

## **Schulinterner Lehrplan**

Das übergreifende Thema „Denken in Kreisläufen“ eröffnet den Fachlehrern vielerlei Möglichkeiten der Gestaltung des Differenzierungskurses. Der folgende Überblick zeigt einen möglichen Unterrichtsverlauf. Die inhaltlichen Schwerpunkte wiederholen sich in allen Folgejahrgängen, um Rückgänger nicht vor völlig neue Inhalte zu stellen. Es verbleibt aber Freiraum, um z.B. Themen wie Glas- und/oder Kunststoffherstellung und –recycling zu behandeln.

### **Kriminalgeschichte**

#### **1. Vorarbeiten**

- 1.1. Mikroskopische Untersuchung von Haaren
  - 1.1.1. Umgang mit den Geräten
  - 1.1.2. Vergleichskriterien (Dicke, Farbe, Oberfläche, Reißfestigkeit u.a.)
  - 1.1.3. Dokumentation
- 1.2. Chromatografie
  - 1.2.1. Funktionsprinzip (Adsorbierbarkeit)
  - 1.2.2. Laufmittel (Arten, Eigenschaften)
  - 1.2.3.  $R_f$ -Werte und ihre Berechnung / Bedeutung
  - 1.2.4. Dokumentation
- 1.3. saure und basische Lösungen
  - 1.3.1. die pH-Skala
  - 1.3.2. Universalindikatorlösung./-papier
  - 1.3.3. Dokumentation

#### **2. Der Fall und seine Umstände**

- 2.1. Ermittlungsprotokoll
  - 2.1.1. Faktenwissen zum Tathergang
  - 2.1.2. Spurensicherung
  - 2.1.3. Vernehmungen
- 2.2. Indiziensammlung
  - 2.2.1. Pulverrückstände
  - 2.2.2. Fingerabdrücke
  - 2.2.3. Stifte
  - 2.2.4. Fasern
  - 2.2.5. Motive
  - 2.2.6. Notizbuch
- 2.3. praktische Untersuchungen zur Täterüberführung
  - 2.3.1. Stoffeigenschaften der Pulverrückstände ermitteln (Lösl., pH, el. Leitf., Verhalten b. Erhitzen, ...)
  - 2.3.2. Fingerabdrücke vergleichen (Formen, Linien, Druck, ...)
  - 2.3.3. Chromatogramme anfertigen und auswerten (Farben, Verlauf,  $R_f$ -Werte)
  - 2.3.4. Fasermikroskopie (vgl. 1.1.)
  - 2.3.5. Kontostände ermitteln (logische mathematische Codes knacken)
  - 2.3.6. „leere“ Seite des Notizbuches eigenen Prüfmethode unterziehen (UV-Licht, Hitze, Indikator, ...)
  - 2.3.7. Zuordnung der Indizien (Belastung der Verdächtigen)

#### **3. Abschluss und Anklage-Plädoyers**

- 3.1. Kriterien für ein überzeugendes Plädoyer (flüssig, verständlich, strukturiert, vollständig, exakt, ...)
- 3.2. Vortragsarten / -weisen (frei, einzeln, abwechselnd, Stimmlage, Gestik, Mimik, ...)
- 3.3. Halten und Bewerten der Plädoyers (Kriterien s.o.)
- 3.4. Abschlussbesprechung

