

Kommentierter Themenschwerpunkt 2: Elektrolyse

Grundlagenwissen: Ich sollte ...

- grundlegende Begriffe der Elektrochemie definieren und sicher anwenden können (Oxidation, Reduktion, Oxidationszahl, Oxidationsmittel, Reduktionsmittel, Redoxpaar, Redoxreaktion, galvanisches Element, Elektrolyse, Elektrolysezelle, Elektrolyt, Elektrode, Ionenbrücke, Halbzelle, Donator, Akzeptor, Diaphragma, Spannung, Potential, Potentialdifferenz, Standardelektrodenpotential, Lösungstension, Abscheidungsdruck, elektrochemisches Gleichgewicht, Ableitelektrode, inerte Elektrode, homogenes Redoxgleichgewicht, heterogenes Redoxgleichgewicht, Brennstoffzelle, Lokalelement, Lokalanode, Lokalkathode).
- Oxidationszahlen von Atomen in organischen und anorganischen Verbindungen ermitteln können.
- Redoxreaktionen sicher identifizieren und von anderen Reaktionstypen (Säure-Base-Reaktion, Fällungsreaktion usw.) unterscheiden können.
- Redoxgleichungen einfacher und komplizierter Redoxreaktionen schrittweise aufstellen können.
- eine experimentelle Vorgehensweise beschreiben können, mit der man die Redoxreihe und Spannungsreihe der Metalle und Nichtmetalle ermitteln kann.
- die Bedeutung der Spannungsreihe erläutern können und diese sicher für die Vorhersage von Reaktionen (galvanisches Element (freiwillig) oder Elektrolysezelle (erzwungen)?) nutzen können.
- das Prinzip eines galvanischen Elementes sowie die Alltagsrelevanz erläutern können (u.a. räumliche Trennung der Reaktionspartner).
- die Vorgänge im Daniell-Element detailliert erläutern können sowie die Funktion der einzelnen Bestandteile (Elektroden, Elektrolyt, Ionenbrücke,...) erklären können.
- das Zelldiagramm beliebiger galvanischer Elemente formulieren können.
- genau erklären können, wie es zur Ausbildung eines Potentials und einer Potentialdifferenz kommt (Modell der Helmholtz'schen Doppelschicht).
- das Modell der Helmholtz'schen Doppelschicht nutzen können, um zu erklären, warum das Elektrodenpotential konzentrations- und temperaturabhängig ist.
- die Normalwasserstoffelektrode skizzieren und erläutern können (in Funktion und Bedeutung!)
- erläutern können, wie man das Standardelektrodenpotential (Normalpotential) eines jeden Redoxpaares bestimmen kann.
- aus Normalpotentialen Spannungen galvanischer Elemente bzw. Mindestspannungen für Elektrolysen berechnen können.
- begründen können, warum das Elektrodenpotential konzentrationsabhängig sein muss.
- die Nernst'sche Gleichung anwenden können, um das Elektrodenpotential von Halbzellen zu errechnen, in denen keine Standardbedingungen herrschen.

Vorgabe	Kommentar: Was sollte ich können? Ich sollte ...
Aufbau und Funktion der Elektrolysezelle	<p>...den prinzipiellen Aufbau einer Elektrolysezelle zeichnen können (Elektrolyt, Elektroden, Gleichspannungsquelle, ggf. Diaphragma/Membran)</p> <p>...die prinzipielle Funktionsweise einer Elektrolysezelle erläutern können</p> <p>...die elektrochemischen Vorgänge an der Anode und der Kathode für jede beliebige Elektrolysezelle formulieren können.</p> <p>...Ionenwanderungen während der Elektrolyse begründen können.</p> <p>... den Weg der Elektronen beschreiben können.</p>
Elektrolysezelle als Umkehrung der galvanischen Zelle	<p>... erläutern können, dass eine Elektrolyse immer ein erzwungener Prozess und somit die Umkehrung des entsprechenden galvanischen Elements ist.</p> <p>... Elektrolysezelle und galvanisches Element anhand sinnvoller Aspekte vergleichen können.</p> <p>... dabei Bezug auf die Gibbs-Energie und Reversibilität von Reaktionen nehmen.</p> <p>... unter Zuhilfenahme der Spannungsreihe und im Zweifelfall auch der Nernst'schen Gleichung vorhersagen können, ob eine Redoxreaktion freiwillig oder erzwungen abläuft.</p> <p>... Plus- und Minuspol, Anode und Kathode, Reduktion und Oxidation sicher zuordnen können (sowohl für das galvanische Element als auch für die Elektrolysezelle)</p>
Standardelektrodenpotenziale und Zersetzungsspannung	<p>... sicher zwischen „Potential“ und „Spannung“ (Potentialdifferenz) unterscheiden können.</p> <p>... den Begriff „Standardelektrodenpotential“ und „Abscheidungspotential“ definieren können.</p> <p>... die Normalwasserstoffelektrode skizzieren und erläutern können (in Funktion und Bedeutung!)</p> <p>... erläutern können, wie man das Standardelektrodenpotential (Normalpotential) eines jeden Redoxpaares bestimmen kann.</p> <p>... die Bedeutung der Spannungsreihe erläutern können und diese sicher für die Vorhersage von Reaktionen (galvanisches Element oder Elektrolysezelle?) sowie für die Spannungsberechnung nutzen können.</p> <p>... den Begriff „Zersetzungsspannung“ definieren können.</p> <p>... begründen können, ob es sich bei einer berechneten Potentialdifferenz um eine Zersetzungsspannung oder um die Spannung eines galvanischen Elementes handelt.</p> <p>... die theoretisch zu erwartende Zersetzungsspannung berechnen können.</p> <p>... ein Verfahren zur experimentellen Bestimmung der Zersetzungsspannung beschreiben können.</p> <p>... ein Spannungs-Stromstärke-Diagramm auswerten und interpretieren können.</p> <p>... erläutern können, warum die Zersetzungsspannung überschritten werden muss, um nennenswerte Stoffumsätze zu erhalten.</p> <p>... erläutern können, dass zwischen der theoretisch zu erwartenden und der tatsächlich beobachtbaren Zersetzungsspannung eine Differenz besteht.</p> <p>... den Begriff „Überspannung“ und „Überpotential“ (leider wird oft auch letzteres als Überspannung bezeichnet) definieren und unterscheiden können.</p> <p>... das Abscheidungspotential als Summe des Standardelektroden-</p>

