
Nennen von natürlichen makromolekularen Stoffen, die als Plaste oder Chemiefaserstoffe verwendet werden (UG; immanente Wiederholung; s. S. 112)
Zuordnen von makromolekularen Stoffen zu Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen (SSA; immanente Wiederholung)
Feststellen der Möglichkeit einer Verwendung von Polyvinylchlorid als Plast, Elast oder Chemiefaserstoff (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 112)
Ableiten der Überlegenheit von Syntheseprodukten gegenüber den Naturstoffen nach Anzahl und Verwendungsmöglichkeiten (UG; Festigung philosophischer Erkenntnisse)

16. Stunde: Phenoplaste

Stundenziel

Vertiefung der Kenntnisse über die Herstellung und Eigenschaften von Phenoplasten
Entwicklung von Fähigkeiten im Anwenden von Vorstellungen über makromolekulare Stoffe auf Phenoplaste
Weiterentwicklung von Verhaltensweisen für den verantwortungsvollen Umgang mit Chemikalien und Laborgeräten bei der Durchführung von Schülerexperimenten

Stundengliederung

Struktur des Methanal- und Phenolmoleküls 10 min

Ermitteln von funktionellen Gruppen in den Molekülen der Ausgangsstoffe Methanal und Phenol zur Herstellung von Phenoplasten (SSA; bereitstellende Wiederholung)

Erläutern der Wechselwirkung zwischen der Hydroxylgruppe und dem π-Elektronensextett im Phenolmolekül (LV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ableiten der chemischen Eigenschaften des Methanals und Phenols aus der Struktur der Moleküle (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Polykondensation des Methanals mit Phenol 20 min

Durchführen einer Arbeitsschutzbelehrung über den verantwortungsvollen Umgang mit Chemikalien und Laborgeräten bei der Darstellung von Phenoplasten (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Einwirken von Methanal auf Resorzin (SE; Verifizierungsexperiment)
Mitteilen der Reaktionsbedingungen für die technische Durchführung der Polykondensation (UG; Einführung)
Erläutern der Bildung des makromolekularen Stoffes aus niedrigmolekularen Verbindungen (SSA mit LB, S. 82; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ableiten der Möglichkeit einer kettenförmigen, flächenhaften oder räumlichen Verbindung von Molekülresten der Ausgangsstoffe aus der Struktur der Moleküle (UG mit Anaglyphenbild; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 113)
Beschreiben der Bildung des makromolekularen Stoffes als chemisches Gleichgewicht (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 41)

Verarbeitung des Phenoplastes zu Fertigerzeugnissen 15 min

Begründen der Möglichkeit, Zwischenprodukte der Polykondensation mit unterschiedlichem Vernetzungsgrad zu isolieren (UG; Einführung; s. S. 21)
Bezeichnen der Polykondensationsprodukte mit unterschiedlichem Vernetzungsgrad als Resol, Resitol und Resit (LV; Einführung)
Vergleichen der unterschiedlichen Eigenschaften von Resol, Resitol und Resit (UG; Einführung)
Ableiten der unterschiedlichen Verarbeitung der Phenoplasterzeugnisse in Abhängigkeit von dem Vernetzungsgrad (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Unterscheiden von Preßstoffen und Schichtpreßstoffen (SSA mit LB-Übersicht 6, S. 84; Festigung erworbener Kenntnisse)

17. Stunde: Polyester

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Struktur der Moleküle von Ausgangsstoffen zur Herstellung von Polyestern
Weiterentwicklung der Fähigkeiten im Anwenden von Vorstellungen über die Esterbildung aus Karbonsäuren und Alkoholen auf die Bildung von Polyestern
Werten der gemeinsamen Strukturmerkmale in Molekülen der verschiedenen Polyester als Beispiele für die materielle Einheit der Welt

Stundengliederung

Polyester als Gruppe von makromolekularen Stoffen 20 min

Nennen von Polyesterfaserstoffen, Polyesterharzen und Alkydharzen als Beispiele für die technische Verwendung von Polyestern als Chemiefaserstoffe, Plaste und Lacke (UG; Motivation)
Beschreiben der Ester als Produkte der Reaktion von Karbonsäuren mit Alkoholen (UG; bereitstellende Wiederholung)
Entwickeln der Reaktionsgleichung für die Esterbildung aus Äthansäure und Äthanol (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Feststellen der funktionellen Gruppe -CO-O- in den Estermolekülen (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Definieren der Polyester als makromolekulare Stoffe, die im Makromolekül funktionelle Gruppen -CO-O- enthalten (LV; Einführung)

Struktur der Moleküle von Terephthalsäure und Glykol 15 min

Entwickeln der Einsicht, daß makromolekulare Stoffe nicht bei der Esterbildung aus Karbonsäuren und Alkoholen mit einer funktionellen Gruppe im Molekül entstehen können (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Nennen von Terephthalsäure und Glykol als mögliche Ausgangsstoffe zur Herstellung von Polyestern (LV; Einführung)
Aufstellen der Strukturformeln für Terephthalsäure und Glykol (UG; Einführung)
Beschreiben von Terephthalsäure und Glykol als organische Verbindungen mit mehreren funktionellen Gruppen im Molekül (SSA; immanente Wiederholung)

Struktur der Moleküle von Ausgangsstoffen zur Herstellung von Polyestern (s. S. 113) 10 min

Anstellen von Vermutungen über mögliche Ausgangsstoffe zur Herstellung von Polyestern (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Nennen von Terephthalsäure, Phthalsäure, Adipinsäure und Maleinsäure als Beispiele für Karbonsäuren zur Herstellung von Polyestern (LV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Nennen von Glykol und Glyzerin als Beispiele für Alkohole zur Herstellung von Polyestern (LV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Beschreiben von Karbonsäuren mit mehreren Karboxylgruppen im Molekül und von Alkoholen mit mehreren Hydroxylgruppen im Molekül als geeignete Ausgangsstoffe zur Herstellung von Polyestern (UG; Verallgemeinerung)