# W a s s e r u n d W a s s e r k r e i s l a u f

- 1. Untersuchung von Wasserproben bezüglich der elektrischen Leitfähigkeit**
  - 1.1. Voraussetzungen:
    - 1.1.1. Kenntnisse über Stromkreis, Stromquellen (Gleich- und Wechselstrom), Messgeräte (Einbau in den Stromkreis, Funktion und Bedienung, Messbereiche), Größen und Einheiten
    - 1.1.2. physikalische Grundgesetze (hier: „Ohmsches Gesetz“), Stromstärke als geeigneter Parameter für die Feststellung der Leitfähigkeit in Abhängigkeit von der Spannung, Fachbegriffe
  - 1.2. Leitfähigkeitsprüfungen verschiedener Wasserproben, Bau eines einfachen LF-Prüfers
    - 1.2.1. „Salzgehalt“ als entscheidender Faktor für Leitfähigkeit, bewegliche Ladungsträger, „Ionen“
    - 1.2.2. Feststellung unterschiedlicher Messwerte bei gleichen Wasserproben
    - 1.2.3. Ermittlung der Ursachen der unterschiedlichen Messwerte
  - 1.3. Untersuchungen: Einfluss verschiedener Parameter auf die Messergebnisse (Stromstärke)
    - 1.3.1. Elektrodenabstand und -stellung
    - 1.3.2. Eintauchtiefe der Elektroden (hier: Länge der blanken Kabelenden der gebastelten Prüfer)
    - 1.3.3. Temperatur
    - 1.3.4. grafische Auswertungen, Kurzvorträge
  - 1.4. Gerätespezifische und weitere Einflüsse
    - 1.4.1. Messbereichswechsel innerhalb einer Messreihe
    - 1.4.2. Fehlfunktionen von Kabeln, Messgeräten
    - 1.4.3. Abweichungen der tatsächlich gemessenen Spannungen der Stromquellen von den auf der Skala angezeigten Werten
    - 1.4.4. Menschliches Fehlverhalten als Ursache (Ablesefehler, Bedienungsfehler, Rechenfehler, Auswertungsfehler, Übertragungsfehler etc.)
  - 1.5. Herstellen der Vergleichbarkeit von Messergebnissen der Gruppen (Standardisierung)
    - 1.5.1. Festlegung der Parameter bezüglich der Elektroden (Abstand, Parallelität, Eintauchtiefe)
    - 1.5.2. Festlegung des Messbereiches durch eine gut leitfähige „Eichlösung“ (z.B. Atlantikwasser), Ausschöpfung des Messbereiches
    - 1.5.3. Einstellung der Spannung, die in der Eichlösung bei allen zur gleichen Stromstärke führt
  - 1.6. Durchführung von Messreihen unter standardisierten Bedingungen
    - 1.6.1. Messungen von unterschiedlich leitenden Proben
    - 1.6.2. Einteilung der Wasserproben in Gruppen
- 2. Untersuchung von Wasserproben bezüglich der enthaltenen Feststoffe**
  - 2.1. Bestimmung der Feststoffgehalte
    - 2.1.1. Methodenfestlegung (Gravimetrie, Größen, Einheiten)
    - 2.1.2. Eindampfen festgelegter Volumina und Auswiegen der Rückstände
    - 2.1.3. Berechnung der Gehalte pro Liter Lösung ( $c_m = m / V$ )
  - 2.2. Auswertung der Untersuchungen
    - 2.2.1. grafische Darstellung der Feststoffgehalte gegen die Stromstärke (Leitfähigkeit)
    - 2.2.2. Untersuchung der Grafik auf Gesetzmäßigkeiten (vgl. 1.2.1.)
    - 2.2.3. Unregelmäßigkeiten und Lücken interpretieren (Ionenart, Ionengröße, nicht leitende gelöste Bestandteile, z.B. organische Stoffe wie Zucker u.a.)
  - 2.3. Qualitative (vereinfachte) Analysemethoden
    - 2.3.1. Säure-Base-Test mit Universalindikator, pH-Wert
    - 2.3.2. Fällungsreaktionen mit Silbernitratlösung (Halogene außer Fluor, Phosphate)
    - 2.3.3. Weitere Fällungen (Sulfate mit Bariumchloridlsg., Calcium mit Oxalatlsg./Oxalsäure)
    - 2.3.4. Flammenfärbungen (s. regulärer Chemieunterricht, Chemielehrbuch)
  - 2.4. Quantitative Analyse der Proben (nur Chlorid)
    - 2.4.1. Lösung der Proben in definierter Wassermenge
    - 2.4.2. Fällung und gravimetrische Bestimmung (s. 2.1.)
    - 2.4.3. Ermitteln von Feststofffrachten einiger Flüsse (Literaturarbeit, Internetrecherche)

