



Friedrich-Ebert-Gymnasium, Bonn



Gymnasium der Stadt Bonn mit internationalem Profil

Bilingual deutsch-französischer Bildungsgang und bilingual deutsch-englische Bildungswege

IB Chemistry at Friedrich-Ebert-Gymnasium in Bonn

Teacher: Dr. Nils Helge Schlieben

German Chemistry curriculum - including IB Chemistry curriculum

The IB Chemistry curriculum is combined with the national curriculum and the respective course types Grundkurs (basic course, 3 hours) or Leistungskurs (intensified course, 5 hours). The IB candidates are taught 2 additional hours in a special IB chemistry course. In total, the IB candidates are taught 5 (Grundkurs) to 7 (Leistungskurs) hours per week in year 1 (Q1) and year 2 (Q2).

The special IB course in year 1 (Q1) focus on experimental skills in chemistry, the IB course in year 2 (Q2) focus on exam preparation and covers the IB Chemistry topics, which are not part of the national curriculum for chemistry of north rhine-westphalia (NRW).

In NRW, all chemistry students start with an introductory basic course (3 hours) in the first year (EF) of the 3 years lasting Oberstufe (EF, Q1, Q2). In this pre-DP phase basics of chemistry knowledge is laid, which is repeated and expanded in den following two years.

The following table contains the internal school curriculum for chemistry, which is derived from the federal state curriculum for chemistry in NRW (Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Chemie, 2022, Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf) and the IB Chemistry guide (Diploma Programme, Chemistry guide, IB Organization, Cardiff, Wales, UK, 2023).

- Topics of the Grundkurs and IB SL are marked in black.
- Topics of the **Leistungskurs** are marked in **green** and topics of IB **HL** are marked in **red**.

Links to experimental skills, TOK and CAS:

- Possible **experimental skills** are marked in **purple**.
- Possible **TOK** areas of interest are marked in **blue**.
- Opportunities for **CAS** activities are marked in **brown**.

Einführungsphase (EF): Organische Stoffklassen	S 2.2: The covalent model S 3.2: Functional groups
Einführungsphase (EF): Reaktionsgeschwindigkeit & chemisches Gleichgewicht	R 2.2: The rate of chemical change R 2.3: The extend of chemical change
Qualifikationsphase (Q1): Säuren, Basen & analytische Verfahren	R 1.1: Measuring enthalpy changes R 3.1: Proton transfer reactions S 2.1: The ionic model
Qualifikationsphase (Q1): Elektrochemische Prozesse & Energetik	R 3.2: Electron transfer reactions S 2.3: The metallic model R 1.2: Energy cycles in reactions R 1.3 Energy from fuels R 1.4: Entropy and spontaneity
Qualifikationsphase (Q2): Reaktionswege in der organischen Chemie	R 3.3: Electron sharing reactions R 3.4: Electron-pair sharing reactions S 2.2: The covalent model S 3.2: Functional groups
Qualifikationsphase (Q2): Moderne Werkstoffe	S 2.4: From models to materials S 1.1: Introduction to the particulate nature of matter S 1.2 The nuclear atom S 1.3: Electron configurations S 1.4: Counting particles by mass: The mole S 1.5: Ideal gases S 2.4: From models to materials S 3.1: The periodic table R 2.1: How much? The amount of chemical changes

The group 4 project

Contribution to the development of international mindedness

Contribution to the development of the IB learner profile

Unterrichtsvorhaben I: Die Anwendungsvielfalt der Alkohole Inhaltsfeld Organische Stoffklassen Zeitbedarf: ca. 30 Stunden à 45 mi•n		Structure 2.2: The covalent model Structure 3.2: Functional groups
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen</i> & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
<p><i>Kann Trinkalkohol gleichzeitig Gefahrstoff und Genussmittel sein?</i></p> <p><i>Alkohol(e) auch in Kosmetikartikeln?</i></p> <p>Inhaltsfeld Organische Stoffklassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • funktionelle Gruppen verschiedener Stoffklassen und ihre Nachweise: Hydroxygruppe, Carbonylgruppe und Carboxygruppe • Eigenschaften ausgewählter Stoffklassen: Löslichkeit, Schmelztemperatur, Siedetemperatur • Elektronenpaarbindung: Einfach- und Mehrfachbindungen, Molekülgeometrie (EPA-Modell) • Konstitutionsisomerie • intermolekulare Wechselwirkungen • Oxidationsreihe der Alkanole: Oxidationszahlen 	<ul style="list-style-type: none"> • ordnen organische Verbindungen aufgrund ihrer funktionellen Gruppen in Stoffklassen ein und benennen diese nach systematischer Nomenklatur (S1, S6, S11), • erläutern intermolekulare Wechselwirkungen organischer Verbindungen und erklären ausgewählte Eigenschaften sowie die Verwendung organischer Stoffe auf dieser Grundlage (S2, S13, E7), • erläutern das Donator-Akzeptor-Prinzip unter Verwendung der Oxidationszahlen am Beispiel der Oxidationsreihe der Alkanole (S4, S12, S14, S16), • stellen Isomere von Alkanolen dar und erklären die Konstitutionsisomerie (S11, E7), • stellen auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge die Molekülgeometrie von Kohlenstoffverbindungen dar und erklären die Molekülgeometrie mithilfe des EPA-Modells (E7, S13), • deuten die Beobachtungen von Experimenten zur Oxidationsreihe der Alkanole und weisen die jeweiligen Produkte nach (E2, E5, S14), • stellen Hypothesen zu Struktureigenschaftsbeziehungen einer ausgewählten Stoffklasse auf und untersuchen diese experimentell (E3, E4), • beurteilen die Auswirkungen der Aufnahme von Ethanol hinsichtlich oxidativer Abbauprozesse im menschlichen Körper unter Aspekten der Gesunderhaltung (B6, B7, E1, E11, K6), 	<p>2.2.1 – 2.2.10 The covalent model</p> <ul style="list-style-type: none"> • Covalent bond • Octet rule • Lewis formulas • Single, double and triple bonds • Coordination bond • VSEPR model • Bond polarity • Molecular polarity • Partial charges • Allotropes • Intermolecular forces: London, dipole-induced dipole, dipole-dipole, hydrogen bonding • Chromatography, retardation factor R_f <p>3.2.1 – 3.2.6 Functional groups</p> <ul style="list-style-type: none"> • Molecular, skeletal, stereochemical, structural formulas • Functional groups: halogeno, hydroxyl, carbonyl, carboxyl, alkoxy, amino, amido, ester, phenyl • Homologous series: alkanes, alkenes, alkynes, halogenoalkanes, alcohols, aldehydes; ketones, carboxylic acids, ethers, amines, amides, esters • IUPAC nomenclature • Structural isomers <p>Skills: Extraction and thin-layer-chromatography of different leaf pigments</p> <p>Skills: Isolation of DNA</p>

• beurteilen die Verwendung von Lösemitteln in Produkten des Alltags auch im Hinblick auf die Entsorgung aus chemischer und ökologischer Perspektive (B1, B7, B8, B11, B14, S2, S10, E11).

Skills: Construction of 3D models of organic molecules using ChemSketch

TOK: How many exceptions have to exist for a rule to cease to be useful?

TOK: Do rules have an expiry date?

TOK: What is the role of context in the choice and interpretation of language?

TOK: What types of information storage systems exist in the natural world, in science and in other areas of knowledge?