18. Stunde: Polyester

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Herstellung und die Verwendung von Polyestern
Entwicklung von Fähigkeiten im Anwenden von Kenntnissen über Polykondensation und Polymerisation auf die Herstellung von Polyestern
Weiterentwicklung von Überzeugungen über den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen der Struktur von Polyestermolekülen und den Eigenschaften der Polyester

Stundengliederung

Polykondensation von Terephthalsäure und Glykol 20 min

Aufstellen der Reaktionsgleichung für die Bildung des Esters aus Terephthalsäure und Glykol (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern des chemischen Gleichgewichts bei der Esterbildung (SSA; immanente Wiederholung)
Bezeichnen der Esterbildung als Kondensation (UG; immanente Wiederholung)
Zuordnen der Kondensation zur Substitution (SSA; immanente Wiederholung)

Beschreiben der Polykondensation zwischen Terephthalsäure und Glykol unter Bildung eines Polyesters als chemisches Gleichgewicht (UG; Einführung)
Ableiten eines Formelausschnitts für die Struktur eines Polyestermoleküls (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Zuordnen der Polykondensation zur Substitution (SSA; immanente Wiederholung)

Struktur von Polyestermolekülen 15 min

Feststellen der linearen Anordnung der Molekülreste von Terephthalsäure und Glykol im Polyestermolekül (SSA; immanente Wiederholung)
Anstellen von Vermutungen über die Entstehung von Polyestern mit verzweigten oder vernetzten Makromolekülen bei der Polykondensation von Glyzerin mit Karbonsäuren (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 21)
Nennen von Alkydharzen als Produkte, die Polyester mit verzweigten oder vernetzten Makromolekülen enthalten (LV; Einführung) (18; S. 247)
Anstellen von Vermutungen über die Entstehung von Polyestern mit Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen im Makromolekül bei der Polykondensation von ungesättigten Karbonsäuren mit Alkoholen (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Nennen von Polyesterharzen als Beispiele für ungesättigte Polyester (LV; Einführung)
Erläutern der Möglichkeit einer Herstellung von Polyestern durch Mischpolykondensation (UG; Verallgemeinerung)
Beschreiben der ungesättigten Polyester als polymerisationsfähige Stoffe (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)

Verwendung von Polyestern 10 min

Erläutern der Verwendung von Polyestern aus Terephthalsäure und Glykol zur Erzeugung von pflegeleichten Textilien (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 24 und 112)
Beschreiben der Verwendung von ungesättigten Polyestern zur Herstellung von Plasten (UG; Zusammenfassung; s. S. 112)
Hinweisen auf die Möglichkeit einer Verarbeitung von Polyestern zu Polyurethanen (LV; Einführung)

19. Stunde: Polyäthylen

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Bindungsverhältnisse in den Makromolekülen des Polyäthylens
Weiterentwicklung von Fähigkeiten im Vergleichen der Bindungsverhältnisse in Molekülen gesättigter und ungesättigter organischer Verbindungen
Entwicklung von Überzeugungen von der Möglichkeit der Anwendung von Modellvorstellungen über die Atombindung auf Moleküle von makromolekularen Stoffen

Stundengliederung

Polyäthylen als Polymerisationsprodukt 20 min

Zusammenstellen von Stoffproben für Polyäthylenerzeugnisse (UG; Motivation)
Ermitteln von physikalischen Eigenschaften des Polyäthylens (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Entwickeln eines Überblicks über die Verwendung von Polyäthylen als Plast (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Feststellen von Äthen als Ausgangsstoff für die Herstellung von Polyäthylen (SSA; immanente Wiederholung)
Aufstellen der Reaktionsgleichung für die Polymerisation von Äthen zu Polyäthylen (SSA; immanente Wiederholung)
Zuordnen der Polymerisation von Äthen zur Addition (SSA; immanente Wiederholung)

Vergleich der Bindungsverhältnisse in Molekülen von Äthen und Polyäthylen 25 min

Aufstellen von Formeln für die Struktur von Molekülen des Äthens und Polyäthylens (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Feststellen der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung im Äthenmolekül (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Feststellen der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Einfachbindungen in Molekülen des Polyäthylens (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Vergleichen der Struktur von Äthen und Polyäthylen (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Zuordnen von Äthen und Polyäthylen zu gesättigten und ungesättigten organischen Verbindungen (SSA; Systematisierung)

Ableiten des trigonalen Zustands der Kohlenstoffatome im Äthenmolekül aus der Anzahl der gebundenen Atome (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ermitteln von sp^2-Hybridorbitalen der Kohlenstoffatome im Äthenmolekül (UG mit LB-Abb. 22, S. 30; immanente Wiederholung)
Erläutern der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung im Äthenmolekül als Kombination einer σ-Bindung und einer π-Bindung (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 114)
Ableiten des tetraedrischen Zustands der Kohlenstoffatome in Molekülen des Polyäthylens aus der Anzahl der gebundenen Atome (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ermitteln der sp^3-Hybridorbitale der Kohlenstoffatome in Molekülen des Polyäthylens (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Einfachbindung in Molekülen des Polyäthylens als σ-Bindung (UG; Systematisierung)
Vergleichen der Atombindungen zwischen den Kohlenstoffatomen in Molekülen von Äthen und Polyäthylen (UG; Systematisierung)