	<p>potentials und des Überpotentials definieren können. ... die Zersetzungsspannung als die Differenz zweier Abscheidungspotentiale definieren können. ... mit Hilfe gegebener Überpotentiale und Standardelektrodenpotentiale die Zersetzungsspannung berechnen können.</p>
Elektroden-gleichgewichte: heterogene und homogene Redoxgleichgewichte	<p>... definieren können, was ein heterogenes Redoxgleichgewicht ist. ... Beispiele für Fest-flüssig-Gleichgewichte kennen und entsprechende Halbzellen zeichnen können. ... dabei galvanische Elemente skizzieren können, bei denen die Elektrode in die Reaktion involviert / nicht involviert ist. ... Beispiele für Gas-flüssig-Gleichgewichte kennen und entsprechende Halbzellen zeichnen können. ... definieren können, was ein homogenes Redoxgleichgewicht ist. ... Halbzellen mit homogenen Redoxgleichgewichten skizzieren können. ... in diesem Zusammenhang erläutern können, was eine „inerte Elektrode“ / „Ableitelektrode“ ist. ... zu einer vorliegenden Elektrolysezelle alle denkbaren elektrochemischen Vorgänge für die Anode und Kathode formulieren können und dann unter Einbeziehung der Überpotentiale entscheiden können, welcher elektrochemische Vorgang tatsächlich abläuft. ... inerte Elektrodenmaterialien kennen.</p>
Elektroden-gleichgewichte: Lösungs- und Abscheidungs-vorgänge	<p>... das Modell der Helmholtz-Doppelschicht anwenden können. ... erläutern können, wovon es abhängt, ob sich in einer Halbzelle die Ionen als Metall an der Elektrode abscheiden oder ob das Elektrodenmaterial als Ion in Lösung geht. ... die entsprechenden Redoxreaktionen formulieren können.</p>
Technische Elektrolysen: Chloralkalielektrolyse	<p>... den Begriff „Chloralkalielektrolyse“ erklären können. ... eine beschriftete Modellskizze des Verfahrens zeichnen können. ... nennen können, welche drei Produkte bei der Chloralkalielektrolyse anfallen und wozu man sie benötigt</p> <p>Zu den drei Verfahrensweisen Membran-Verfahren, Diaphragma-Verfahren, Amalgam-Verfahren...</p> <p>... eine beschriftete Skizze der Elektrolysezelle zeichnen können. ... die Vorgänge am Pluspol und am Minuspol begründet formulieren können. ... die Bedeutung von Überpotentialen erläutern können. ... die Zusammensetzung von Anolyth und Katholyth nennen und begründen können. ... erläutern können, wie und warum Anolyt und Katholyth getrennt werden. ... ggf. die Reinigung der Produkte beschreiben können. ... Vorteile und Nachteile benennen und die drei Verfahren gegeneinander abwägen können.</p>
Technische Elektrolysen: Kupferraffination	<p>... den Begriff „Raffination“ erklären können. ... eine beschriftete Modellskizze des Verfahrens zeichnen können. ... die Herstellung von Rohkupfer aus Kupferglanz (Cu_2S) in Worten und Verwendung von Reaktionsgleichungen beschreiben können. ... erläutern können, warum man überhaupt hochreines Kupfer benötigt. ... die elektrochemische Funktionsweise unter Zuhilfenahme von Teilgleichungen erläutern können. ... erläutern können, welche Teilreaktionen an Plus- und Minuspol ablaufen. ... erläutern können, warum Rohkupfer als Anode und Reinkupfer</p>