CAS: Drawing of biological material

Unterrichtsvorhaben III: Aroma- und Zusatzstoffe in Lebensmitteln Inhaltsfeld Organische Stoffklassen Inhaltsfeld Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht Zeitbedarf: ca. 16 Stunden à 45 min		Reactivity 2.3: How far? The extend of chemical change
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</i>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
<p><i>Fußnoten in der Speisekarte – Was verbirgt sich hinter den sogenannten E-Nummern?</i></p> <p><i>Fruchtiger Duft im Industriegebiet – Wenn mehr Frucht benötigt wird als angebaut werden kann</i></p> <p>Inhaltsfeld Organische Stoffklassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • funktionelle Gruppen verschiedener Stoffklassen: Estergruppe • Eigenschaften ausgewählter Stoffklassen: Löslichkeit, Schmelztemperatur, Siedetemperatur • intermolekulare Wechselwirkungen • Estersynthese <p>Inhaltsfeld Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gleichgewichtsreaktionen: Prinzip von Le Chatelier, Massenwirkungsgesetz (K_c) • Steuerung chemischer Reaktionen: Oberfläche, Konzentration, Temperatur und Druck 	<ul style="list-style-type: none"> • ordnen organische Verbindungen aufgrund ihrer funktionellen Gruppen in Stoffklassen ein und benennen diese nach systematischer Nomenklatur (S1, S6, S11), • erläutern intermolekulare Wechselwirkungen organischer Verbindungen und erklären ausgewählte Eigenschaften sowie die Verwendung organischer Stoffe auf dieser Grundlage (S2, S13, E7), • führen Estersynthesen durch und leiten aus Stoffeigenschaften der erhaltenen Produkte Hypothesen zum strukturellen Aufbau der Estergruppe ab (E3, E5), • diskutieren den Einsatz von Konservierungs- und Aromastoffen in der Lebensmittelindustrie aus gesundheitlicher und ökonomischer Perspektive und leiten entsprechende Handlungsoptionen zu deren Konsum ab (B5, B9, B10, K5, K8, K13), • beschreiben die Merkmale eines chemischen Gleichgewichtes anhand ausgewählter Reaktionen (S7, S15, K10), • bestimmen rechnerisch Gleichgewichtslagen ausgewählter Reaktionen mithilfe des Massenwirkungsgesetzes und interpretieren diese (S7, S8, S17), 	<p>2.3.1 – 2.3.4 How far? The extend of chemical change</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dynamic equilibrium • Equilibrium law and equilibrium constant K • Le Chatelier’s principle <p>2.3.5 – 2.3.7 How fast? The rate of chemical change</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaction quotient Q • Quantifying the composition of a mixture • Equilibrium constant and Gibbs energy change • $\Delta G^0 = -RT \cdot \ln K$ <p>TOK: Is science value-free?</p>

- | | | |
|--|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• simulieren den chemischen Gleichgewichtszustand als dynamisches Gleichgewicht auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge (E6, E9, S15, K10).• erklären anhand ausgewählter Reaktionen die Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts nach dem Prinzip von Le Chatelier auch im Zusammenhang mit einem technischen Verfahren (S8, S15, K10), | |
|--|---|--|

Unterrichtsvorhaben II: Säuren contra Kalk Inhaltsfeld Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht Zeitbedarf: ca. 14 Stunden à 45 min		Reactivity 2.2: How fast? The rate of chemical change
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</i>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
<p>Wie kann ein Wasserkocher möglichst schnell entkalkt werden?</p> <p>Wie lässt sich die Reaktionsgeschwindigkeit bestimmen und beeinflussen?</p> <p>Inhaltsfeld Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktionskinetik: Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit • Katalyse 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären den Einfluss eines Katalysators auf die Reaktionsgeschwindigkeit auch anhand grafischer Darstellungen (S3, S8, S9), • überprüfen aufgestellte Hypothesen zum Einfluss verschiedener Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit durch Untersuchungen des zeitlichen Ablaufs einer chemischen Reaktion (E3, E4, E10, S9), • definieren die Durchschnittsgeschwindigkeit chemischer Reaktionen und ermitteln diese grafisch aus experimentellen Daten (E5, K7, K9), • stellen den zeitlichen Ablauf chemischer Reaktionen auf molekularer Ebene mithilfe der Stoßtheorie auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge dar und deuten die Ergebnisse (E6, E7, E8, K11). 	<p>2.2.1 – 2.2.5 How fast? The rate of chemical change</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determination of rate of reaction • Collision theory • Activation energy • Maxwell-Boltzmann energy distribution • Energy profiles • Factors that influence the rate of reaction • Catalysts <p>2.2.6 – 2.2.13 How fast? The rate of chemical change</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rate-determining step • Intermediates and transition states • Molecularity • Rate equations • Order of a reaction • Rate constant k • Arrhenius equation, Arrhenius factor A <p>Skills: Investigation of rate of reaction between Mg and HCl</p> <p>TOK: How are abstract concepts used in science to benefit real life applications?</p> <p>TOK: To what extent are some things unknowable?</p> <p>CAS: Cooking and baking</p>

Unterrichtsvorhaben IV: Kohlenstoffkreislauf und Klima Inhaltsfeld Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht Zeitbedarf: ca. 20 Stunden à 45 min		
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</i>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
<p><i>Welche Auswirkungen hat ein Anstieg der Emission an Kohlenstoffdioxid auf die Versauerung der Meere?</i></p> <p><i>Welchen Beitrag kann die chemische Industrie durch die Produktion eines synthetischen Kraftstoffes zur Bewältigung der Klimakrise leisten?</i></p> <p>Inhaltsfeld Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gleichgewichtsreaktionen: Prinzip von Le Chatelier • natürlicher Stoffkreislauf • technisches Verfahren • Steuerung chemischer Reaktionen: Oberfläche, Konzentration, Temperatur und Druck • Katalyse 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären den Einfluss eines Katalysators auf die Reaktionsgeschwindigkeit auch anhand grafischer Darstellungen (S3, S8, S9), • beschreiben die Merkmale eines chemischen Gleichgewichtes anhand ausgewählter Reaktionen (S7, S15, K10), • erklären anhand ausgewählter Reaktionen die Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts nach dem Prinzip von Le Chatelier auch im Zusammenhang mit einem technischen Verfahren (S8, S15, K10), • beurteilen den ökologischen wie ökonomischen Nutzen und die Grenzen der Beeinflussbarkeit chemischer Gleichgewichtslagen in einem technischen Verfahren (B3, B10, B12, E12), • analysieren und beurteilen im Zusammenhang mit der jeweiligen Intention der Urheberschaft verschiedene Quellen und Darstellungsformen zu den Folgen anthropogener Einflüsse in einem natürlichen Stoffkreislauf (B2, B4, S5, K1, K2, K3, K4, K12), • bewerten die Folgen eines Eingriffs in einen Stoffkreislauf mit Blick auf Gleichgewichtsprozesse in aktuell-gesellschaftlichen Zusammenhängen (B12, B13, B14, S5, E12, K13). 	

