**Beispiel für ein konkretisiertes Unterrichtsvorhaben**

**QUALIFIKATIONSPHASE II LeistungsKURS – UNterrichtsvorhaben VII**

| **Q2 UV VII: Vom Erdöl zur Kunststoffverpackung****Inhaltsfeld:** * **Reaktionswege in der organischen Chemie**
* **Moderne Werkstoffe**

**Zeitbedarf:** ca. 44 Unterrichtsstunden à 45 Minuten | **Fachschaftsinterne Absprachen:****Schwerpunkte:*** Erkenntnisgewinnung (Aufstellen von Hypothesen, hypothesengeleitetes Experimentieren)
* Kommunikation (Recherchieren und Auswählen von relevanten und aussagekräftigen Fachinformationen und Daten)
* Bewertung (Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren)

**Vernetzung*** EF UV I (Die Anwendungsvielfalt der Alkohole)
* Q2 LK UV VII („InnoProducts“ – Werkstoffe nach Maß)
 |  |
| --- | --- | --- |
| **Inhaltliche Schwerpunkte:*** Alkene, Alkine, Halogenalkane
* Elektronenpaarbindung: Einfach- und Mehrfachbindungen, Oxidationszahlen, Molekülgeometrie (EPA-Modell)
* Konstitutionsisomerie und Stereoisomerie, Mesomerie, Chiralität
* inter- und intramolekulare Wechselwirkungen
* Reaktionsmechanismen: Radikalische Substitution, elektrophile Addition, nucleophile Substitution erster und zweiter Ordnung, elektrophile Erstsubstitution, Kondensationsreaktion (Estersynthese)
* Kunststoffe: Struktur und Eigenschaften, Kunststoffklassen (Thermoplaste,Duroplaste, Elastomere)
* Kunststoffsynthese: Verknüpfung von Monomeren zu Makromolekülen, Polymerisation (Mechanismus der radikalischen Polymerisation)
* Rohstoffgewinnung und -verarbeitung
* Recycling: Kunststoffverwertung, Werkstoffkreisläufe
* technisches Syntheseverfahren
 | **Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten:**[Auszug aus KLP Chemie (2022)]Aufbau und Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen:Die organischen Stoffklassen werden um […] Halogenalkane […] erweitert sowie der Aufbau und die Eigenschaften verschiedener Stoffklassen vertieft […].Die Eigenschaften von Kunststoffen werden auf die Struktur der Makromoleküle, ihre Verknüpfungen und Wechselwirkungen untereinander zurückgeführt […]. Chemische Reaktion:Die Schrittigkeit chemischer Reaktionen wird fokussiert und ermöglicht eine Klassifizierung nach Reaktionstypen. Nachweise von Produkten und möglichen Zwischenstufen sind Grundlage für die Analyse von Reaktionsmechanismen.Die Polymerisation im Sinne der Verknüpfung von Monomeren zu Makromolekülen ermöglicht die Herstellung vielfältiger Kunststoffe. Reaktionsmechanismen aus dem niedermolekularen Bereich werden um Spezifika im makromolekularen Bereich erweitert und vertieft. Energie: Energetische Prozesse werden im Rahmen von Verwertungs­prozessen konkretisiert. |  |
| **Übergeordnete Kompetenzerwartungen:** Eine vollständige Auflistung der übergeordneten Kompetenzerwartungen befindet sich im KLP Chemie (2022).* S1, S2, S3, S4, S5, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S16
* E3, E4, E5, E7, E9, E12
* K1, K2, K4, K5, K8, K10, K11
* B1, B5, B6, B9, B11, B12, B13, B14
 |  |