20. Stunde: Polyäthylen

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über den Ablauf der Polymerisation des Äthens
Weiterentwicklung der Fähigkeiten im Anwenden von Kenntnissen über den Ablauf von Additionsreaktionen des Äthens auf die radikalische Polymerisation von Äthen
Vertiefung der Überzeugung, daß vom Stoffumsatz als der Erscheinung der Polymerisation auf den Mechanismus der radikalischen Polymerisation als dem Wesen der Polymerisation geschlossen werden kann

Stundengliederung

Radikalische Polymerisation des Äthens 25 min

Mitteilen der Synthese von Chlorwasserstoff, der Chlorierung von Methan und der Polymerisation von Äthen als Beispiele für chemische Reaktionen, die in Startreaktion, Reaktionskette und Abbruchreaktion unterteilt werden können (LV; Motivation; s. S. 42)

Beschreiben der Startreaktion bei der Polymerisation des Äthens als Bildung von Radikalen (UG; Einführung)
Ermitteln von sp^2-Hybridorbitalen und p-Orbitalen von Kohlenstoffatomen in Radikalen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 114)
Erläutern der Reaktionskette als Folge von Reaktionen der Radikale mit Molekülen des Äthens (UG; Einführung)
Beschreiben der Abbruchreaktion als Folge der Durchdringung von p-Orbitalen der Kohlenstoffatome in Radikalen unter Bildung von σ-Bindungen (UG; Einführung)
Aufstellen von Reaktionsgleichungen für die Startreaktion, Reaktionskette und Abbruchreaktion bei der radikalischen Polymerisation von Äthen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Mitteilen der Möglichkeit einer Unterteilung der Polymerisation anderer ungesättigter organischer Verbindungen in Startreaktion, Reaktionskette und Abbruchreaktion (LV; Verallgemeinerung)

Technische Durchführung der Polymerisation von Äthen 20 min

Erläutern der Reaktionsbedingungen für das Auslösen der Startreaktion (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ermitteln des Zusammenhangs zwischen der Molekülgröße der Makromoleküle des Polyäthylens und den Reaktionsbedingungen bei der Polymerisation (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 113)
Erläutern der Wirkung von Initiatoren bei der Polymerisation (LV; Einführung)
Definieren des Begriffs "Polymerisationsgrad" (LV; Einführung)
Mitteilen von Möglichkeiten, die Abbruchreaktion zu verhindern (LV; Festigung erworbener Kenntnisse)

21. Stunde: Polyvinylchlorid

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Bindungsverhältnisse in den Makromolekülen des Polyvinylchlorids
Weiterentwicklung von Fähigkeiten im Vergleichen der Bindungsverhältnisse in Molekülen des Monochloräthens und des Polyvinylchlorids

Entwicklung von Überzeugungen von der Möglichkeit der Anwendung von Modellvorstellungen über die Bindungsverhältnisse in Molekülen organischer Verbindungen auf die Makromoleküle von Polymerisationsprodukten

Stundengliederung

Polyvinylchlorid als Polymerisationsprodukt 10 min

Zusammenstellen von Stoffproben für Erzeugnisse aus Polyvinylchlorid (UG; Motivation)
Feststellen von Monochloräthen als Ausgangsstoff für die Herstellung von Polyvinylchlorid (SSA; immanente Wiederholung)
Aufstellen der Reaktionsgleichung für die Polymerisation von Monochloräthen zu Polyvinylchlorid (SSA; immanente Wiederholung)

Vergleich der Bindungsverhältnisse in Molekülen von Monochloräthen und Polyvinylchlorid 20 min

Aufstellen von Formeln für die Struktur von Molekülen des Monochloräthens und des Polyvinylchlorids (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Vergleichen der Struktur der Moleküle von Monochloräthen und Polyvinylchlorid (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Zuordnen von Monochloräthen zu den ungesättigten organischen Verbindungen (SSA; Systematisierung)
Zuordnen von Polyvinylchlorid zu den gesättigten organischen Verbindungen (SSA; Systematisierung)
Ermitteln von sp^2-Hybridorbitalen der Kohlenstoffatome in Molekülen des Monochloräthens (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 114)
Erläutern der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung in Molekülen von Monochloräthen als Kombination einer σ-Bindung und einer π-Bindung (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ermitteln der sp^3-Hybridorbitale der Kohlenstoffatome in Makromolekülen des Polyvinylchlorids (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Einfachbindung in Makromolekülen des Polyvinylchlorids als σ-Bindung (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Vergleichen der Bindungsverhältnisse in Molekülen von Polyäthylen und Polyvinylchlorid 15 min

Aufstellen von Formelausschnitten für die Struktur der Moleküle von Polyäthylen und Polyvinylchlorid (SSA; immanente Wiederholung)
Feststellen von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Einfachbindungen in Molekülen des Polyäthylens und des Polyvinylchlorids (SSA; Systematisierung)
Zuordnen von Polyäthylen und Polyvinylchlorid zu den gesättigten organischen Stoffen (SSA; Systematisierung)
Erläutern von Unterschieden in der Struktur der Makromoleküle von Polyäthylen und Polyvinylchlorid (UG; Systematisierung)

22. Stunde: Polyvinylchlorid

Stundenziel

Systematisierung von Kenntnissen über die Herstellung und Verwendung von Polyvinylchlorid
Entwicklung von Fähigkeiten im Anwenden von Vorstellungen über die radikalische Polymerisation auf die Herstellung von Polyvinylchlorid
Vertiefung der Überzeugung von den schöpferischen Fähigkeiten des Menschen bei der zielgerichteten Nutzung von Gesetzmäßigkeiten chemischer Erscheinungen

