**UV 9.4: Gase – wichtige Ausgangsstoffe für Industrierohstoffe** **(ca. 10 Ustd.) (Power-to-Gas-Verfahren)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Fragestellung*** | **Inhaltsfelder**  **Inhaltliche Schwerpunkte**  **(fachliche Konkretisierung)** | **Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung** |
| *Wie lassen sich wichtige Rohstoffe aus Gasen synthetisieren?* | **IF8: Molekülverbindungen**   * Katalysatoren | UF1 Wiedergabe und Erklärung   * fachsprachlich angemessenes Erläutern chemischen Wissens   E6 Modell und Realität   * Beschreiben und Erklären chemischer Vorgänge und Zusammenhänge mithilfe von Modellen   K2 Informationsverarbeitung   * selbständiges Filtern von Informationen und Daten aus digitalen Medienangeboten   B2 Bewertungskriterien und Handlungsoptionen   * Festlegen von Bewertungskriterien |
| **weitere Vereinbarungen:**  **… zur Vernetzung:**   * Aktivierungsenergie ⭠ UV 7.2 * Treibhauseffekt⭢UV 10.5 | | |

| **Sequenzierung:**  ***Fragestellungen*** | **Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans**  Die Schülerinnen und Schüler können… | **Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen** |
| --- | --- | --- |
| *Wie lässt sich überschüssiger Strom in Form von Gasen speichern?*  *Wie lassen sich diese Gase zur Synthese neuer Stoffe nutzen?*  (ca. 6 Ustd.) | die Synthese eines Industrierohstoffs aus Synthesegas (z. B. Methan oder Ammoniak) auch mit Angabe von Reaktionsgleichungen erläutern (UF1, UF2),  die Wirkungsweise eines Katalysators modellhaft an der Synthese eines Industrierohstoffs erläutern (E6),  Informationen für ein technisches Verfahren zur Industrierohstoffgewinnung aus Gasen mithilfe digitaler Medien beschaffen und Bewertungskriterien auch unter Berücksichtigung der Energiespeicherung festlegen (B2, K2) | Kontext: Power-to-Gas-Verfahren  Problemorientierter Einstieg: Wie kann überschüssige Energie aus regenerativen Energiequellen gespeichert werden?  Folie „Power-to-Gas“ – Strom als Gas speichern [1] Erarbeitung der Power-to-Gas-Technologie im Überblick mithilfe eines interaktiven Arbeitsblattes [3] (alternativ über ein Video [4])  genauere Betrachtung der Verfahrensschritte:   1. Schritt: experimentelle Herstellung von Wasserstoff mithilfe einer Brennstoffzelle 2. Schritt: Methanisierung (Reaktion von Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff) anhand eines Arbeitsblattes unter besonderer Berücksichtigung der Katalyse [4]; optional: Lehrerdemonstrationsexperiment zur Methanisierung [5]   Bedeutung des Katalysators für die Reaktion: Heterogene Katalyse [6, 7]   * Definition und Bedeutung der Katalyse * Animation zu den Schritten einer heterogenen Katalyse [7] * optional bzw. als Differenzierung: weitere Beispiele für Katalysen (z. B. Enzyme)   Vertiefung (optional bzw. als Differenzierungsmöglichkeit): Recherche zu Power-to-Chemicals (Herstellung von Methanol, Ammoniak, Dimethylether) [9] |
| *Ist das „Power-to-Gas“-Verfahren der Schlüssel zur nachhaltigen Energieversorgung?*  (ca. 4 Ustd.) | Informationen für ein technisches Verfahren zur Industrie­rohstoffgewinnung aus Gasen mithilfe digitaler Medien beschaffen und Bewertungskriterien auch unter Berück­sichtigung der Energiespeicherung festlegen (B2, K2). | angeleitete Internetrecherche zu Vor- und Nachteilen des Power-to-Gas-Verfahrens  Erstellen einer Wandzeitung zu Vor- und Nachteilen des Verfahrens anhand vorgegebener Kriterien (Ökologie, Ökonomie, technische Umsetzbarkeit) mit Museumsgang  Alternativ:  Pro-Contra-Debatte zu „Wasserstoff - Energiespeicher der Zukunft?“ |