Unterrichtsvorhaben I: Saure und basische Reiniger Inhaltsfeld Säuren, Basen und analytische Verfahren Zeitbedarf: ca. 32 / 40 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		Reactivity 1.1: Measuring enthalpy changes Reactivity 3.1: Proton transfer reactions
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</i>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
<p><i>Welche Wirkung haben Säuren und Basen in sauren und basischen Reinigern?</i></p> <p><i>Wie lässt sich die unterschiedliche Reaktionsgeschwindigkeit der Reaktionen Essigsäure mit Kalk und Salzsäure mit Kalk erklären?</i></p> <p><i>Wie lässt sich die Säure- bzw. Basenkonzentration bestimmen?</i></p> <p><i>Wie lassen sich die Konzentrationen von starken und schwachen Säuren und Basen in sauren und alkalischen Reinigern bestimmen?</i></p> <p><i>Wie lassen sich saure und alkalische Lösungen entsorgen?</i></p> <p>Inhaltsfeld Säuren, Basen und analytische Verfahren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protolysereaktionen: Säure-Base-Konzept nach Brønsted, Säure-/Base-Konstanten (K_s, pK_s, K_B, pK_B), Reaktionsgeschwindigkeit, chemisches Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz (K_c), pH-Wert-Berechnungen wässriger Lösungen von (starken) Säuren und (starken) Basen, Puffersystemen • analytische Verfahren: Säure-Base-Titrationen von starken Säuren und starken Basen (mit 	<ul style="list-style-type: none"> • klassifizieren die auch in Alltagsprodukten identifizierten Säuren und Basen mithilfe des Säure-Base-Konzepts von Brønsted und erläutern ihr Reaktionsverhalten unter Berücksichtigung von Protolysegleichungen (S1, S6, S7, S16, K6), • erläutern die unterschiedlichen Reaktionsgeschwindigkeiten von starken und schwachen Säuren mit unedlen Metallen oder Salzen anhand der Protolysereaktionen (S3, S7, S16), • leiten die Säure-/Base-Konstante und den pK_s/pK_B-Wert von Säuren und Basen mithilfe des Massenwirkungsgesetzes ab und berechnen diese (S7, S17), • interpretieren die Gleichgewichtslage von Protolysereaktionen mithilfe des Massenwirkungsgesetzes und die daraus resultierenden Säure-/Base-Konstanten (S2, S7), • berechnen pH-Werte wässriger Lösungen von Säuren und Basen bei vollständiger Protolyse (S17), • berechnen pH-Werte wässriger Lösungen von Säuren und Basen auch bei nicht vollständiger Protolyse (S17), • erläutern die Wirkung eines Puffersystems auf Grundlage seiner Zusammensetzung (S2, S7, S16), • berechnen den pH-Wert von Puffersystemen anhand der Henderson-Hasselbalch-Gleichung (S17), • definieren den Begriff der Reaktionsenthalpie und 	<p>3.1.1 – 3.1.8 Proton transfer reactions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brønsted-Lowry acids and bases • Proton donor and proton acceptor • Conjugate acid-base pair • pH scale • Ionic product of water • Strong and weak acids and bases • Neutralization reactions <p>3.1.9 – 3.1.17 Proton transfer reactions</p> <ul style="list-style-type: none"> • pOH scale • Strengths of weak acids and bases • K_a, K_b, pK_a, pK_b • pH of a salt solution • Acid-base indicators • Titration with endpoint • Buffer solution <p>1.1.1 – 1.1.8 Measuring enthalpy changes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Endothermic and exothermic reactions • Energy profiles • Standard enthalpy change ΔH^0 • heat capacity / $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ • $\Delta H = -Q/n$ • Calorimetry <p>Skills: Determination of heat capacity of water</p>

<p>Umschlagspunkt)</p> <ul style="list-style-type: none"> • energetische Aspekte: Erster Hauptsatz der Thermodynamik, Neutralisationsenthalpie, Kalorimetrie 	<p>grenzen diesen von der inneren Energie ab (S3),</p> <ul style="list-style-type: none"> • erklären im Zusammenhang mit der Neutralisationsreaktion den ersten Hauptsatz der Thermodynamik (Prinzip der Energieerhaltung) (S3, S10), • erläutern die Neutralisationsreaktion unter Berücksichtigung der Neutralisationsenthalpie (S3, S12), • planen hypothesengeleitet Experimente zur Konzentrationsbestimmung von Säuren und Basen auch in Alltagsprodukten (E1, E2, E3, E4), • führen das Verfahren einer Säure-Base-Titration mit Endpunktbestimmung mittels Indikator (am Beispiel starker Säuren und Basen) durch und werten die Ergebnisse auch unter Berücksichtigung einer Fehleranalyse aus (E5, E10, K10), • bestimmen die Reaktionsenthalpie der Neutralisationsreaktion von starken Säuren mit starken Basen kalorimetrisch und vergleichen das Ergebnis mit Literaturdaten (E5, K1), • beurteilen den Einsatz, die Wirksamkeit und das Gefahrenpotenzial von Säuren, Basen und Salzen als Inhaltsstoffe in Alltagsprodukten und leiten daraus begründet Handlungsoptionen ab (B8, B11, K8), • bewerten die Qualität von Produkten des Alltags oder Umweltparameter auf der Grundlage von qualitativen und quantitativen Analyseergebnissen und beurteilen die Daten hinsichtlich ihrer Aussagekraft (B3, B8, K8). 	<p>Skills: Determination of pH of different solutions using universal indicator and pH meter</p> <p>TOK: How do assumptions have an impact on our perceptions?</p> <p>TOK: Can chemical concepts be defined in different ways?</p>
---	--	--

Unterrichtsvorhaben VI: Quantitative Analyse von Produkten des Alltags Inhaltsfeld Säuren, Basen und analytische Verfahren Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		Reactivity 3.1: Proton transfer reactions
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</i>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
<p><i>Wie hoch ist die Säure-Konzentration in verschiedenen Lebensmitteln?</i></p> <p>Inhaltsfeld Säuren, Basen und analytische Verfahren:</p> <ul style="list-style-type: none"> analytische Verfahren: Säure-Base-Titrationen (mit Umschlagspunkt, mit Titrationskurve), potentiometrische pH-Wert-Messung <p>Inhaltsfeld Elektrochemische Prozesse und Energetik:</p> <ul style="list-style-type: none"> Redoxreaktionen als Elektronenübertragungsreaktionen galvanische Zellen: Konzentrationszellen (Nernst-Gleichung) Redoxtitration 	<ul style="list-style-type: none"> sagen den Verlauf von Titrationskurven von starken und schwachen Säuren und Basen anhand der Berechnung der charakteristischen Punkte (Anfangs-pH-Wert, Halbäquivalenzpunkt, Äquivalenzpunkt) voraus (S10, S17), planen hypothesengeleitet Experimente zur Konzentrationsbestimmung von Säuren und Basen auch in Alltagsprodukten (E1, E2, E3, E4), werten pH-metrische Titrationen von ein- und mehrprotonigen Säuren aus und erläutern den Verlauf der Titrationskurven auch bei unvollständiger Protolyse (S9, E8, E10, K7), bewerten die Qualität von Produkten des Alltags oder Umweltparameter auf der Grundlage von qualitativen und quantitativen Analyseergebnissen und beurteilen die Daten hinsichtlich ihrer Aussagekraft (B3, B8, K8), beurteilen verschiedene Säure-Base-Titrationsverfahren hinsichtlich ihrer Angemessenheit und Grenzen (B3, K8, K9), wenden das Verfahren der Redoxtitration zur Ermittlung der Konzentration eines Stoffes begründet an (E5, S3, K10). ermitteln die Ionenkonzentration von ausgewählten Metall- und Nichtmetallionen mithilfe der Nernst-Gleichung aus Messdaten galvanischer Zellen (E6, E8, S17, K5) 	<p>3.1.1 – 3.1.8 Proton transfer reactions</p> <ul style="list-style-type: none"> pH curves of strong acids and bases <p>3.1.9 – 3.1.17 Proton transfer reactions</p> <ul style="list-style-type: none"> pH curves of strong and weak acids and bases <p>Skills: Acid-base titrations of strong and weak acids/bases using different indicators</p> <p>Skills: Determination of a weak acid from titration curve using a pH meter</p> <p>Skills: Determination of unknown amino acids from titration curves using a pH meter</p>

