

**Bezug zu den Themenfeldern**

Umweltbereich Wasser und Luft

**Kompetenzaufbau**

- Schwerpunkt im Kompetenzbereich Fachwissen/ Fachkenntnisse: Chemische Gleichgewichte und ihre Beeinflussung (MWG, Säure-Base-Gleichgewicht)
- Schwerpunkt im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung/ Fachmethoden: Experimente und Modellexperimente zum chemischen Gleichgewicht und seiner Verlagerung am Beispiel Kohlenstoffdioxid und Wasser
- Schwerpunkt im Kompetenzbereich Kommunikation:
- Schwerpunkt im Kompetenzbereich Bewertung / Reflexion: Anwenden der im Unterricht vermittelten Kenntnisse auf Umweltfragen, Entwicklung einer eigenen Position zur Kohlenstoffdioxidspeicherung aus chemischer Sicht (CCS)

**Grober Verlauf**

**Einstieg:** Probleme der Menschheit, aktuelle Klimadiskussion

**Block I: Ozeane - CO<sub>2</sub> – Speicher der Menschen?**

- Treibhauseffekt,
- Tabelle zur CO<sub>2</sub>- Bilanz  
 SuS äußern Hypothesen zum Verbleib von CO<sub>2</sub>, im Unterrichtsgespräch wird erarbeitet, dass CO<sub>2</sub> u.a. von den Ozeanen aufgenommen wird und dort zu Kohlensäure reagiert, SuS formulieren Fragen zu den Folgen dieser Reaktion, Hörbeitrag zur Versauerung der Meere.

**Block II: Reversible Reaktionen und Massenwirkungsgesetz am Beispiel von**

- Entwickeln von Fragestellungen anhand des Hörbeitrags „Wenn die Meere sauer werden“ (DLF): z.B. Wie sauer kann das Meer werden?
- Planen und Durchführen von Experimenten zur Bestimmung der Löslichkeit von CO<sub>2</sub>
- Vorstellung der Ergebnisse und Feststellen der unterschiedlichen Ergebnisse (kognitive Dissonanz)
- Klären der Prozesse: Physikalisches Lösen, chemisches Lösen und die Protolysegleichungen (1. und 2. Dissoziationsstufe)
- Einführung reversibler Reaktionen am Beispiel des Mineralwassers
- Einführen des Massenwirkungsgesetz mithilfe des Holzapfelkriegs oder des Stech-Heber-Versuchs
- (mögliche Ergänzung) Einführung der Säurekonstante am Beispiel der Kohlensäure

**Block III: Die Verlagerung von chemischen Gleichgewichten am Beispiel von Kohlenstoffdioxid**

- Entwickeln von gezielten Fragestellungen und planen von Experimenten
- Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts durch Temperatur, Druck, Konzentration und Salzgehalt z.B. durch „Lernen an Stationen“ oder arbeitsteiliger Gruppenarbeit (Expertenpuzzle)
- Erkennen der allgemeinen Gesetzmäßigkeit, dass ein von außen auf ein geschlossenes System ausgeübter Druck zu Verschiebungen des Gleichgewichts führt (Le Chatelier)
- Maritimes Förderband zur Anwendung bzw. Festigung

Ergebnis: Rückführung auf die eingangs aufgeworfenen Fragen

**Kompetenzbereich Fachwissen / Fachkenntnisse**

Die Schülerinnen und Schüler...

BK Stoff – Teilchen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben den Stoffumsatz bei chemischen Reaktionen am Beispiel der Reaktion von Kohlenstoffdioxid und Wasser.</li> </ul>
BK Struktur – Eigenschaft	--
BK Donator – Akzeptor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Säure-Base-Theorie nach Brönsted anhand von korrespondierenden Säure-Base-Paaren und verwenden den Begriff Oxonium-Ion</li> <li>• verwenden in Experimenten Säure-Base Indikatoren</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dekontextualisierung: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ differenzieren starke und schwache Säuren bzw. Basen anhand der <math>pK_S</math>- und <math>pK_B</math>-Werte</li> <li>○ erklären die Neutralisationsreaktion</li> <li>○ <b>beschreiben Indikatoren als schwache Brönsted-Säuren oder Base (eA)</b></li> </ul> </li> <li>• deuten qualitativ Puffersysteme mit der Säure-Base-Theorie nach Brönsted</li> </ul>
BK Kinetik und chemisches Gleichgewicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären den Zusammenhang zwischen der Autoprotolyse des Wassers und dem pH-Wert anhand der Kohlenstoffdioxid-Bilanz (Kohlensäure)</li> <li>• beschreiben das chemische Gleichgewicht auf Stoff- und Teilchenebene mithilfe eines Modells (z.B. Holzapfelkrieg, Stechhebersversuch)</li> <li>• unterscheiden zwischen der Einstellung des Gleichgewichts und dem chemisch dynamischen Gleichgewichts unter Berücksichtigung der Definition der Reaktionsgeschwindigkeit</li> <li>• formulieren das Massenwirkungsgesetz und verwenden die Gleichgewichtskonstante</li> <li>• führen verschiedene Experimente zu den Einflussfaktoren auf das chemisch dynamische Gleichgewicht durch und leiten das Prinzip von Le Chatelier ab.</li> <li>• Ggf.: beschreiben, dass Katalysatoren die Einstellung des chemischen Gleichgewichts beschleunigen.</li> <li>• Dekontextualisierung: Kennen die Begriffe und Zusammenhänge zwischen: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>K_S</math>, <math>pK_S</math>, <math>K_B</math>, <math>pK_B</math> (eA)</li> <li>• Puffer, <b>Puffergleichgewichte als Säure-Base-Gleichgewichte (eA)</b></li> </ul> </li> </ul>
BK Energie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -</li> </ul>

### Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung / Fachmethoden

Die Schülerinnen und Schüler...