| **Sequenzierung:*****Fragestellungen*** | **Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans**Die Schülerinnen und Schüler | **Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen** |
| --- | --- | --- |
| *Aus welchen Kunststoffen bestehen Verpackungsmaterialien und welche Eigenschaften haben diese Kunststoffe?*ca. 6 Ustd. | * 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 Monomermolekülen zu Makromolekülen mithilfe von Reaktionsgleichungen an einem Beispiel (S4, S12, S16).
 | Kontext: Kunststoffverpackungen für Lebensmittel und GebrauchsgüterDiagnose: Grundkenntnisse der organischen Chemie (EF); Wiederholung der Konstitutionsisomerie und der NomenklaturregelnEinstieg: Vorstellung unterschiedlicher Verpackungen aus verschiedenen Kunststoffen (PE, PET, PS, PVC, PP, …) Arbeitsteilige Recherche zu den Recyclingzeichen und Grundbausteinen der verschiedenen Kunststoffe, Zuordnung der verschiedenen Kunststoffe zu den Verpackungsmaterialien [1]; Definition der Begriffe Kunststoff, Polymer, Monomer [2,3]Praktikum: Untersuchung der Stoffeigenschaften von Kunststoffen (Kratzfestigkeit, Bruchsicherheit, Beständigkeit gegen Chemikalien, Verformbarkeit, Brennbarkeit) [4,5,6]Einteilung der Kunststoffe nach Thermoplasten, Duroplasten und Elastomeren anhand ihrer Stoffeigenschaften [2,3]; Zuordnung der Kunststoffverpackungen zu den Thermoplasten |
| *Wie lässt sich Polyethylen aus Erdöl gewinnen?*ca. 30 Ustd. | * 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 (S1, E7, 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 denReaktionstyp (E5, E7, S4, K10),
* erläutern auch mit digitalen Werkzeugen die Reaktionsmechanismen unter Berücksichtigung der spezifischen Reaktionsbedingungen (S8, S9, S14, E9, K11),
* erklären Stoffeigenschaften und Reaktionsverhalten mit dem Einfluss der jeweiligen funktionellen Gruppen unter der Berücksichtigung von inter- und intramolekularen Wechselwirkungen (S2, S13, K11),
* entwickeln Hypothesen zum Reaktionsverhalten aus der Molekülstruktur (E3, E12, K2),
* erläutern die Verknüpfung von Monomermolekülen zu Makromolekülen mithilfe von Reaktionsgleichungen an einem Beispiel (S4, S12, S16),
* erläutern die Reaktionsschritte einer radikalischen Polymerisation (S4, S14, S16),
* erklären die Eigenschaften von Kunststoffen aufgrund der molekularen Strukturen (Kettenlänge, Vernetzungsgrad, Anzahl und Wechselwirkung verschiedenartiger Monomere) (S11, S13),
* beschreiben den Weg eines Anwendungsproduktes von der Rohstoffgewinnung über die Produktion bis zur Verwertung (S5, S10, K1, K2),
* bewerten stoffliche und energetische Verfahren der Kunststoffverwertung unter Berücksichtigung ausgewählter Nachhaltigkeitsziele (B6, B13, S3, K5, K8).
 | Einstieg: Vorstellen verschiedener Verpackungsmaterialien aus PE (z. B. Folien, Tüten, Becher), Beschreibung der Stoffeigenschaften, Sammlung von Fragen (z. B. Wieso hat PE so unterschiedliche Stoffeigenschaften? Wie lassen sich diese unterschiedlichen PE-Sorten herstellen?)Herstellung des Grundbausteins Ethen aus Erdöl (Crackprozess):* Experimentelle Herstellung aus Paraffinöl (Lehrerexperiment) [7,8]
* Nachweis der gesättigten Edukte und ungesättigten Produkte mithilfe von Bromwasser (ggf. im Schülerexperiment anhand von Modellsubstanzen wie Heptan, Hepten) [9]
* Erarbeitung des Mechanismus der radikalischen Substitution am Bsp. der Bromierung von Alkanen [10, 11, 12, 13]
* Erarbeitung des Mechanismus der elektrophilen Addition am Bsp. der Bromaddition an Alkene [9,14]

Nomenklaturregeln für Alkane, Alkene, Alkine und Halogenalkane; Einführung weiterer IsomerieartenExkurs: Halogenalkane, gefährliche, aber wichtige Ausgangsstoffe für viele organische Produkte* Arbeitsteilige Internetrecherche zur Verwendung (auch als Monomere für die Kunststoffindustrie) und zum Gefahrenpotential von Halogenalkanen
* Herstellung verschiedener niedermolekularer Verbindungen (Alkohole, Ether) aus Halogenalkanen durch nucleophile Substitution [15,16]
* Erarbeitung der Mechanismen der nucleophilen Substitution erster und zweiter Ordnung (Binnendifferenzierung: Reaktionssteuerung bei der nucleophilen Substitution von sekundären Halogenalkanen) [16,17]

Vertiefung: Alkene, Ausgangsstoff für viele organische Produkte (Erarbeitung von Teilen eines Reaktionssterns des Ethens)* Additionsreaktionen von Halogensäuren und Wasser an Ethen
* Vertiefung des Mechanismus der elektrophilen Addition durch Einfluss der Substituenten (Induktive Effekte, sterische Effekte) [18]