Unterrichtsvorhaben II: Salze - hilfreich und lebensnotwendig! Inhaltsfeld Säuren, Basen und analytische Verfahren Zeitbedarf: ca. 12-14 / 26 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		Structure 2.1: The ionic model Reactivity 3.1: Proton transfer reactions
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</i>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
<p> <i>Welche Stoffeigenschaften sind verantwortlich für die vielfältige Nutzung verschiedener Salze?</i> <i>Lässt sich die Lösungswärme von Salzen sinnvoll nutzen?</i> <i>Welche Bedeutung haben Salze für den menschlichen Körper?</i> </p> <p> Inhaltsfeld Säuren, Basen und analytische Verfahren: </p> <ul style="list-style-type: none"> • Löslichkeitsgleichgewichte • analytische Verfahren: Nachweisreaktionen (Fällungsreaktion, Farbreaktion, Gasentwicklung), Nachweise von Ionen • energetische Aspekte: Lösungsenthalpie • Entropie • Ionengitter, Ionenbindung 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären endotherme und exotherme Lösungsvorgänge bei Salzen unter Einbeziehung der Gitter- und Solvatationsenergie und führen den spontanen Ablauf eines endothermen Lösungsvorgangs auf die Entropieänderung zurück (S12, K8), • erklären Fällungsreaktionen auf der Grundlage von Löslichkeitsgleichgewichten (S2, S7), • weisen ausgewählte Ionensorten (Halogenid-Ionen, Ammonium-Ionen, Carbonat-Ionen) salzartiger Verbindungen qualitativ nach (E5), • interpretieren die Messdaten von Lösungsenthalpien verschiedener Salze unter Berücksichtigung der Entropie (S12, E8), • beurteilen den Einsatz, die Wirksamkeit und das Gefahrenpotenzial von Säuren, Basen und Salzen als Inhaltsstoffe in Alltagsprodukten und leiten daraus begründet Handlungsoptionen ab (B8, B11, K8), • bewerten die Qualität von Produkten des Alltags oder Umweltparameter auf der Grundlage von qualitativen und quantitativen Analyseergebnissen und beurteilen die Daten hinsichtlich ihrer Aussagekraft (B3, B8, K8). 	<p>2.1.1 – 2.1.3 The ionic model</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formation and names of ions • Ionic bond • Properties of ionic compounds • Lattice structure / lattice enthalpy <p>TOK: How many exceptions have to exist for a rule to cease to be useful?</p>

Unterrichtsvorhaben III: Mobile Energieträger im Vergleich Inhaltsfeld Elektrochemische Prozesse und Energetik Zeitbedarf: ca. 18 / 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		Structure 2.3: The metallic model Reactivity 3.2: Electron transfer reactions
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</i>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
<p><i>(Wie unterscheiden sich die Spannungen verschiedener Redoxsysteme?)</i></p> <p><i>Welche Faktoren bestimmen die Spannung und die Stromstärke zwischen verschiedenen Redoxsystemen?</i></p> <p><i>Wie sind Batterien und Akkumulatoren aufgebaut?</i></p> <p><i>(Welcher Akkumulator ist für den Ausgleich von Spannungsschwankungen bei regenerativen Energien geeignet?)</i></p> <p><i>Wie kann die Leistung von Akkumulatoren berechnet und bewertet werden?</i></p> <p>Inhaltsfeld Elektrochemische Prozesse und Energetik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Redoxreaktionen als Elektronenübertragungsreaktionen • galvanische Zellen: Metallbindung (Metallgitter, Elektronengasmodell), Ionenbindung, elektrochemische Spannungsreihe, elektrochemische Spannungsquellen, Berechnung der Zellspannung, Konzentrationszellen / Nernst-Gleichung • (Elektrolyse) 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern Redoxreaktionen als dynamische Gleichgewichtsreaktionen unter Berücksichtigung des Donator-Akzeptor-Konzepts (S7, S12, K7), • nennen die metallische Bindung und die Beweglichkeit hydratisierter Ionen als Voraussetzungen für einen geschlossenen Stromkreislauf der galvanischen Zelle und der Elektrolyse (S12, S15, K10), • erläutern den Aufbau und die Funktionsweise galvanischer Zellen hinsichtlich der chemischen Prozesse auch mithilfe digitaler Werkzeuge und berechnen auch unter Berücksichtigung der Nernst-Gleichung die jeweilige Zellspannung (S3, S17, E6, K11), • erläutern und vergleichen den Aufbau und die Funktion ausgewählter elektrochemischer Spannungsquellen aus Alltag und Technik (Batterie, Akkumulator, Brennstoffzelle) unter Berücksichtigung der Teilreaktionen sowie möglicher Zellspannungen (S10, S12, S16, K9), • erläutern die Reaktionen einer Elektrolyse auf stofflicher und energetischer Ebene als Umkehr der Reaktionen eines galvanischen Elements (S7, S16, K10), • interpretieren energetische Erscheinungen bei Redoxreaktionen als Umwandlung eines Teils der in Stoffen gespeicherten Energie in Wärme und Arbeit (S3, E11), 	<p>3.2.1 – 3.2.11 Electron transfer reactions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oxidation and reduction • Half-equations • Reaction between metals and aqueous metal ions • Reaction between acids and metals • Primary (voltaic) cell / electrochemical cell • Secondary (rechargeable) cell • Electrolytic cell • Oxidation of primary and secondary alcohols • Reduction of carboxylic acids, aldehydes, and ketones • Reaction of hydrogen with alkenes and alkynes <p>3.2.12 – 3.2.16 Electron transfer reactions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hydrogen half-cell as standard electrode • Standard cell potential • Standard electrode potential • Calculation of standard change in Gibbs energy • Competition reactions • Electroplating <p>2.3.1 – 2.3.2 The metallic model</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metallic bond • Properties of metals <p>2.3.3 The metallic model</p> <ul style="list-style-type: none"> • Properties of transition elements

- entwickeln Hypothesen zum Auftreten von Redoxreaktionen zwischen Metall- und Nichtmetallatomen sowie Ionen und überprüfen diese experimentell (E3, E4, E5, E10),
- ermitteln Messdaten ausgewählter galvanischer Zellen zur Einordnung in die elektrochemische Spannungsreihe (E6, E8),
- erklären die Herleitung elektrochemischer und thermodynamischer Gesetzmäßigkeiten (Faraday, Nernst, Gibbs-Helmholtz) aus experimentellen Daten (E8, S17, K8),
- diskutieren Möglichkeiten und Grenzen bei der Umwandlung, Speicherung und Nutzung elektrischer Energie (auf Grundlage der relevanten chemischen und thermodynamischen Aspekte) auch unter Berücksichtigung thermodynamischer Gesetzmäßigkeiten im Hinblick auf nachhaltiges Handeln (B3, B10, B13, E12, K8).