Stundengliederung

Reaktionsbedingungen für die Polymerisation von Monochloräthen 15 min

Erläutern der Polymerisation von Monochloräthen als radikalische Polymerisation (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Unterscheiden von Startreaktion, Reaktionskette und Abbruchreaktion bei der Polymerisation von Monochloräthen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Aufstellen von Formeln für die Struktur von Radikalen verschiedener Kettenlänge (SSA; immanente Wiederholung)
Erläutern des Einsatzes von Katalysatoren bei der Polymerisation des Monochloräthens (LV; Einführung)
Mitteilen der Reaktionswärme bei der Polymerisation von Monochloräthen (LV; Einführung)
Nennen der Temperatur für die Durchführung der Polymerisation von Monochloräthen (LV; Einführung)

Erläutern des Zusammenhangs zwischen der Molekülgröße der Makromoleküle des Polyvinylchlorids und den Reaktionsbedingungen bei der Polymerisation (UG; Zusammenfassung; s. S. 21 und 22)

Überblick über die technische Durchführung der Polymerisation von Monochloräthen 15 min

Mitteilen des gasförmigen Aggregatzustands von Monochloräthen bei Zimmertemperatur (LV; Einführung)
Erörtern der Möglichkeit, eine Emulsion von Monochloräthen in Wasser herzustellen (UG; Einführung)
Begründen der Notwendigkeit einer katalytischen Beeinflussung der Polymerisation des Monochloräthens (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Beschreiben der Emulsionspolymerisation zur Herstellung von Polyvinylchlorid (LV; Einführung)
Erläutern des Polymerisationsgrades des technischen Produkts (LV; Einführung)

Eigenschaften und Weiterverarbeitung des Polyvinylchlorids 15 min

Beschreiben der Möglichkeiten zur Weiterverarbeitung des Polyvinylchlorids zu Hart-PVC und Weich-PVC (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 112)
Untersuchen der Eigenschaften von Hart-PVC und Weich-PVC beim Erhitzen und bei Einwirkung von Säuren und Basen (SE; Verifizierungsexperimente)
Erläutern der Anpassungsfähigkeit der Eigenschaften des Polyvinylchlorids an den Verwendungszweck (SSA mit LB-Übersicht 8, S. 94; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 112)
Nennen der Möglichkeiten einer Weiterverarbeitung des Polyvinylchlorids als Plast, Elast oder als Chemiefaserstoff (UG; Zusammenfassung; s. S. 42)

23. Stunde: Struktur der Makromoleküle von synthetischem Kautschuk

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Bindungsverhältnisse in den Molekülen von Butadien-(1,3) und Polybutadien

Entwicklung von Fähigkeiten im Vergleichen der Bindungsverhältnisse in Molekülen von Butadien-(1.3)und Polybutadien
Vertiefung der Überzeugung von der materiellen Einheit der Welt

Stundengliederung

Bindungsverhältnisse in Molekülen von Butadien-(1.3) 25 min

Aufstellen der Strukturformel von Butadien-(1.3) (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Beschreiben der Bindungsorbitale der Kohlenstoffatome des Butadienmoleküls als sp^2-Hybridorbitale und als 2p-Orbitale (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 114)
Vergleichen der Bindungsorbitale im Butadien- und Äthenmolekül (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ableiten der sp^2-sp^2-σ-Bindung zwischen den Kohlenstoffatomen im Butadienmolekül (SSA; Einführung)
Erläutern der Durchdringung der 2p-Orbitale im Butadienmolekül (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Beschreiben der räumlichen Anordnung der σ - und π-Bindungen im Butadienmolekül (UG mit LB-Abb. 49 und 50, S. 96 und 97, und Lichtbild R 698/19/20; Festigung erworbener Kenntnisse)
Zuordnen des Butadiens zu den ungesättigten organischen Verbindungen (UG; Zusammenfassung)

Bindungsverhältnisse in den Makromolekülen des Polybutadiens 10 min

Aufstellen einer Reaktionsgleichung für die Polymerisation von Butadien-(1.3) (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Entwickeln von Formelausschnitten für die Struktur der Makromoleküle des Polybutadiens (SSA; immanente Wiederholung)
Ableiten des tetraedrischen und trigonalen Zustands der Kohlenstoffatome im Makromolekül des Polybutadiens (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Zuordnen des Polybutadiens zu den ungesättigten organischen Verbindungen (UG; Zusammenfassung)

Vergleich der Bindungsverhältnisse in Molekülen von Butadien-(1.3) und Polybutadien 10 min

Vergleichen der Struktur der Moleküle von Butadien-(1.3) und Polybutadien (SSA; Systematisierung)

Vergleichen der Atombindungen zwischen den Kohlenstoffatomen in den Molekülen von Butadien-(1.3) und Polybutadien (UG; Systematisierung)

24. Stunde: Herstellung und Zusammensetzung von synthetischem Kautschuk

Stundenziel

Weiterentwicklung der Kenntnisse über die chemischen Eigenschaften von ungesättigten organischen Verbindungen
Befähigung zum Anwenden von Vorstellungen über die Addition auf die 1.2-Addition und 1.4-Addition von Butadien-(1.3)
Vertiefung der Überzeugung vom allgemeinen Zusammenhang zwischen den Reaktionsbedingungen und der Zusammensetzung der Reaktionsprodukte bei Polymerisationen

Stundengliederung

1.2-Addition und 1.4-Addition von Butadien-(1.3) 20 min

Aufstellen der Strukturformel für Butadien-(1.3) (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Bezeichnen der Bindungen zwischen den Kohlenstoffatomen im Molekül von Butadien-(1.3) als konjugierte Doppelbindung (LV; Einführung)
Erläutern der Möglichkeit einer 1.2-Addition oder einer 1.4-Addition bei Butadien-(1.3) (UG; Einführung)
Aufstellen von Reaktionsgleichungen unter Verwendung von Strukturformeln für die 1.2-Addition und die 1.4-Addition von Brom an Butadien-(1.3) (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Begründen der 1.4-Addition von Butadien-(1.3) aus den Bindungsverhältnissen im Molekül (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Aufstellen von Reaktionsgleichungen für die Polymerisation von Butadien-(1.3) als 1.2-Addition und als 1.4-Addition (UG; Einführung)
Zuordnen der Polymerisation von Butadien-(1.3) zur Addition (SSA; Systematisierung)