### **3. Die Rolle der Atmosphäre**

- 3.1. Die Atmosphäre als Destillationsapparat
  - 3.1.1. Destillation von bereits untersuchten Wasserproben
  - 3.1.2. Untersuchung der Destillate mit den bekannten Methoden (s. 1.6.1., 2.3.1.)
  - 3.1.3. Eigenschaften von destilliertem Wasser
  - 3.1.4. Exkurs: demineralisiertes Wasser, Ionenaustauscher
- 3.2. Natürliche Bestandteile der Luft
  - 3.2.1. Umgang mit Gasflaschen
  - 3.2.2. Einleitung einzelner Gase in dest. Wasser
  - 3.2.3. Abhängigkeit der Löslichkeit von Druck und Temperatur
  - 3.2.4. Untersuchung von Leitfähigkeit und pH-Wert der Lösungen
  - 3.2.5. chemische Reaktion von  $\text{CO}_2$  mit dest. Wasser (Kohlensäure  $\text{H}_2\text{CO}_3$ )
  - 3.2.6. Protolysestufen (Hydrogencarbonat  $\text{HCO}_3^-$  und Carbonat  $\text{CO}_3^{2-}$ )

### **4. Der natürliche Kalk-Kohlensäure-Kreislauf**

- 4.1. Kalksteinminerale Kalk und Dolomit
  - 4.1.1. Qual. Nachweis von  $\text{CO}_2$  mit Kalkwasser [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lsg.] als Kalk [ $\text{CaCO}_3$ ]
  - 4.1.2. chemische Zusammensetzung von Dolomit
- 4.2. Löslichkeit und Bildung von Kalk
  - 4.2.1. Lösen von Kalk mit Kohlensäure, Bildung von Hydrogencarbonat (s. 3.2.6.)
  - 4.2.2. Kalkbildung durch Verdunsten/Verdampfen (Tropfsteine, Sinterkalk, Kesselstein)
- 4.3. Wasserhärte
  - 4.3.1. Definition und Einheit (10 mg CaO pro Liter als 1°dH)
  - 4.3.2. Herstellung gesättigter Lösungen von  $\text{CaCO}_3$
  - 4.3.3. gravimetrische Bestimmung des Kalkgehaltes
  - 4.3.4. stöchiometrische Umrechnung auf CaO (ca. 18 : 10)
  - 4.3.5. weitere Salze, die die Härte bedingen ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ )
  - 4.3.6. „Kalkseife“
  - 4.3.7. Anwendungen und Berechnungen
- 4.4. Entkalkungsmethoden
  - 4.4.1. Anwendung organischer Säuren (vgl. 4.1.)
  - 4.4.2. chemische Entsalzung, Enthärtung (vgl. auch 3.1.4.)

### **5. Einflüsse des Menschen - Luftverschmutzung / Klimaveränderungen (Projektarbeit)**

- 5.1. Weitere Luftbestandteile, Abgase (Ergänzung zu 3.2.)
  - 5.1.1. Schwefeldioxid, Ursachen und chem. Rkt. mit Wasser (schweflige Säure  $\text{H}_2\text{SO}_3$ )
  - 5.1.2. Oxidation von  $\text{SO}_2$ , Rkt. mit Wasser (Schwefelsäure  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
  - 5.1.3. Stickoxide  $\text{NO}_x$ , Ursachen und chem. Rkt. mit  $\text{O}_2$  und Wasser (Salpetersäure  $\text{HNO}_3$ )
  - 5.1.4. saurer Regen
- 5.2. Einwirkung von Säuren auf Bodenbestandteile und Baustoffe
  - 5.2.1. Reaktion verdünnter Säuren mit Marmor und Muschelkalk (vgl. 4.4.)
  - 5.2.2. Salze der Säuren (insbes. Sulfate, Nitrate, aber auch Chloride, Acetate)
  - 5.2.3. Zerfall von Kalksandstein und seine Folgen
- 5.3. Treibhauseffekt
  - 5.3.1. Wasser- und Wärmehaushalt der Erde
  - 5.3.2. natürliche Klimaschwankungen (Daten/Ursachen/Folgen)
  - 5.3.3. Treibhausgase (natürliche, anthropogene/Ursachen/Folgen)
  - 5.3.4. Klimamodelle (Klimawandel oder Klimakatastrophe ?)
- 5.4. Handlungsbedarf
  - 5.4.1. Energieerzeugung/-verbrauch
  - 5.4.2. Energiesparpotenziale
  - 5.4.3. alternative Energieerzeugung heute und morgen
  - 5.4.4. Zukunftsvisionen („übermorgen“)