- ermitteln den Stoffumsatz bei chemischen Reaktionen am Beispiel der Reaktion von Kohlenstoffdioxid und Wasser.
- planen Experimente zur Ermittlung von Stoffeigenschaften am Beispiel der Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser und führen diese durch
- nutzen ihre Kenntnisse zur Erklärung von Stoffeigenschaften (Löslichkeit)
- messen den pH-Wert von Leitungswasser und Mineralwasser
- formulieren mehrstufige Protolysegleichungen
- planen ein Experiment zur Überprüfung der Löslichkeit
- leiten anhand eines Modellversuchs Aussagen zum chemischen Gleichgewicht ab.
- **übertragen den Holzapfelkrieg auf das Massenwirkungsgesetz und führen Berechnungen durch (eA)**
- **berechnen Gleichgewichtskonstanten und –konzentrationen (Ionenprodukt des Wassers) in wässrigen Lösungen (eA).**
- Dekontextualisierung:
  - führen Titrations durch und interpretieren qualitativ und **quantitativ (eA)** Kurvenverläufe
  - Verwenden Tabellen zur Berechnung von pH-Werten und Konzentrationen, zur Vorhersage von Reaktionen
  - **wenden den Zusammenhang zwischen  $pK_S$ -,  $pK_B$ - und  $pK_W$ -Wert an (eA).**
  - stellen Pufferlösungen her ermitteln die Funktionsweise
  - **berechnen charakteristische Punkte der Titrationskurven einprotoniger Säuren (eA).**
  - **ermitteln grafisch den Halbäquivalenzpunkt (eA).**
  - **wenden die Henderson-Hasselbalch-Gleichung an (eA).**

## Kompetenzbereich Kommunikation

Die Schülerinnen und Schüler...

- wählen aus einem Hörbeitrag geeignete Informationen aus
- recherchieren Namen und Verbindungen in Tafelwerken
- diskutieren die Grenzen und Möglichkeiten der Anschauungsmodelle am Beispiel des Holzapfelkrieges und des Stech-Heber-Versuchs
- stellen Protolysegleichgewichte dar
- ggf. Recherche zu CCS - Carbon catch storage
- argumentieren zur CO<sub>2</sub>-Problematik mithilfe des MWGs
- **beschreiben mathematisch Beeinflussungen des Gleichgewichts anhand des Massenwirkungsgesetzes (eA).**
- Dekontextualisierung:
  - argumentieren sachlogisch unter Verwendung von pK<sub>S</sub>-Werten
  - stellen Messwerte als Titrationskurve dar, präsentieren und diskutieren über diese **werten Titrationskurven in Hinblick auf den Pufferbereich aus (eA)**
  - **stellen Puffergleichgewichte in Form von Protolysegleichungen, Henderson-Hasselbalch-Gleichung und Abschnitten von Titrationskurven dar und verknüpfen diese (eA)**
  - recherchieren exemplarisch zu Puffergleichgewichten in Umwelt und biologischen Systemen und präsentieren ihre Ergebnisse

## Kompetenzbereich Bewertung / Reflexion

Die Schülerinnen und Schüler...

- erkennen und beschreiben die gesellschaftliche Relevanz und Bedeutung von Stoffen in ihrer Lebenswelt
- reflektieren Alltagszusammenhänge anhand stöchiometrischer Berechnungen
- beurteilen und bewerten wirtschaftliche Aspekte und Stoffkreisläufe
- ggf. reflektieren den historischen Weg der Entwicklung des Säure-Base-Begriffs bis Brønsted
- beurteilen die Steuerung chemischer Reaktionen
- bewerten pH-Wert Angaben im Alltag und im Hinblick physiologischer Aspekte
- Dekontextualisierung:
  - erkennen und beschreiben die Bedeutung von Titrationsen
  - erkennen und bewerten Puffergleichgewichte in der Umwelt und in biologischen Systemen

## Erweiterungsmöglichkeiten

- Diese UE sollte im Anschluss um die Aspekte Säuren und Basen in Alltags-, Technik- und Umweltbereichen ergänzt werden.
- Modellexperimente zum Treibhauseffekt
- Recherche zur globalen Treibhausproblematik
- CCS
- Löslichkeitsprodukt am Beispiel der Carbonate
- Weitergehende Betrachtungen zum Klimawandel
- Politische Diskussionen zum Klimawandel

## Anregungen für Lehr- bzw. Lernmethoden

Schülerexperimente  
Lernen an Stationen  
Arbeitsteilige Gruppenarbeit  
Expertenrunde  
(Referate)  
Podiumsdiskussion

## Materialien und Fundstellen

*auszufüllen je nach Schulausstattung, z.B. Medien, Literatur, Software, Modelle ....*

<b>Ungefährer Zeit Bedarf</b>
ca. 8 Wochen bei 4-stündigem Unterricht, entsprechend mehr bei Übungen und Erweiterungen (Dekontextualisierungen)

<b>Möglichkeiten zur Leistungsbewertung</b>
Gruppenarbeit Klausur (Referat)

<b>Bemerkungen</b>