Struktur der Makromoleküle von Polybutadien 10 min

Feststellen von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen in den Molekülen des Polybutadiens (SSA; immanente Wiederholung)

Ableiten der Struktur der Makromoleküle von Polybutadien mit Verzweigungen in der Kette der Kohlenstoffatome (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der Anordnung der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen in der Hauptkette oder in der Seitenkette des Makromoleküls (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Aufstellen von verschiedenen Formelausschnitten für die Struktur der Makromoleküle von Polybutadien (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)

Mischpolymerisation von Butadien-(1.3) mit anderen ungesättigten Verbindungen (s. S. 113) 15 min

Beschreiben der Möglichkeit einer Beeinflussung der Struktur der Makromoleküle von Polybutadien durch Veränderung der Reaktionsbedingungen (UG; Einführung; s. S. 22)
Nennen von Styrol und Akrylnitril als zusätzliche Ausgangsstoffe zur Herstellung von synthetischem Kautschuk (UG; bereitstellende Wiederholung)
Erläutern der Struktur der Makromoleküle von Mischpolymerisaten (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Mitteilen von Plänen für den Einsatz von Äthen und Propen als mögliche Ausgangsstoffe zur Herstellung von Mischpolymerisaten (LV; Einführung) (10; S. 98)

25. Stunde: Naturkautschuk und synthetischer Kautschuk

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Verarbeitung von makromolekularen Stoffen zu Elasten
Entwicklung von Fähigkeiten im Vergleichen der Zusammensetzung von Naturkautschuk und synthetischem Kautschuk
Vertiefung von Überzeugungen über die zunehmende wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit der sozialistischen Staaten

Stundengliederung

Verarbeitung des Polymerisats zu Gummi 15 min

Mitteilen der Reaktionsbedingungen für die Polymerisation (UG; Einführung)

Entwickeln eines Überblicks über die Weiterverarbeitung des Polymerisats zu Gummi (UG; Einführung)
Erläutern der Veränderungen in der Struktur der Makromoleküle von Polymerisaten bei der Vulkanisation (SSA mit LB, S. 98; Einführung; s. S. 42)
Beschreiben der Verwendung von synthetischem Kautschuk als Elast (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)

Vergleich der Zusammensetzung von Naturkautschuk und synthetischem Kautschuk (s. S. 112) 15 min

Beschreiben des Vorkommens von Kautschuk in der Natur (SV; bereitstellende Wiederholung)
Erläutern des Naturkautschuks als Polymerisationsprodukt von Methylbutadien-(1.3) (UG; Einführung)
Aufstellen der Reaktionsgleichung für die Polymerisation von Methylbutadien-(1.3) (LK)
Ableiten der Struktur der Makromoleküle des Polymethylbutadiens (LK)
Mitteilen von Butadien-(1.3), Methylbutadien, Dimethylbutadien und Chlorbutadien als mögliche Ausgangsstoffe zur Herstellung von synthetischem Kautschuk (UG mit LB-Übersicht 9, S. 100; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen der Zusammensetzung von Naturkautschuk und verschiedener Typen von synthetischem Kautschuk (SSA; Systematisierung)

Entwicklung des Kombinats VEB Chemische Werke Buna 15 min

Zusammenstellen von Stoffproben für Erzeugnisse des Kombinats VEB Chemische Werke Buna (SSA; immanente Wiederholung)
Einschätzen des Kombinats VEB Chemische Werke Buna als wichtiger Produktionsbetrieb für Plaste und Elaste (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern von Kohle als Ausgangsstoff für die Herstellung von Plasten und Elasten (LV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Nennen von Polyvinylchlorid und synthetischem Kautschuk als Beispiele für Plaste und Elaste, die aus Produkten der Kohle hergestellt werden (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern von Produkten der Verarbeitung von Erdöl und Erdgas als mögliche Ausgangsstoffe zur Herstellung von Plasten und Elasten (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Mitteilen von Polyäthylen als Plast, der im Kombinat VEB Chemische Werke Buna und im Kombinat VEB Leuna-Werke "Walter Ulbricht" aus petrolchemischen Ausgangsstoffen hergestellt wird (LV; Einführung)
Würdigen der Steigerung der chemischen Produktion durch die zunehmende Verarbeitung von Petrolchemikalien (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 23)
Einschätzen der Entwicklung des VEB Erdölverarbeitungskombinat Böhlen zu einem petrolchemischen Zentrum (UG; Einführung)

26. Stunde: Zusammensetzung von Polyamiden

Stundenziel

Vermittlung von Kenntnissen über die Struktur der Makromoleküle von Polyamiden
Entwicklung von Fähigkeiten im Vergleichen der Struktur von Makromolekülen der Polyamide und anderer makromolekularer Stoffe
Vertiefung der Überzeugung von der materiellen Einheit der Welt

Stundengliederung

ε-Kaprolaktam als Ausgangsstoff zur Herstellung von Polyamiden — 15 min

Beschreiben der Polyamide als stickstoffhaltige makromolekulare Stoffe (UG; bereitstellende Wiederholung)
Ableiten der Möglichkeit der Herstellung von Polyamiden aus verschiedenen stickstoffhaltigen organischen Stoffen (LV; Einführung)
Mitteilen von ε-Kaprolaktam als ein möglicher Ausgangsstoff zur Herstellung von Polyamiden (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Zuordnen des ε-Kaprolaktams zu den Derivaten der 6-Aminohexansäure (UG; Einführung)
Ableiten der Strukturformel für ε-Kaprolaktam (UG; immanente Wiederholung)