Anlegen einer tabellarischen Übersicht über die bisher erarbeiteten organischen Stoffklassen einschließlich entsprechender Nachweisreaktionen (mit dem Ziel einer fortlaufenden Ergänzung)Herstellung von Polyethylen:* Erarbeitung des Mechanismus der radikalischen Polymerisation [19]
* Binnendifferenzierung: Herstellungsverfahren von HD-PE und LD-PE nach dem Hoch- bzw. Niederdruckverfahren [20]
* Unterscheidung der beiden PE-Arten anhand der Stoffeigenschaften [20]

Herstellung und Eigenschaften von Folien aus PE (Vertiefung der Struktur-Eigenschaftsbeziehungen Unterschied Thermoplast/Elastomer) [21]Entsorgung von PE-Abfällen:* Artikel zum Plastiktütenverbot ab 2022 [22,23]
* Probleme der Abbaubarkeit von PE-Abfällen [24]
* Möglichkeiten der Entsorgung von Plastiktüten durch Verbrennung [25, 26]
* Ggf. Möglichkeiten des Recyclings [25, 26]
* Stellungnahme zum Artikel

Abschließende Zusammenfassung:Erstellung eines Schaubilds (Fließdiagramms) über den Weg einer PE-Verpackung von der Herstellung aus Erdöl bis hin zur möglichen Verwertung  |
| *Wie werden Verpackungsabfälle aus Kunststoffen entsorgt****?***ca. 8 Ustd. | * planen zielgerichtet anhand der Eigenschaften verschiedener Kunststoffe Experimente zur Trennung und Verwertung von Verpackungsabfällen (E4, S2),
* recherchieren und bewerten Nutzen und Risiken ausgewählter Produkte der organischen Chemie unter selbst entwickelten Fragestellungen (B1, B11, K2, K4),
* bewerten stoffliche und energetische Verfahren der Kunststoffverwertung unter Berücksichtigung ausgewählter Nachhaltigkeitsziele (B6, B13, S3, K5, K8),
* 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).
 | Anknüpfen an die erste Sequenz „Vielfalt Verpackung“; kurze Wiederholung der verschiedenen Kunststoffe für Verpackungsmaterialien Arbeitsteilige Recherche zu verschiedenen Kunststoffen für Verpackungen (z. B. arbeitsteilig in Form eines Webquests mit vorgegebenen Internetadressen):* Polypropylen
* Polystyrol
* Polyvinylchlorid

Erarbeitung von Steckbriefen (Eigenschaften, Herstellung, Nutzung, Entsorgung, Vor- und Nachteile)Entsorgung von Kunststoffabfällen:Planung von Experimenten zur Trennung von Kunststoffabfällen [27, 28]* Durchführung der geplanten Experimente
* Verwertung der verschiedenen Kunststoffe (z. B. Umschmelzen, thermische Verwertung, rohstoffliche Verwertung, ggf. mit Experimenten wie z. B. Umschmelzen von Polystyrol) [25,26, 29]

Bewertung der verschiedenen Kunststoffe nach der Stiftung-Warentest-Methode aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Perspektive [30, 31] |