Skills: Single and Double replacement reactions

Skills: Construction of voltaic cells using different metal/metal-ion half-cells

TOK: Are some types of knowledge more open to interpretation than others?

Unterrichtsvorhaben IV: Wasserstoff – Brennstoff der Zukunft? Inhaltsfeld Elektrochemische Prozesse und Energetik Zeitbedarf: ca. 19 / 30 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		Reactivity 1.2: Energy cycles in reactions Reactivity 1.3 Energy from fuels Reactivity 1.4: Entropy and spontaneity
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</i>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
<p>Wie viel Energie wird bei der Verbrennungsreaktion verschiedener Energieträger freigesetzt?</p> <p>Wie funktioniert die Wasserstoffverbrennung in der Brennstoffzelle?</p> <p>(Welche Vor- und Nachteile hat die Verwendung der verschiedenen Energieträger?)</p> <p>Wie beeinflussen Temperatur und Elektrodenmaterial die Leistung eines Akkus?</p> <p>Inhaltsfeld Elektrochemische Prozesse und Energetik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrolyse: Faraday-Gesetze, Zersetzungsspannung (Überspannung) • Redoxtitration • alternative Energieträger • Energiespeicherung • energetische Aspekte: Erster Hauptsatz und Zweiter der Thermodynamik, Standardreaktionsenthalpien, Satz von Hess, freie Enthalpie, Gibbs-Helmholtz-Gleichung, heterogene Katalyse 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern und vergleichen den Aufbau und die Funktion ausgewählter elektrochemischer Spannungsquellen aus Alltag und Technik (Batterie, Akkumulator, Brennstoffzelle) unter Berücksichtigung der Teilreaktionen sowie möglicher Zellspannungen (S10, S12, S16, K9), • erklären am Beispiel einer Brennstoffzelle die Funktion der heterogenen Katalyse unter Verwendung geeigneter Medien (S8, S12, K11), • erläutern die Reaktionen einer Elektrolyse auf stofflicher und energetischer Ebene als Umkehr der Reaktionen eines galvanischen Elements (S7, S12, K8), • erklären die für eine Elektrolyse benötigte Zersetzungsspannung unter Berücksichtigung des Phänomens der Überspannung (S12, K8), • interpretieren energetische Erscheinungen bei Redoxreaktionen auf die Umwandlung eines Teils der in Stoffen gespeicherten Energie in Wärme und Arbeit unter Berücksichtigung der Einschränkung durch den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik (S3, S12, K10), • berechnen die freie Enthalpie bei Redoxreaktionen (S3, S17, K8), • erklären die Herleitung elektrochemischer und thermodynamischer Gesetzmäßigkeiten (Faraday, Nernst, Gibbs-Helmholtz) aus experimentellen Daten (E8, S17, K8), • ermitteln die Leistung einer elektrochemischen 	<p>1.2.1 – 1.2.2 Energy cycles in reactions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hess's law <p>1.2.3 – 1.2.5 Energy cycles in reactions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Standard enthalpy change of combustion ΔH_c° • Standard enthalpy change of formation ΔH_f° • Calculation of enthalpy change using ΔH_c° and ΔH_f° • Born-Haber cycle <p>1.3.1 – 1.2.5 Energy from fuels</p> <ul style="list-style-type: none"> • Combustion reactions • Incomplete combustion • Fossil fuels / biofuels • Fuel cell <p>1.4.1 – 1.4.4 Entropy and spontaneity</p> <ul style="list-style-type: none"> • Standard entropy changes ΔS° • Gibbs free energy change ΔG • Gibbs equation $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$ • Spontaneous reactions • ΔG and equilibrium • $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \cdot \ln K$ / $\Delta G^\circ = -RT \cdot \ln K$ <p>Skills: Calculation of molar enthalpy change for the reaction between Zn and CuSO₄</p>

Spannungsquelle an einem Beispiel (E5, E10, S17),

- ermitteln die Standardreaktionsenthalpien ausgewählter Redoxreaktionen unter Anwendung des Satzes von Hess auch rechnerisch (E2, E4, E7, S16, S17, K2),
- (bewerten die Verbrennung fossiler Energieträger und elektrochemische Energiewandler hinsichtlich Effizienz und Nachhaltigkeit auch mithilfe von recherchierten thermodynamischen Daten) (B2, B4, E8, K3, K12),
- bewerten auch unter Berücksichtigung des energetischen Wirkungsgrads fossile und elektrochemische Energiequellen (B2, B4, K3, K12).

TOK: How can we know that current knowledge is an improvement on past knowledge?

Unterrichtsvorhaben V: Korrosion von Metallen Inhaltsfeld Elektrochemische Prozesse und Energetik Zeitbedarf: ca. 8 / 12 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</i>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
<p>Wie kann man Metalle <i>nachhaltig</i> vor Korrosion schützen?</p> <p>Inhaltsfeld Elektrochemische Prozesse und Energetik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrolyse: Faraday-Gesetze, Zersetzungsspannung (Überspannung) • Korrosion: Sauerstoff- und Säurekorrosion, Korrosionsschutz 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Reaktionen einer Elektrolyse auf stofflicher und energetischer Ebene als Umkehr der Reaktionen eines galvanischen Elements (S7, S12, K8), • berechnen Stoffumsätze unter Anwendung der Faraday-Gesetze (S3, S17), • erklären die Herleitung elektrochemischer und thermodynamischer Gesetzmäßigkeiten (Faraday, Nernst, Gibbs-Helmholtz) aus experimentellen Daten (E8, S17, K8), • (erläutern die Bildung eines Lokalelements bei Korrosionsvorgängen auch mithilfe von Reaktionsgleichungen (S3, S16, E1),) • entwickeln Hypothesen zur Bildung von Lokalelementen als Grundlage von Korrosionsvorgängen und überprüfen diese experimentell (E1, E3, E5, S15), • entwickeln eigenständig ausgewählte (Experimente) Verfahren zum Korrosionsschutz (Galvanik, Opferanode) und führen diese durch (E1, E4, E5, K13), • diskutieren ökologische und ökonomische Aspekte der elektrolytischen Gewinnung eines Stoffes unter Berücksichtigung der Faraday-Gesetze (B10, B13, E8, K13), • beurteilen Folgen von Korrosionsvorgängen und adäquate Korrosionsschutzmaßnahmen unter ökologischen und ökonomischen Aspekten (B12, B14, E1). 	