Herstellung von Polykaprolaktam aus ε-Kaprolaktam — 20 min

Erläutern der Notwendigkeit, ε-Kaprolaktam mit ringförmigen Molekülen in makromolekulare Stoffe mit kettenförmigen Molekülen umzuwandeln (LV; Motivation)

Beschreiben der Bildung von ε-Aminohexansäure aus ε-Kaprolaktam durch Wasseranlagerung (UG mit LB, S. 101; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der Kondensation von 6-Aminohexansäure (UG mit LB, S. 102; Festigung erworbener Kenntnisse)
Aufstellen von Formelausschnitten für die Struktur der Makromoleküle von Polyamiden (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Feststellen der Peptidgruppe in den Makromolekülen des Polyamids (SSA; Zusammenfassung)

Vergleich der Struktur von Molekülen des ε-Kaprolaktams und des Polykaprolaktams 10 min

Ermitteln von Peptidgruppen in Molekülen von ε-Kaprolaktam und Polykaprolaktam (SSA; zusammenfassende Wiederholung)
Feststellen von Unterschieden in der ringförmigen oder kettenförmigen Anordnung der Atome in den Molekülen (SSA; zusammenfassende Wiederholung)
Zuordnen von ε-Kaprolaktam und Polykaprolaktam zu den stickstoffhaltigen organischen Verbindungen (SSA; zusammenfassende Wiederholung)

27. Stunde: Polyamide als Plaste und Chemiefaserstoffe

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über die Verarbeitung des Polykaprolaktams zu Plasten und Chemiefaserstoffen
Entwicklung von Fähigkeiten im Vergleichen der Struktur von Makromolekülen verschiedener makromolekularer Stoffe
Vertiefung der Überzeugung vom allgemeinen Zusammenhang zwischen der Form der Makromoleküle und den Eigenschaften des makromolekularen Stoffes

Stundengliederung

Entwicklung der Produktion von Polykaprolaktam 15 min

Erläutern der Reaktionsbedingungen für die technische Durchführung der Herstellung von Polykaprolaktam aus ε-Kaprolaktam (UG; Einführung)

Einschätzen der Steigerung der Produktion von Polykaprolaktam durch die neuen Produktionsanlagen im Werkteil II des Kombinats VEB Leuna-Werke "Walter Ulbricht" und im Chemiefaserkombinat Wilhelm-Pieck-Stadt Guben (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Würdigen der Wirtschaftspolitik unseres sozialistischen Staates (UG; Vertiefung erworbener Überzeugungen)

Weiterverarbeitung des Polykaprolaktams 15 min

Erläutern des Prinzips vom Schmelzspinnverfahren (LV mit LB, S. 102; Einführung)
Begründen der Notwendigkeit einer Kombination der Entstehung des makromolekularen Stoffes mit dem Verspinnen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Untersuchen der Eigenschaften von Polyamiden beim Erwärmen (SE; Verifizierungsexperiment)
Prüfen der Spinnfähigkeit der Polyamidschmelze (SE; Verifizierungsexperiment)
Entwickeln eines Überblicks über die Weiterverarbeitung des Polykaprolaktams zu Plasten und Chemiefaserstoffen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 112)
Begründen der Möglichkeit einer Verarbeitung des Polykaprolaktams zu Chemiefaserstoffen aus der Form der Makromoleküle (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Ableiten der Eigenschaften von Polykaprolaktam (UG; immanente Wiederholung)

Vergleich der Struktur der Makromoleküle und der Eigenschaften von Polykaprolaktam und anderen makromolekularen Stoffen 15 min

Erläutern der Kette von Kohlenstoffatomen in den Makromolekülen von Polyvinylchlorid, Polyäthylen und Polybutadien (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Feststellen von Peptidgruppen in der Kette des Makromoleküls von Polykaprolaktam (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen der Molekülform der Makromoleküle in Polyamiden, Polyvinylchlorid, Polyäthylen und Polybutadien (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Gegenüberstellen von Eigenschaften von Polykaprolaktam und von Eigenschaften anderer Chemiefaserstoffe (UG; Systematisierung)

28. Stunde: Vergleich von halbsynthetischen und vollsynthetischen Chemiefaserstoffen

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über die Zusammensetzung von halbsynthetischen und vollsynthetischen Chemiefaserstoffen
Entwicklung von Fähigkeiten im Vergleichen der Struktur von Makromolekülen verschiedener Chemiefaserstoffe
Vertiefung der Überzeugung von der Notwendigkeit einer zielgerichteten Forschung zur ständigen Verbesserung der Rohstoffgrundlage für die Textilindustrie

Stundengliederung

Zusammensetzung von halbsynthetischen Chemiefaserstoffen 20 min

Zusammenstellen von Stoffproben für Naturfaserstoffe und Chemiefaserstoffe (SSA; bereitstellende Wiederholung)
Gliedern der Chemiefaserstoffe in halbsynthetische und vollsynthetische Chemiefaserstoffe (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 112)
Beschreiben der natürlichen makromolekularen Stoffe als Ausgangsstoffe zur Herstellung von halbsynthetischen Chemiefaserstoffen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern von Zellulosefaserstoffen als Beispiele für halbsynthetische Chemiefaserstoffe (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 112)
Entwickeln eines Überblicks über Ausgangsstoffe und Zusammensetzung von Zellulosefaserstoffen (UG; Systematisierung)