# Auto - Motor - Luft

## 1. Einführung

- 1.1. Verbrennungsmotoren
  - 1.1.1. Zweitaktmotoren (Funktion, Vor-/Nachteile, Schmierung, Umweltproblematik)
  - 1.1.2. Viertaktmotoren (Funktion, Unterschied Benzin-/Dieselmotor)
  - 1.1.3. Wankelmotor (Funktion, Schmierung, moderne Werkstoffe, Renaissance im Auto)

## 2. Brennstoffe

- 2.1. Kohlenwasserstoffe und Alkohole
  - 2.1.1. Dampfdruck
  - 2.1.2. Flammtemperatur / Flammerscheinungen
  - 2.1.3. Entzündungstemperatur / Brenntemperatur
  - 2.1.4. Verbrennung an der Luft
  - 2.1.5. Explosionsgrenzen in Brennstoff-Luft-Gemischen (mit Versuch)
  - 2.1.6. Druckerzeugung
- 2.2. Besonderheiten bei Benzin und Diesel
  - 2.2.1. Die Oktanzahl
  - 2.2.2. Die Cetanzahl
  - 2.2.3. Zusammenhang Oktan-/Cetanzahl
  - 2.2.4. Verdichtung und Zündtemperatur
- 2.3. Übungsaufgaben zur Berechnung von Fahrzeugdaten
  - 2.3.1. Hubraum und Gesamtvolumen
  - 2.3.2. Zylinderdruck / Verdichtungsverhältnis
  - 2.3.3. Kraftstoffverbrauch
- 2.4. Biodiesel
  - 2.4.1. Veresterung von Rapsölfettsäuren mit Methanol
  - 2.4.2. Eigenschaften, Flammtemp., Verbrennung
  - 2.4.3. Vor- und Nachteile nachwachsender Rohstoffe
  - 2.4.4. Verseifung des RME
  - 2.4.5. Waschwirkung / Kalkseife (vgl. WP II PH/CH 9 TF, 4.3.6.)

## 3. Verbrennung / Abgase

- 3.1. Hauptbestandteile  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$ 
  - 3.1.1. Reaktionsgleichungen, Stoffmengen
  - 3.1.2. Mengenerrechnungen für Fahrzeuge
  - 3.1.3. Vergleich Diesel - Biodiesel
- 3.2. weitere Abgase und Folgeprodukte
  - 3.2.1. Stickstoff- und Schwefelkreisläufe, Eingriffe des Menschen
  - 3.2.2. Troposphäre als Photoreaktor, Ozon und Radikale
  - 3.2.3. Wirkung von Ozon
  - 3.2.4. Exkurs: Ozonloch: Stratosphäre als Photoreaktor
  - 3.2.5. Winter- und Sommersmog (London/Los Angeles)
  - 3.2.6. Gesamtatmosphäre und Verweildauer ausgewählter Stoffe

## 4. Abgasreinigung

- 4.1. Oberflächenkatalyse
  - 4.1.1. Funktion eines Platinkatalysators
  - 4.1.2. Demonstrationsexperiment mit Wasserstoff
- 4.2. Autokatalysator
  - 4.2.1. Aufbau
  - 4.2.2. Reaktionen
  - 4.2.3.  $\lambda$ -Sonde,  $\lambda$ -Fenster
  - 4.2.4. magere und fette Gemische
  - 4.2.5. Computersimulationen
- 4.3. Feinstaub, Rußpartikel, Filteranlagen
  - 4.3.1. aktuelle Diskussion, EU-Richtlinien, Umweltzonen, Fahrverbote