**weiterführendes Material:**

| **Nr.** | **URL / Quellenangabe** | **Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle** |
| --- | --- | --- |
| 1 | Fonds der Chemischen Industrie: Innovationen in der Chemie – Materialien, Wirkstoffe und Verfahren für unsere Zukunft  <https://www.vci.de/fonds/schulpartnerschaft/unterrichtsmaterialien/unterrichtsmaterial-innovationen-chemie-materialien-wirkstoffe-verfahren.jsp?fsID=64268> | Informationen zu nachhaltiger Energienutzung; Beschreibung des Power-to-Gas-Verfahrens mit einem detaillierten Schaubild Seite 37 |
| 2 | https://www.powertogas.info/ | Strategieplattform zum Power-to-Gas-Verfahren der deutschen Energie-Agentur; ausführliche Hintergrundinformationen zum Power-to-Gas-Verfahren (z. B. zur Technologie und zur Nutzung) |
| 3 | <https://www.energie-macht-schule.de/content/interaktives-arbeitsblatt-power-gas-speicherpotenzial-im-gasnetz>  http://www.energie-macht-schule.de/sites/default/files/documents/Power-to-Gas.pdf | interaktive Arbeitsblätter zur Erarbeitung des Power-to-Gas-Verfahrens; für die Altersstufe geeignet; |
| 4 | So funktioniert Power-to-Gas  <https://www.youtube.com/watch?v=qAWcdLudC_c> | verständliches Erklärvideo der Hochschule für Technik Rapperswil zum Power-to-Gas-Verfahren (Elektrolyse von Wasser mit anschließender Methanisierung) |
| 5 | Marko Oetken u. a.: „Power-to-Gas“ – ein Baustein zur schulpraktischen Umsetzung der Energiewende; CHEMKON 2017, 24, Nr. 1, 7-12  https://www.ph-freiburg.de/chemie/linksmaterial.html | Chemkon-Artikel: Experimentiervorschrift eines Lehrerexperiments zur Methanisierung (Unterscheidung der Produkte und Edukte anhand der Verbrennungsenthalpien); sehr aufwändig und für die Altersstufe in NRW nur bedingt geeignet;  Auf der Homepage sind zum Experiment die Videos verfügbar. |
| 6 | „Alles ganz schön oberflächlich – Warum Forscher noch mehr über Katalyse wissen wollen“, TECHMAX Ausgabe 10, Sommer 2008  <https://www.max-wissen.de/Fachwissen/show/5512> | umfangreiches Informationsmaterial der Max-Planck-Gesellschaft für Lehrkräfte und Schüler zur Katalyse mit Schwerpunkt auf der heterogenen Katalyse; ausführliche Betrachtung des Autokatalysators und der Katalyse beim Haber-Bosch-Verfahren |
| 7 | <http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/10/heterogene_katalyse/teilschritte_der_katalyse/teilschritte_der_katalyse.vlu.html> | einfache Flash-Animation zum Ablauf der heterogenen Katalyse; Darstellung aller Teilschritte für eine beliebige Gasreaktion |
| 8 | Katalysatoren – Multitalent Katalysator  <https://www.youtube.com/watch?v=1LFXYQej8_c> | interessantes Überblick-Video der Max-Planck-Society zur Bedeutung und Funktion der Katalyse, sehr gut erklärt und verständlich |
| 9 | Zu viel CO2 aus dem Verkehr: Ist Elektromobilität die Lösung?  <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/nadc.20194083851> | sehr gut aufbereiteter Übersichtsartikel zu Vor- und Nachteilen verschiedener Antriebstechniken (z. B. durch fossile und nachwachsende Treibstoffe, Batterien, Brennstoffzellentechnik); der Artikel ist kostenpflichtig, für GdCH-Mitglieder allerdings frei zugänglich |

letzter Zugriff auf die URL: 06.07.2019