Zusammensetzung von vollsynthetischen Chemiefaserstoffen 25 min

Erläutern von synthetischen makromolekularen Stoffen als Ausgangsstoffe für die Herstellung von vollsynthetischen Chemiefaserstoffen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Gegenüberstellen der Zusammensetzung von Polyvinylchlorid-, Polyester-, Polyamid- und Polyakrylnitrilfaserstoffen (SSA; Systematisierung)
Ermitteln von Handelsnamen für Chemiefaserstoffe in der Deutschen Demokratischen Republik und von Symbolen der Textilindustrie (SSA mit LB-Übersicht 10, S. 103; Festigung erworbener Kenntnisse)

Vergleichen der Eigenschaften von halbsynthetischen und vollsynthetischen Chemiefaserstoffen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Entwickeln eines Überblicks über die Zusammensetzung von Naturfaserstoffen (LV; Einführung)
Begründen der Notwendigkeit einer zunehmenden Verarbeitung von vollsynthetischen Chemiefaserstoffen gegenüber Naturfaserstoffen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Hinweisen auf eine mögliche Verarbeitung von Glasfaserstoffen in der Textilindustrie (LV; Einführung)

29. Stunde: Rohstoffgrundlage für die Herstellung von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über verschiedene Rohstoffe zur Herstellung von synthetischen makromolekularen Stoffen
Entwicklung von Fähigkeiten im Vergleichen von Verfahren zur Herstellung von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen aus Produkten der Kohle oder des Erdöls
Entwicklung von Überzeugungen von der Notwendigkeit einer Erweiterung der Rohstoffgrundlage für die chemische Industrie

Stundengliederung

Rohstoffe zur Herstellung von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen 15 min

Erläutern des wachsenden Bedarfs an Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen (UG; bereitstellende Wiederholung)
Ableiten der Möglichkeiten zur Herstellung makromolekularer Stoffe entweder durch Umwandlung natürlicher makromolekularer Stoffe oder durch Synthese aus niedrigmolekularen Stoffen (SSA; Systematisierung)
Beschreiben von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen als vorwiegend synthetische makromolekulare Stoffe (SSA; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern von Kohle und Erdöl als Rohstoffe zur Herstellung synthetischer makromolekularer Stoffe (UG; Systematisierung)

Vergleichen der chemischen Zusammensetzung von Kohle und Erdöl (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Mitteilen von Erdgas als Rohstoff für die chemische Industrie (LV; Einführung)

Ausgangsstoffe für die Herstellung von Polyvinylchlorid und Polyäthylen 20 min

Nennen von Polyvinylchlorid als Beispiel für synthetische makromolekulare Stoffe, die aus Produkten der Kohle hergestellt werden (UG; bereitstellende Wiederholung)
Entwickeln eines Überblicks über die Zwischenprodukte bei der Herstellung von Polyvinylchlorid aus Kohle, Kalkstein, Kochsalz und Wasser (LV; Festigung erworbener Kenntnisse)
Feststellen von Kalziumkarbid als wichtiges Zwischenprodukt bei der Herstellung von Polyvinylchlorid (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Nennen von Polyäthylen als Beispiel für synthetische makromolekulare Stoffe, die aus Produkten des Erdöls hergestellt werden (UG; immanente Wiederholung)
Erläutern der Herstellung von Polyäthylen durch Dehydrierung von Alkanen des Erdöls (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Vergleichen des Energieaufwandes bei der Herstellung von Polyvinylchlorid beziehungsweise Polyäthylen aus Produkten der Kohle beziehungsweise aus petrolchemischen Ausgangsstoffen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Anteil von Kohle und Erdöl als Rohstoff für die Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen in der Deutschen Demokratischen Republik 10 min

Mitteilen des Anteils von Kohle als Rohstoff für die Produktion von organischen Stoffen in den Jahren 1965 und 1970 (LV; Einführung)
Nennen des geplanten Anteils von Kohle als Rohstoff für die Produktion von organischen Stoffen im Jahre 1975 (LV; Einführung)
Vergleichen der Produktion von Rohbraunkohle mit dem Import von Erdöl (SSA mit Projektionsfolie, S. 36; Systematisierung; s. S. 42)

30. Stunde: Entwicklung der Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen in der Deutschen Demokratischen Republik

Stundenziel

Systematisierung der Kenntnisse über die Chemisierung der Volkswirtschaft
Weiterentwicklung von Fähigkeiten im Einordnen von chemischen Sachverhalten in ökonomische und politische Zusammenhänge
Vertiefung der Überzeugungen von den Vorzügen der sozialistischen ökonomischen Integration der sozialistischen Staaten bei der Steigerung der Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen

Stundengliederung

Anwendung von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen in verschiedenen Bereichen der Volkswirtschaft in der Deutschen Demokratischen Republik 15 min

Begründen der Aufgaben der chemischen Industrie bei der zunehmenden Bereitstellung von Werkstoffen für die Volkswirtschaft (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der fortschreitenden Chemisierung der verschiedenen Bereiche der Volkswirtschaft (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 25)
Mitteilen der Verdoppelung der Weltproduktion an Plasten etwa alle 5 Jahre (LV; Einführung)
Erläutern der Notwendigkeit einer Steigerung der Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen in der Deutschen Demokratischen Republik (UG; Zusammenfassung)

Steigerung der Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen 15 min

Mitteilen der geplanten Steigerung der Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen in der Deutschen Demokratischen Republik (LV; Einführung; s. S. 23)
Erläutern der Spezialisierung der Produktion auf solche Plaste, Elaste und Chemiefaserstoffe, die den Produktionsbedingungen in der Deutschen Demokratischen Republik entsprechen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)