# W a s s e r s t o f f t e c h n o l o g i e

## 1. Elektrolytische Gewinnung von H<sub>2</sub>

- 1.1. Wh. Stromkreis, Leitfähigkeit
  - 1.1.1. Leitfähigkeitsversuche mit Stromstärkemessung bei Wechselspannung
  - 1.1.2. Grafische Auswertung (Wh. Ohmsches Gesetz)
  - 1.1.3. Leitfähigkeitsversuche mit Stromstärkemessung bei Gleichspannung
  - 1.1.4. Grafische Auswertung (Zersetzungsspannung, Überspannung)
- 1.2. Elektrolytische Zersetzung von angesäuertem Wasser / alkalischem Wasser
  - 1.2.1. chemische Reaktionen an den Elektroden (Redox-Teilreaktionen)
  - 1.2.2. Einfluss der Reaktionsbedingungen (z.B. T, p, Elektrodenmaterial, c<sub>n</sub> usw.)
  - 1.2.3. Trennung der Gasentwicklungsräume (Hofmann-Zersetzer)

## 2. Elektrochemische Grundlagen

- 2.1. Wichtige quantitative Beziehungen in der Elektrizitätslehre
  - 2.1.1. Bezug zw. elektr. Ladung (Q), Stromstärke (I) und Zeit (t)
  - 2.1.2. Bezug zw. Spannung (U) und elektr. Ladung : elektr. Arbeit (W<sub>el</sub>)
- 2.2. Faraday-Gesetze / Gasgesetze
  - 2.2.1. Ionen, Ladungszahl (z) und Elektronenbedarf zur Entladung (Faraday-Konstante)
  - 2.2.2. Bezug zw. Stoffmenge (n) und el. Ladung (Q = n·z·F)
  - 2.2.3. Umrechnungen von n in Massen (m) und Vol. (V) u.a.

## 3. Versuchsreihen zur elektrolytischen H<sub>2</sub>-Gewinnung

- 3.1. Quantitative Versuchsreihen
  - 3.1.1. Elektrolyse bei konst. Spannung/konst. Konz. mit versch. Elektrodenmaterialien
  - 3.1.2. Elektrolyse bei konst. Spannung/konst. Konz. bei versch. Temperaturen
  - 3.1.3. Elektrolyse bei konst. Spannung mit versch. Säure-/Basekonz. an Pt
  - 3.1.4. Elektrolyse bei konst. Säure-/Basekonz. mit versch. Stromstärken (über U) an Pt
- 3.2. Auswertung der äußeren Bedingungen
  - 3.2.1. Bestimmung des optimalen Elektrodenmaterials, Rolle der Oberfläche
  - 3.2.2. Bestimmung der optimalen Elektrolysetemperatur
- 3.3. Auswertung der Elektrolysedaten
  - 3.3.1. Bestimmung der exp. gefundenen Stoffmengen von H<sub>2</sub>
  - 3.3.2. Bestimmung der exp. gefl. Ladungsmenge und der exp. geleisteten el. Arbeit
  - 3.3.3. Berechnung der theoret. zu erwartenden Stoffmenge H<sub>2</sub>
  - 3.3.4. Wirkungsgrad  $\eta$  der elektrolytischen Zersetzungen in den Versuchen über  $n_{\text{exp}} / n_{\text{theor}}$
  - 3.3.5. Wirtschaftlichkeit von Elektrolysen: W<sub>el</sub> pro mol H<sub>2</sub>
  - 3.3.6. Verbesserungsmöglichkeiten von Wirkungsgrad und Wirtschaftlichkeit
  - 3.3.7. Exkurs: Stand der Wasserstofftechnologie (wie wird H<sub>2</sub> heute gewonnen ?)

## 4. Wasserstoff als Energieträger

- 4.1. Möglichkeiten der Oxidation von Wasserstoff zu Wasser
  - 4.1.1. Verbrennungen (Heizung, Verbrennungsmotoren, ...)
  - 4.1.2. Umkehrung der Elektrolyse, Reaktionsschritte
- 4.2. Prinzip von Brennstoffzellen (Strom- und Wärmegegewinnung)
  - 4.2.1. Eigenbau einer einfachen Brennstoffzelle mit H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> aus Flaschen
  - 4.2.2. Eigenbau einfacher Brennstoffzellen mit H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> aus chem. Rkt.
  - 4.2.3. optional: Stand der Technik bei Brennstoffzellen, Anwendung, andere Brennstoffe als H<sub>2</sub>

Die Fachkonferenz wird darüber beraten, ob Inhalte, die in den Kernlehrplänen auftauchen, im WP II vertiefend behandelt werden oder ggfs. gestrichen und durch andere Themen ersetzt werden.