**Angegebenes und weiterführendes Material:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nr**. | **URL / Quellenangabe** | **Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle** |
| 1 | <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/lebensmittel/lebensmittelproduktion/recyclingcode-das-bedeuten-die-symbole-auf-verpackungen-11941> | Informationsseite der Verbraucherberatung: informiert über die Bedeutung der Recyclingcodes |
| 2 | <https://www.uni-wuerzburg.de/fileadmin/08020000/praktika/tf/einf-polymer.pdf> | Institut für organische Chemie der Universität Würzburg: Einführung Makromoleküle; Informationsseite für die Lehrkraft zur Definition, Einteilung und Charakterisierung von Polymeren |
| 3 | <https://www.seilnacht.com/Lexikon/k_eint.html> | Homepage von Thomas Seilnacht: Definition wichtiger Fachbegriffe wie z. B. Monomer, Polymer, Makromolekül; Einteilung der Kunststoffe anhand ihrer Eigenschaften; weiterführende Links zu wichtigen Kunststoffen |
| 4 | <https://www.chemieunterricht.de/dc2/plaste/experim.htm> | Vielfältige Experimente zur Untersuchung und Identifizierung von Kunststoffen anhand ihrer Eigenschaften[Materialien auch für die S I; Gefahrstoffpiktogramme H- und P-Sätze und Sicherheitshinweise müssen (insbesondere für die Schülerhände) an die aktuelle RISU angepasst werden] |
| 5 | <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6064> | Unterrichtsmaterial der Uni Göttingen: Experimentiervorschrift mit dazugehörigem Arbeitsblatt für Schülerinnen und Schüler zur Untersuchung und Identifizierung von Kunststoffen[Materialien für die S I] |
| 6 | <https://legacy.plasticseurope.org/de/resources/kunststoff-schule/probensammlung> | PlasticsEurope bietet die Möglichkeit, kostenfrei eine Kunststoffprobensammlung pro Schuljahr für die Schule zu bestellen. Mit Hilfe dieser Probensammlung können die Stoffeigenschaften der verschiedenen Kunststoffe untersucht werden.  |
| 7 | <https://www.fachreferent-chemie.de/wp-content/uploads/Cracken-von-Paraffin%C3%B6l-1.pdf> | Homepage von Martin Schwab, Fachreferent für Chemie an der Ministerialdienststelle in Unterfranken: Versuchsbeschreibung eines Lehrerexperiments zum Cracken von Paraffinöl einschließlich Nachweis der ungesättigten Produkte durch Bromwasser |
|  8 | <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6064> | Unterrichtsmaterial der Uni Göttingen: Versuchsbeschreibung eines Lehrerexperiments zum Cracken von Paraffinöl |
| 9 | <https://www.chemieunterricht.de/dc2/ch/cht-104.htm> | Versuchsbeschreibung zur Unterscheidung von Alkanen und Alkenen mit Bromwasser bzw. Kaliumpermanganat am Beispiel von Cyclohexan und Cyclohexen[Gefahrstoffpiktogramme H- und P-Sätze und Sicherheitshinweise müssen (insbesondere für die Schülerhände) an die aktuelle RISU angepasst werden] |
| 10 | [https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdate nbank/material/view/6064](https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6064) | Unterrichtsmaterial der Uni Göttingen: Erarbeitung des Mechanismus der radikalischen Substitution anhand der Bromierung von Heptan und dem Nachweis der Reaktionsprodukte |
| 11 | <https://www.fachreferent-chemie.de/wp-content/uploads/06_Bromierung-von-Heptan1.pdf> | Homepage von Martin Schwab, Fachreferent für Chemie an der Ministerialdienststelle in Unterfranken: Versuchsbeschreibung zur Bromierung von Heptan in Abhängigkeit der Wellenlänge des eingestrahlten Lichtes  |
| 12 | Unterricht Chemie (2017) Nr. 160, S. 39 – 41; Friedrich Verlag | Bittorf, R., Sieve, B.: Wahrscheinlichkeit und die radikalische Substitution: Modellexperiment zur Erklärung des Reaktionsmechanismus |
| 13 | <https://kappenberg.com/akminilabor/apps/dq_it/radsub/radsub.html> | Arbeitskreis Kappenberg: AK-Minilabor: Animation des Reaktionsmechanismus der radikalischen Substitution am Beispiel der Reaktion von Chlor mit Methan |
| 14 | <https://www.kappenberg.com/akminilabor/apps/dq_it/ethenmitbrom/ethenmitbrom.html> | Arbeitskreis Kappenberg: AK-Minilabor: Animation des Reaktionsmechanismus der elektrophilen Addition am Beispiel der Reaktion von Ethen mit Brom |
| 15 | <https://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0101Reaktivitaet_Alkylbromide.pdf> | Unterrichtsmaterial der Uni Marburg: Reaktivität von primären, sekundären und tertiären Alkylbromiden gegenüber ethanolischer Silbernitratlösung |