Mitteilen der geplanten Steigerung der Produktion von Polyesterfaserstoffen als ein Schwerpunkt bei der weiteren Entwicklung der chemischen Industrie in der Deutschen Demokratischen Republik (UG; Einführung)
Erläutern der Veränderung der Werkstoffgrundlage für die Textilindustrie durch die Bereitstellung von Chemiefaserstoffen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Begründen der Steigerung der Produktion von vollsynthetischen Chemiefaserstoffen aus den Aufgaben der Volkswirtschaft (SSA; immanente Wiederholung)
Mitteilen der geplanten Steigerung der Produktion von Polyäthylen (UG; Einführung)
Begründen der vorrangigen Entwicklung von Verfahren zur Herstellung von synthetischen makromolekularen Stoffen, die mit Produkten der Erdölverarbeitung durchgeführt werden (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Entwickeln der Einsicht, daß die weitere Entwicklung der chemischen Industrie durch intensive Nutzung der vorhandenen Produktionsanlagen zur Herstellung von Kalziumkarbid verläuft, die Steigerung der chemischen Produktion aber vorwiegend durch den verstärkten Einsatz von Erdöl- und Erdgasprodukten erfolgt (UG mit Projektionsfolie, S. 36; Zusammenfassung)

Sozialistische internationale Arbeitsteilung der sozialistischen Staaten bei der Entwicklung der Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen 15 min

Mitteilen wichtiger Vereinbarungen im Komplexprogramm für die weitere Vertiefung und Vervollkommnung der Zusammenarbeit und Entwicklung der sozialistischen ökonomischen Integration der Mitgliedsländer des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe (LV; Einführung)
Erläutern der Kooperation der sozialistischen Staaten bei der Forschung und Produktion von Plasten, Elasten und Chemiefaserstoffen (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Nennen der internationalen Industriezweigorganisation "Interchim" als Beispiel für die Zusammenarbeit der sozialistischen Staaten bei der Produktion von chemischen Erzeugnissen (LV; Einführung; s. S. 25)

Einschätzen der Vorteile von Rohrleitungen für Rohstoffe und Zwischenprodukte für die chemische Industrie zwischen den sozialistischen Staaten (UG; Festigung erworbener Kenntnisse; s. S. 24)
Werten der Möglichkeiten zur Steigerung der chemischen Produktion durch Erdgaslieferungen aus der Sowjetunion durch die Erdgas-Transitleitung "Nordlicht" (UG; Festigung erworbener Kenntnisse)
Erläutern der Vorzüge der sozialistischen ökonomischen Integration der sozialistischen Staaten in der materiellen Produktion, in Wissenschaft und Technik (UG; Zusammenfassung s. S. 42)

6. Literatur

(1) Allgemeinbildung, Lehrplanwerk, Unterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1972.

(2) Keil, G.: Probleme der Chemisierung unserer Volkswirtschaft. Wissenschaft und Fortschritt 21 (1971), Heft 9, S. 387.

(3) Dokumente des VIII. Parteitages der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands. Dietz Verlag, Berlin 1971.

(4) Der Fünfjahrplan dient dem Wohle der Arbeiterklasse und des ganzen Volkes. Materialien der 3. Tagung der Volkskammer der DDR vom 20. Dezember 1971, Abteilung Presse und Information des Staatsrates der Deutschen Demokratischen Republik, Heft 2/1972.

(5) Aufgabenstellung des Ministeriums für Volksbildung und des Zentralrates der FDJ zur weiteren Entwicklung der staatsbürgerlichen Erziehung der Schuljugend der DDR. Verfügungen und Mitteilungen des Ministeriums für Volksbildung und des Staatlichen Amtes für Berufsausbildung Nr. 10/1969.

(6) Offener Brief des Kollegiums des Ministeriums für Volksbildung an alle Pädagogen der Deutschen Demokratischen Republik. Deutsche Lehrerzeitung Nr. 41/71, S. 3.

(7) Honecker, E.: Bericht des Zentralkomitees an den VIII. Parteitag der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands. Dietz Verlag, Berlin 1971, S. 43.

(8) Einführung in den dialektischen und historischen Materialismus. Lehrbuch für Staatsbürgerkunde, Klassen 11 und 12, Dietz Verlag, Berlin 1971.

(9) Statistisches Jahrbuch der Deutschen Demokratischen Republik 1971, 16. Jahrgang, Staatsverlag der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1971.

(10) Dokumente RGW. Über die Vertiefung und Vervollkommnung der Zusammenarbeit und Entwicklung der sozialistischen ökonomischen Integration. Staatsverlag der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1971.

(11) Weck, H.: Selbständiges Problemerkennen und Problemlösen. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.

(12) Methodische Beiträge zum Unterricht im Fach Chemie, Heft 17: Quantitative Demonstrationsexperimente. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1969.

(13) Lehrplanwerk und Unterrichtsgestaltung. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1969.

(14) Klingberg, L., Müller, M. und Uebel, W.: Zu einigen Fragen der methodischen Gestaltung des Unterrichts in der Abiturstufe. Pädagogik, 3. Beiheft 1971.

(15) Franke, W.: Die Entwicklung von Projektionsfolien zum Polylux und deren Einsatz im Chemieunterricht. Chemie in der Schule 18 (1971), Heft 10, S. 393.

(16) Cotton, F. A., und Wilkinson, G.: Anorganische Chemie. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1967.

(17) Hauptmann, S.: Über den Ablauf organisch-chemischer Reaktionen. Wissenschaftliche Taschenbücher, Band 8, Akademie-Verlag Berlin, Pergamon Press Oxford, Vieweg & Sohn Braunschweig, 1970.

(18) Beyer, H.: Lehrbuch der organischen Chemie. 15./16. Auflage, S. Hirzel Verlag, Leipzig 1968.

(19) Reiche, H.: Zur quantitativen Elementaranalyse von Methanol. Chemie in der Schule 15 (1968), Heft 10, S. 443.

(20) Organikum. Organisch-chemisches Grundpraktikum. 6. Auflage, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1967.

(21) Erdey-Gruz, T.: Grundlagen der Struktur der Materie. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1967.