Unterrichtsvorhaben VI / VII: Vom Erdöl zur Plastiktüte / Kunststoffverpackung Inhaltsfeld Reaktionswege der organischen Chemie Inhaltsfeld Moderne Werkstoffe Zeitbedarf: ca. 30 / 44 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		Reactivity 3.3: Electron sharing reactions Reactivity 3.4: Electron-pair sharing reactions Structure 2.4: From models to materials Structure 3.2: Functional groups
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</i>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
<p><i>Aus welchen Kunststoffen bestehen Verpackungsmaterialien und welche Eigenschaften haben diese Kunststoffe?</i></p> <p><i>Wie lässt sich Polyethylen aus Erdöl herstellen?</i></p> <p><i>Wie werden Polyethylen-Abfälle / Verpackungsabfälle aus Kunststoff entsorgt?</i></p> <p>Inhaltsfeld Reaktionswege der organischen Chemie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • funktionelle Gruppen verschiedener Stoffklassen und ihre Nachweise: Hydroxygruppe, Carbonylgruppe, Carboxygruppe, Estergruppe, Aminogruppe • Alkene, Alkine, Halogenalkane • Elektronenpaarbindung: Einfach- und Mehrfachbindungen, Oxidationszahlen • Molekülgeometrie (EPA-Modell) • Konstitutionsisomerie und Stereoisomerie (cis-trans-Isomerie), Mesomerie, Chiralität • inter- und intramolekulare Wechselwirkungen • Reaktionsmechanismen: Radikalische Substitution, elektrophile Addition, nucleophile Substitution erster 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen den Aufbau der Moleküle (Konstitutionsisomerie, Stereoisomerie, Molekülgeometrie, Chiralität am asymmetrischen C-Atom) von Vertretern der Stoffklassen der Alkane, Halogenalkane, Alkene, Alkine, Alkanole, Alkanale, Alkanone und Carbonsäuren, auch mit digitalen Werkzeugen dar (und berücksichtigen dabei auch ausgewählte Isomere) (S1, E7, K11), • erklären Stoffeigenschaften und Reaktionsverhalten mit dem Einfluss der jeweiligen funktionellen Gruppen unter Berücksichtigung von inter- und intramolekularen Wechselwirkungen (S2, S13), • erläutern die Reaktionsmechanismen (der radikalischen Substitutions- und elektrophilen Additionsreaktion) unter Berücksichtigung der spezifischen Reaktionsbedingungen auch mit digitalen Werkzeugen (S8, S9, S14, E9, K11), • schließen mithilfe von spezifischen Nachweisen der Reaktionsprodukte (Doppelbindung zwischen Kohlenstoff-Atomen, Chlorid- und Bromid-Ionen, Carbonyl- und Carboxy-Gruppe) auf den Reaktionsverlauf und bestimmen den Reaktionstyp (E5, E7, S4, K10), • entwickeln Hypothesen zum Reaktionsverhalten aus der Molekülstruktur (E3, E12, K2), • recherchieren und bewerten Nutzen und Risiken ausgewählter Produkte der organischen Chemie unter 	3.2.1 – 3.2.6 Functional groups <ul style="list-style-type: none"> • Molecular, skeletal, stereochemical, structural formulas • Functional groups: halogeno, hydroxyl, carbonyl, carboxyl, alkoxy, amino, amido, ester, phenyl • Homologous series: alkanes, alkenes, alkynes, halogenoalkanes, alcohols, aldehydes; ketones, carboxylic acids, ethers, amines, amides, esters • IUPAC nomenclature • Structural isomers 3.2.7 – 3.2.12 Functional groups <ul style="list-style-type: none"> • Stereoisomers: cis-trans isomerism / enantiomers • Chiral carbon atom, optical activity, racemic mixture • Mass spectrometry • IR spectra • ¹H NMR spectra 3.3.1 – 3.3.3 Electron sharing reactions <ul style="list-style-type: none"> • Radicals • Homolytic fission • Mechanism of radical substitution reaction • Electrophilic addition 3.4.1 – 3.4.5 Electron-pair sharing reactions <ul style="list-style-type: none"> • Nucleophiles

<p>und zweiter Ordnung</p> <p>Inhaltsfeld Moderne Werkstoffe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kunststoffe: Struktur und Eigenschaften, Kunststoffklassen (Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere) • Kunststoffsynthese: Verknüpfung von Monomeren zu Makromolekülen, Polymerisation (Mechanismus der radikalischen Polymerisation) • Rohstoffgewinnung und -verarbeitung • Recycling: Kunststoffverwertung, Wertstoffkreisläufe • technisches Syntheseverfahren 	<p>(vorgegebenen) selbst entwickelten Fragestellungen (B1, B11, K2, K4),</p> <ul style="list-style-type: none"> • erklären die Eigenschaften von Kunststoffen aufgrund der molekularen Strukturen (Kettenlänge, Vernetzungsgrad, Anzahl und Wechselwirkung verschiedenartiger Monomere) (S11, S13), • klassifizieren Kunststoffe anhand ihrer Eigenschaften begründet nach Thermoplasten, Duroplasten und Elastomeren (S1, S2), • erläutern die Verknüpfung von Monomer-Molekülen zu Makromolekülen mithilfe von Reaktionsgleichungen an einem Beispiel (S4, S12, S16), • erläutern die Reaktionsschritte einer radikalischen Polymerisation (S4, S14, S16), • beschreiben den Weg eines Anwendungsproduktes von der Rohstoffgewinnung über die Produktion bis zur Verwertung (S5, S10, K1, K2), • erläutern ein technisches Syntheseverfahren auch unter Berücksichtigung der eingesetzten Katalysatoren (S8, S9), • planen zielgerichtet anhand der Eigenschaften verschiedener Kunststoffe Experimente zur Trennung und Verwertung von Verpackungsabfällen (E4, S2), • bewerten den Einsatz von Erdöl und nachwachsenden Rohstoffen für die Herstellung und die Verwendung von Produkten aus Kunststoffen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive (B9, B12, B13), • bewerten stoffliche und energetische Verfahren der Kunststoffverwertung unter Berücksichtigung ausgewählter Nachhaltigkeitsziele (B6, B13, S3, K5, K8), 	<ul style="list-style-type: none"> • Nucleophilic substitution reaction • Heterolytic fission • Electrophiles • Electrophilic addition <p>3.4.6 – 3.4.13 Electron-pair sharing reactions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lewis acid and Lewis base • Coordination bond / ligands • Mechanism of nucleophilic substitution reaction • S_N1 and S_N2 reaction • Mechanism of electrophilic addition reaction • Stability of carbocations • Mechanism of electrophilic substitution <p>2.4.1 – 2.4.5 From models to materials</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polymers • Addition polymers / polymerization <p>TOK: To what extent are curly-arrow mechanisms descriptive, explanatory or interpretative?</p> <p>TOK: How are arrows used as symbols in chemistry?</p> <p>TOK: What features of knowledge have an impact on its reliability?</p>
---	---	--