| 16 | <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6075> | Unterrichtsmaterial (ohne weiterführende Literaturhinweise) von Herrn Dr. Bernd Brand: ausführliche Beschreibung des SN1- und SN2-Mechanismus einschließlich dazu passender Experimente[Gefahrstoffpiktogramme H- und P-Sätze und Sicherheitshinweise müssen (insbesondere für die Schülerhände) an die aktuelle RISU angepasst werden] |
| 17 | <https://www.youtube.com/watch?v=TnY1S5IdVqI> | Animation des Reaktionsmechanismus der nucleophilen Substitution (SN1 und SN2) einschließlich der Darstellung der entsprechenden Energiediagramme |
| 18 | <https://www.u-helmich.de/che/Sek2/Organik/Mechanismen/AE/AE-02-Faktoren.html> | Homepage von Ulrich Helmich: Beschreibung von Faktoren, die den Ablauf der elektrophilen Additionsreaktion beeinflussen (z. B. induktive Effekte, sterische Effekte, Lösemitteleffekte) |
| 19 | <https://www.u-helmich.de/che/Q2/kunststoffe/polymerisation-01.html> | Homepage von Ulrich Helmich: Beschreibung des Mechanismus der radikalischen Polymerisation am Beispiel von Polyethylen |
| 20 | <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/chemie/artikel/polyethylen> | Informationsmaterial zu HD-PE und LD-PE: Synthesen, Eigenschaften, Verwendung der beiden PE-Arten |
| 21 | <https://plasticseurope.org/de/uber-uns/kunststoff-und-schule/schulbuch-kunststoffe-werkstoffe-unserer-zeit/> | Lehrwerk zu Kunststoffen für die SI von der Arbeitsgemeinschaft Deutsche Kunststoffindustrie; Teil C „Vom Kunststoff zum Fertigprodukt“ stellt in verständlicher Form wichtige Verarbeitungsverfahren von Kunststoffen u. a. auch zu Folien vor |
| 22 | <https://www.tagesschau.de/inland/plastiktueten-bundestag-101.html> | Homepage der Tagesschau: Kurzer Artikel zum Plastiktütenverbot der Tagesschau vom 27.11.2020 |
| 23 | [https://www.br.de/nachrichten/wissen/plastiktuetenverbot-fuer-deutsche-umwelthilfe-nicht-ausreichend,SstAtAc](https://www.br.de/nachrichten/wissen/plastiktuetenverbot-fuer-deutsche-umwelthilfe-nicht-ausreichend%2CSstAtAc) | Homepage des Bayrischen Rundfunks: „Plastiktütenverbot für die deutsche Umwelthilfe nicht ausreichend“ vom 28.12.2021 |
| 24 | <https://www.agvu.de/de/141-141/> | Homepage der Arbeitsgemeinschaft Umwelt und Verpackung: Hintergrundinformationen zur Recyclingfähigkeit von PE |
| 25 | <https://www.umweltbundesamt.de/kunststoffe#hinweise-zum-recycling> | Informationen des Umweltbundesamtes zu den Stoffströmen bei der Verwertung von Kunststoffabfällen für verschiedene Kunststoffe, u. a. PE |
| 26 | <https://sinplastic.com/verwertung-von-kunststoff/> | Übersichtsartikel zu Methoden des Kunststoffrecyclings (rohstoffliche und thermische Verwertung); Datenmaterial |
| 27 | <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6064> | Unterrichtsmaterial der Uni Göttingen: Versuchsbeschreibung zur Trennung von PE- und PVC-Abfällen[Materialien z. T. für die S I] |
| 28 | <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6064> | Unterrichtsmaterial der Uni Göttingen: Versuchsbeschreibung zur Trennung von Kunststoff-Abfällen |
| 29 | <https://www.chemieunterricht.de/dc2/plaste/> | Diverse Versuchsbeschreibungen zum Recycling von Kunststoffen, u. a. Umschmelzen von Polyethylen, Lösen und Aufschäumen von Polystyrol[Gefahrstoffpiktogramme H- und P-Sätze und Sicherheitshinweise müssen (insbesondere für die Schülerhände) an die aktuelle RISU angepasst werden] |
| 30 | <https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6076> | Unterrichtsmaterial der Universität Bremen zur „Warentest-Methode“; Methode sehr gut geeignet zur Bewertung von Kunststoffen, Material muss allerdings angepasst werden; |
| 31 | <https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/chemie/> | Lernaufgabe des IQB zum Kunststoffrecycling mit Schwerpunkt auf Kommunikations- und Bewertungskompetenzen |

Letzter Zugriff auf die URL 15.11.2022

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS NRW keinen Einfluss hat. Dementsprechend obliegt die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Regelungen dem jeweiligen Anbieter bzw. Betreiber. Im Sinne der gesetzlichen Gesamtverantwortung für den Datenschutz an Schulen prüfen Schulleitungen daher vor einem Einsatz der genannten Quellen eigenverantwortlich, inwieweit und unter welchen Bedingungen die Nutzung der genannten Quellen für den beabsichtigten Zweck datenschutzrechtskonform möglich ist. Ggf. resultiert aus einer solchen Prüfung im konkreten Fall, dass die allgemeine Nutzung weitestgehend nur auf freiwilliger Basis möglich ist, d.h. Schülerinnen und Schüler (oder deren Erziehungsberechtige) bzw. Lehrerinnen und Lehrer nicht oder nur eingeschränkt zur Nutzung verpflichtet werden können.]*