	<p>als Kathode geschaltet wird und nicht andersherum. ... erklären können, was mit elementaren Verunreinigungen geschieht, die edler bzw. unedler als Kupfer sind. ... erklären können, warum sich an der Kathode kein Eisen, Zink usw. abscheiden.</p>
Technische Elektrolysen: Wasserstoffgewinnung	<p>... die elektrochemischen Vorgänge bei der Elektrolyse einer Kaliumhydroxid-Lösung detailliert erläutern können. ... die pH-Abhängigkeit des Potentials einer Wasserstoffhalbzelle und einer Sauerstoffhalbzelle beschreiben und mithilfe der Nernst-Gleichung mathematisieren können. ... ebenso die Wasserstoffgewinnung aus sauren Lösungen erläutern können. ... erklären können, warum noch heute ein Großteil des Wasserstoffs nicht elektrolytisch aus Wasser, sondern aus Erdgas (Methan) oder Erdöl gewonnen wird.</p>
Anwendung der Faraday'schen Gesetze.	<p>... das erste und zweite Faraday'sche Gesetz nennen können. ... eine experimentelle Vorgehensweise zur Herleitung der Faraday-Gesetze, zur Proportionalität zwischen abgeschiedener Stoffmenge und der Zeit bzw. der Stromstärke erläutern können. ... die Ladungsmenge Q bei gegebener Zeit und Stromstärke berechnen können. ... die Ladungsmenge Q berechnen können, die nötig ist, um 1 mol einer gegebenen Teilchensorte abzuscheiden. ... die Ladungsmenge Q berechnen können, die nötig ist, um eine gewünschte Masse eines gegebenen Stoffes abzuscheiden. ... die Faraday-Konstante F nennen, aus gegebenen Daten berechnen und in ihrer Bedeutung erläutern können. ... die Gleichung $n = (I \cdot t) / (z \cdot F)$ für die Berechnung verschiedener Größen anwenden können: Berechnung von Massen, Volumina, Stoffmenge, Stromstärken, Zeiten, die elektrische Energie (elektrische Arbeit W) berechnen können. ... Stromkosten berechnen können. ... Gründe angeben können, weshalb eine Elektrolysezelle nie eine Ausbeute (Stromausbeute) von 100 % aufweist. ... die Ausbeute einer Elektrolyse aus gegebenen Daten berechnen können bzw. eine gegebene Ausbeute in die Kalkulation benötigter Elektrolysezeiten, -ströme etc. einbeziehen.</p>
Anwendung der Nernst'schen Gleichung	<p>... den Sinn der Nernst'schen Gleichung erläutern können. ... modellhaft erklären können, warum das Redoxpotential konzentrations- und temperaturabhängig ist. ... die Nernst'sche Gleichung in verschiedenen Formen (\ln, \lg, auf 25°C bezogen, mit einsetzbarer Temperatur usw.) notieren können. ... für alle denkbaren Redoxpaare/Halbzellen die Nernst'sche Gleichung sicher aufstellen können (z.B. Kupferhalbzelle, Zinkhalbzelle, $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$-Halbzelle, Sauerstoffhalbzelle, Wasserstoffhalbzelle, NHE usw.) ... mit der Nernst'schen Gleichung sicher das Standardelektrodenpotential von Redoxpaaren und anschließend U berechnen können. ... die pH-Abhängigkeit des Redoxpotentials anhand Nernst erläutern und berechnen können.</p>
Überspannung als Phänomen	<p>siehe oben! Des Weiteren... ... wissen, dass die Überspannung bei der Entladung von Metallionen eher gering ist, sie bei der Beteiligung von Gasen hingegen recht hoch sein kann. ... Faktoren nennen können, von denen die Überspannung abhängig ist (Elektrodenmaterial, Stromdichte).</p>

	<p>... die Begriffe „Überpotential“ und „Überspannung“ unterschieden können.</p> <p>... Überpotentiale in die Vorhersage einbeziehen können, welche Reaktionen bei einer Elektrolyse ablaufen, und dabei auch ein Spannungsdiagramm verwenden können.</p> <p>... erläutern können, dass einige großtechnische Elektrolysen nur aufgrund des Überspannungsphänomens so ablaufen, wie sie ablaufen.</p> <p>... einfache Erklärungsansätze zur Klärung des Überspannungsphänomens nennen können.</p> <p>... Elektrodenmaterial so einsetzen können, dass die gewünschten Produkte entstehen.</p>
--	---