Unterrichtsvorhaben VII: Kunststoffe – Werkstoffe für viele Anwendungsprodukte Unterrichtsvorhaben VIII: „InnoProducts“ – Werkstoffe nach Maß Inhaltsfeld Reaktionswege der organischen Chemie Inhaltsfeld Moderne Werkstoffe Zeitbedarf: ca. 20 / 34 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</i>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
<p><i>(Welche besonderen Eigenschaften haben Kunststoffe?)</i></p> <p><i>(Wie lassen sich Kunststoff mit gewünschten Eigenschaften herstellen?)</i></p> <p><i>Wie werden Werkstoffe für funktionale Regenbekleidung hergestellt und welche besonderen Eigenschaften haben diese Werkstoffe?</i></p> <p><i>Welche besonderen Eigenschaften haben Werkstoffe aus Kunststoffen und Nanomaterialien und wie lassen sich diese Materialien herstellen?</i></p> <p><i>Welche Vor- und Nachteile haben Kunststoffe und Nanoprodukte mit spezifischen Eigenschaften?</i></p> <p>Inhaltsfeld Reaktionswege der organischen Chemie:</p> <ul style="list-style-type: none"> funktionelle Gruppen verschiedener Stoffklassen und ihre Nachweise: Hydroxygruppe, Carbonylgruppe, Carboxygruppe, Aminogruppe inter- und intramolekulare Wechselwirkungen <p>Inhaltsfeld Moderne Werkstoffe:</p> <ul style="list-style-type: none"> Kunststoffe: Struktur und Eigenschaften, Kunststoffklassen (Thermoplaste, Duroplaste, 	<ul style="list-style-type: none"> stellen den Aufbau der Moleküle (Konstitutionsisomerie, Stereoisomerie, Molekülgeometrie, Chiralität am asymmetrischen C-Atom) von Vertretern der Stoffklassen der Alkane, Halogenalkane, Alkene, Alkine Alkanole, Alkanale, Alkanone, Carbonsäuren, Ester und Amine auch mit digitalen Werkzeugen dar (und berücksichtigen dabei auch ausgewählte Isomere) (S1, E7, K11), erklären Stoffeigenschaften und Reaktionsverhalten mit dem Einfluss der jeweiligen funktionellen Gruppen unter Berücksichtigung von inter- und intramolekularen Wechselwirkungen (S2, S13), erklären die Eigenschaften von Kunststoffen aufgrund der molekularen Strukturen (Kettenlänge, Vernetzungsgrad, Anzahl und Wechselwirkung verschiedenartiger Monomere) (S11, S13), erläutern ein technisches Syntheseverfahren auch unter Berücksichtigung der eingesetzten Katalysatoren (S8, S9), beschreiben Merkmale von Nanomaterialien am Beispiel von Alltagsprodukten (S1, S9), führen eigenständig geplante Experimente zur Untersuchung von Eigenschaften organischer Werkstoffe durch und werten diese aus (E4, E5), erklären / erläutern ermittelte Stoffeigenschaften am Beispiel eines Funktionspolymers mit geeigneten Modellen (E1, E5, E7, S13), 	

Elastomere)

- Kunststoffsynthese: Verknüpfung von Monomeren zu Makromolekülen, Polymerisation (Mechanismus der radikalischen Polymerisation)
- Rohstoffgewinnung und -verarbeitung
- Recycling: Kunststoffverwertung, Wertstoffkreisläufe
- Technisches Syntheseverfahren
- Nanochemie: Nanomaterialien, Nanostrukturen, Oberflächeneigenschaften

- veranschaulichen die Größenordnung und Reaktivität von Nanopartikeln (E7, E8),
- erklären eine experimentell ermittelte Oberflächeneigenschaft eines ausgewählten Nanoprodukts anhand der Nanostruktur (E5, S11),
- bewerten den Einsatz von Erdöl und nachwachsenden Rohstoffen für die Herstellung und die Verwendung von Produkten aus Kunststoffen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive (B9, B12, B13),
- vergleichen anhand von Bewertungskriterien Produkte aus unterschiedlichen Kunststoffen und leiten daraus Handlungsoptionen für die alltägliche Nutzung ab (B5, B14, K2, K8, K13),
- beurteilen die Bedeutung der Reaktionsbedingungen für die Synthese eines Kunststoffs im Hinblick auf Atom- und Energieeffizienz, Abfall- und Risikovermeidung sowie erneuerbare Ressourcen (B1, B10),
- recherchieren in verschiedenen Quellen die Chancen und Risiken von Nanomaterialien am Beispiel eines Alltagsproduktes und bewerten diese unter Berücksichtigung der Intention der Autoren (B2, B4, B13, K2, K4),

Unterrichtsvorhaben VIII / IX: Ester in Lebensmitteln und Kosmetikartikeln Inhaltsfeld Reaktionswege der organischen Chemie Zeitbedarf: ca. 20 / 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen</i> & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
<p><i>Welche Fette sind in Lebensmitteln enthalten?</i></p> <p><i>Wie werden Ester in Kosmetikartikeln hergestellt?</i></p> <p>Inhaltsfeld Reaktionswege der organischen Chemie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • funktionelle Gruppen verschiedener Stoffklassen und ihre Nachweise: Hydroxygruppe, Carbonylgruppe, Carboxygruppe, Estergruppe • Elektronenpaarbindung: Einfach- und Mehrfachbindungen, Oxidationszahlen • Reaktionsmechanismen: Kondensationsreaktion (Estersynthese) • Prinzip von Le Chatelier • Naturstoffe: Fette 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern den Aufbau und die Eigenschaften von gesättigten und ungesättigten Fetten (S1, S11, S13), • erklären Redoxreaktionen in organischen Synthesewegen unter Berücksichtigung der Oxidationszahlen (S3, S11, S16), • erklären die Estersynthese aus Alkanolen und Carbonsäuren unter Berücksichtigung der Katalyse (S4, S8, S9, K7), • schließen mithilfe von spezifischen Nachweisen der Reaktionsprodukte (Doppelbindung zwischen Kohlenstoff-Atomen, Chlorid- und Bromid-Ionen, Carbonyl- und Carboxy-Gruppe) auf den Reaktionsverlauf und bestimmen den Reaktionstyp (E5, E7, S4, K10), • erläutern die Planung und Durchführung einer Estersynthese in Bezug auf die Optimierung der Ausbeute auf der Grundlage des Prinzips von Le Chatelier (E4, E5, K13), • unterscheiden experimentell zwischen gesättigten und ungesättigten Fettsäuren (E5, E11), • beurteilen die Qualität von Fetten hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Verarbeitung im Bereich der Lebensmitteltechnik und der eigenen Ernährung (B7, B8, K8), • erläutern ein technisches Syntheseverfahren auch unter Berücksichtigung der eingesetzten Katalysatoren (S8, S9), 	

Unterrichtsvorhaben X: Die Welt ist bunt Inhaltsfeld Reaktionswege der organischen Chemie Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		Structure 2.2: The covalent model
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte</i>	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
<p><i>Warum erscheinen uns einige organische Stoffe farbig?</i></p> <p>Inhaltsfeld Reaktionswege der organischen Chemie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Struktur und Reaktivität des aromatischen Systems • Mesomerie • Reaktionsmechanismen: elektrophile Erstsstitution • Koordinative Bindung: Katalyse • Farbstoffe: Einteilung, Struktur, Eigenschaften und Verwendung • Analytische Verfahren: Chromatografie 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Aufbau und die Wirkungsweise eines Katalysators unter Berücksichtigung des Konzepts der koordinativen Bindung als Wechselwirkung von Metallkationen mit freien Elektronenpaaren (S13, S15), • erklären die Reaktivität eines aromatischen Systems anhand der Struktur und erläutern in diesem Zusammenhang die Mesomerie (S9, S13, E9, E12), • klassifizieren Farbstoffe sowohl auf Grundlage struktureller Merkmale als auch nach ihrer Verwendung (S10, S11, K8), • erläutern die Farbigkeit ausgewählter Stoffe durch Lichtabsorption auch unter Berücksichtigung der Molekülstruktur mithilfe des Mesomeriemodells (mesomere Grenzstrukturen, Delokalisation von Elektronen, Donator-Akzeptor-Gruppen) (S2, E7, K10), • trennen mithilfe eines chromatografischen Verfahrens Stoffgemische und analysieren ihre Bestandteile durch Interpretation der Retentionsfaktoren (E4, E5), • interpretieren Absorptionsspektren ausgewählter Farbstofflösungen (E8, K2), • beurteilen die Möglichkeiten und Grenzen von Modellvorstellungen bezüglich der Struktur organischer Verbindungen und die Reaktionsschritte von Synthesen für die Vorhersage der Bildung von Reaktionsprodukten (B1, B2, K10), 	<p>2.2.11 – 2.2.16 The covalent model</p> <ul style="list-style-type: none"> • Delocalization, resonance structure • Benzene • Formal charge • Sigma bonds, pi bonds • Hybridization / sp, sp², sp³ hybridization • VSEPR model

	<ul style="list-style-type: none">• bewerten den Einsatz verschiedener Farbstoffe in Alltagsprodukten aus chemischer, ökologischer und ökonomischer Sicht (B9, B13, S13).	
--	---	--

		Structure 1.1: Introduction to the particulate nature of matter Structure 1.2 The nuclear atom Structure 1.3: Electron configurations Structure 1.4: Counting particles by mass: The mole Structure 1.5: Ideal gases Structure 2.4: From models to materials Structure 3.1: The periodic table Reactivity 2.1: How much? The amount of chemical changes
National curriculum		IB Chemistry SL / HL curriculum
<i>Leitfragen</i> & Sequenzierung inhaltlicher Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen: Die Schülerinnen und Schüler ...	IB course outline with links to experimental skills , TOK and CAS
		1.1.1 – 1.1.3 Introduction to the particulate nature of matter <ul style="list-style-type: none"> • Elements, compounds, mixtures • Separation of mixtures • States of matter • Kinetic energy and temperature
		1.2.1 – 1.2.2 The nuclear atom <ul style="list-style-type: none"> • Structure of an atom • Protons, neutrons, electrons • Isotopes 1.2.3 The nuclear atom <ul style="list-style-type: none"> • Mass spectra / relative atomic mass TOK: How have advances in technology influenced scientific research into what matter is made up of? TOK: Has technology extended human’s capacity to make observations of the natural world?
		1.3.1 – 1.3.5 Electron configurations <ul style="list-style-type: none"> • Emission spectra • Line emission spectrum of hydrogen

		<ul style="list-style-type: none"> • Number of electrons that occupy each energy level • Electron configurations • Atomic orbitals • Aufbau principle, Hund's rule, Pauli exclusion principle <p>1.3.6 – 1.3.7 Electron configurations</p> <ul style="list-style-type: none"> • First ionization energy • $E = h \cdot f / c = f \cdot \lambda$ <p>TOK: What is the role of categorization in the construction of knowledge?</p> <p>TOK: To what extent does mathematics support knowledge development in the natural sciences?</p>
		<p>1.4.1 – 1.4.6: Counting particles by mass: The mole</p> <ul style="list-style-type: none"> • The mole • Relative atomic mass / relative formula mass • Molar mass M • $n = m/M$ • Empirical formula • Molar concentration c: $c = n/V$ • Avogadro's law <p>Skills: Determination of the empirical formula of MgO</p> <p>TOK: To what extent does expressing a quantity numerically help or hinder the communication of knowledge?</p>
		<p>1.5.1 – 1.5.6: Ideal gases</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ideal gas model • Real gases • Molar volume • Ideal gas equation: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ • Combined gas law: $p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2$ <p>TOK: What are the implications of not acknowledging a model's limitations?</p>

		<p>2.4.1 – 2.4.5 From models to materials</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bonding triangle • Electronegativity • Alloys • Polymers • Addition polymers / polymerization <p>2.4.6 From models to materials</p> <ul style="list-style-type: none"> • Condensation polymers • Polyamides and polyesters <p>Skills: Physical and chemical characteristics of lipids, proteins and carbohydrates</p> <p>TOK: What is the role of empirical observation in science and technology?</p>
		<p>3.1.1 – 3.1.6 The periodic table</p> <ul style="list-style-type: none"> • Periods, groups, blocks • Metals, metalloids, non-metals • Electron configuration • Alkali metals, halogens, transition metals, noble gases • Periodicity • Reactions of group 1 metals with water • Reactions of group 17 elements with halide ions • Reactions of oxides of group 1 and group 2 metals, carbon and sulfur with water • Oxidation state <p>3.1.7 – 3.1.10 The periodic table</p> <ul style="list-style-type: none"> • First ionization energy • Properties of transition elements • Electron configuration of ions of the first-row transition elements • Colour of transition element complexes <p>TOK: On what ground might we doubt a claim reached through inductive reasoning?</p>

		TOK: On what ground might we doubt a claim reached through deductive reasoning?
		<p>2.1.1 – 2.1.5 How much? The amount of chemical change</p> <ul style="list-style-type: none">• Chemicals equations• Mole ratio• Calculation of mass and volume• Calculation of concentrations• Limiting and excess reactants• Theoretical and experimental yield• Atom economy• Mole ratio <p>TOK: To what extent does the use of universal “languages” help knowledge development?</p>

The group 4 project

The group 4 project takes place in the middle of the year 1 or at the beginning of year 2. For the last years it has been carried out as a collaborative project between our Biology, Physics and Chemistry courses. The participating teachers make sure that interdisciplinary groups are formed. Project topics are chosen by students to carry out interdisciplinary investigations. During the years typical projects were e.g. "Artificial photosynthesis machine", "Radiation and its effects on the human body", "Fitness: A physical and biological report on the effects of exercise", "Experimenting with fruit circuits" and "The perfect outfit".

Contribution to the development of international mindedness

The course is taught in English which is, for the majority of our students, not their first language. They will develop a very good command of English. This is especially important, as English is used as *lingua franca*, in particular in sciences. Their grasp of English therefore empowers them to access a much wider range of scientific literature on any given topic, contributed by scientists from all across the globe as opposed to just the German-speaking scientific community. Especially COVID-19 pandemic showed that international problems require international solutions. And international solutions require international communication. And international communication means to have a very good command of English!

Contribution to the development of the IB learner profile

In natural sciences students always study attributes of the IB learner Profile. Especially in studying scientific themes and by planning and carrying out scientific experiments (e.g. practicals and the Internal Assessment) the students strengthen their **research skills** and their **self-management**.

First, the students need to be **Inquirers**, when they want to investigate and answer special research questions. They ask themselves why scientists explore a special field of science and why knowledge about it is relevant for their everyday life (**Knowledgeable**). Further they think about methods by which scientists explore factors that have an effect on the investigated matter. Then they formulate a focused and precise research question that can be used to generate data for further analysis. On the basis of their knowledge students are confident enough to make predictions and construct hypotheses even though they might be wrong (**Risk-takers**).

To answer the research question students have to collect sufficient data they generated e.g. in an experiment. The planning of the experiment should break the given problem into manageable sub-parts and set achievable goals in a realistic time frame (**Self and Time Manager**). Once the data has been collected, students are **Thinkers** to critically analyze and interpret their data and results (**Reflective**). This can lead to further questions, or it can help the student to make informed decisions about complex problems. Even a repetition of the experiment with changed (or unchanged) conditions could be necessary creating working routines and helping to structure the practical work.

Once the data has been analyzed and evaluated the students are **Communicators** to present the information in a way that others can understand. They can use more than one language (English, German and eventually their first language) to present their data, results and conclusions and they can use a variety of modes of communication (e.g. lab report, lecture, digital session).