



**ZSL**

**Zentrum für Schulqualität  
und Lehrerbildung  
Baden-Württemberg**

## **Chemie**

Handreichung zur Einführung des Bildungsplans im  
Beruflichen Gymnasium ab Schuljahr 2021/2022



## Redaktionelle Bearbeitung

|                  |   |
|------------------|---|
| Redaktion        | Ulrike Ertelt, Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL)  |
| Autor/in         | Dr. Elisabetta Catoni Müller, Mildred-Scheel-Schule Böblingen<br>Beate Lehn, Seminar für Ausbildung und Fortbildung der Lehrkräfte, Karlsruhe<br>Dr. Simone Baumgärtner, Georg-Kerschensteiner-Schule Müllheim<br>Lune Martz, Hohentwiel-Gewerbeschule Singen |
| Erscheinungsjahr | 2020  |

## Impressum

|              |   |
|--------------|---|
| Herausgeber  | Land Baden-Württemberg<br>vertreten durch das Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL)<br>Interimsadresse:<br>Neckarstr. 207, 70190 Stuttgart<br>Telefon: 0711 21859-0<br>Telefax: 0711 21859-701<br>E-Mail: <a href="mailto:poststelle@zsl.kv.bwl.de">poststelle@zsl.kv.bwl.de</a><br>Internet: <a href="http://www.zsl.kultus-bw.de">www.zsl.kultus-bw.de</a>  |
| Urheberrecht | Inhalte dieses Heftes dürfen für unterrichtliche Zwecke in den Schulen und Hochschulen des Landes Baden-Württemberg vervielfältigt werden. Jede darüber hinausgehende fotomechanische oder anderweitig technisch mögliche Reproduktion ist nur mit Genehmigung des Herausgebers möglich. Soweit die vorliegende Publikation Nachdrucke enthält, wurden dafür nach bestem Wissen und Gewissen Lizenzen eingeholt. Die Urheberrechte der Copyrightinhaber werden ausdrücklich anerkannt. Sollten dennoch in einzelnen Fällen Urheberrechte nicht berücksichtigt worden sein, wenden Sie sich bitte an den Herausgeber. Bei weiteren Vervielfältigungen müssen die Rechte der Urheber beachtet bzw. deren Genehmigung eingeholt werden.<br>© Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung, Stuttgart 2020 |

---

## Inhaltsverzeichnis

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Allgemeine Vorbemerkungen zum neuen Bildungsplan.....   | 2  |
| 2   | Einsatzmöglichkeiten von digitalen Medien im Unterricht des jeweiligen Fachs. ....                | 3  |
| 3   | Umsetzungsbeispiele.....  | 6  |
| 3.1 | Stoff-Teilchen-Prinzip (BPE 1).....   | 6  |
| 3.2 | Chemische Reaktion: Donator-Akzeptor-Prinzip (BPE 5).....   | 18 |
| 3.3 | Energiekonzept (BPE 9).....   | 49 |
| 4   | Umsetzungsbeispiele für Vertiefung – individualisiertes Lernen –<br>Projektunterricht (VIP) ..... | 77 |
| 5   | Anhang .....  | 81 |

# 1 Allgemeine Vorbemerkungen zum neuen Bildungsplan

„Auf Sie kommt es an!“. So war vor einigen Jahren ein Beitrag in einem MNU-Heft (vgl. Jürgen Langlet: Auf Sie kommt es an!, MNU-Heft 65/1, Seite 3. 15.01.2012) überschrieben, in dem es darum ging, wie der Unterricht in den MINT-Fächern spannender, aktueller und nachhaltiger gestaltet werden kann.

Nicht erst seit Hattie (vgl. John Hattie: Lernen sichtbar machen. 2013. Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe von „Visible Learning“, besorgt von Wolfgang Beywl und Klaus Zierer. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren) ist bekannt, dass für ein erfolgreiches Handeln im Beruf bestimmte Haltungen und Einstellungen der Lehrkraft förderlich sind; in den Fachdidaktik-Standards zum Vorbereitungsdienst für das Lehramt an beruflichen Schulen vom Juli 2018 spricht man auch vom „Mindset“ der Lehrkräfte. U. a. ist wichtig, dass die Lehrkraft von der Bedeutsamkeit des eigenen Faches und Unterrichts überzeugt ist und den Wunsch hat, junge Lernende für dessen Inhalte zu begeistern.

Dies alles ist nicht grundlegend neu – und auch im neuen Bildungsplan finden sich altbekannte Fachinhalte wieder. Und dennoch ist der neue Bildungsplan viel mehr als „alter Wein in neuen Schläuchen“! Denn: Im Vordergrund steht, bei den Schülerinnen und Schülern chemiespezifische Kompetenzen zu entwickeln. Man sollte sich bei der Planung des Unterrichts nicht (nur) fragen, wie die Fachinhalte sachlogisch strukturiert und unterrichtet werden können, sondern auch im gleichen Maße, welche zentralen Kompetenzen mit und durch die Bildungsplaneinheit (BPE) besonders entwickelt werden können. Welcher Zuwachs an Wissen und Können kann mit bestimmten Fachinhalten bei Schülerinnen und Schülern vermittelt werden? Welche Fragen können die Schülerinnen und Schüler nach Behandlung der Bildungsplaneinheiten klären? Und mit welchen Herausforderungen können sie im Idealfall besser umgehen als zuvor?

Hierzu findet man im Bildungsplan verschiedene Hinweise. In den Vorbemerkungen wird ausführlich die Fachkompetenz erklärt: Naturwissenschaftlich fachkompetente Lernende verfügen über Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz, die sich gegenseitig durchdringen und gemeinsam die Fachkompetenz bilden. Für ein nachhaltiges Lernen ist es besonders wichtig, dass diese vier Fachkompetenzbereiche im Unterricht bewusst und ausgewogen über die Jahrgangsstufen hinweg gefördert und an Inhalten konkretisiert werden. Nur dann nutzen die Schülerinnen und Schüler ihre fachlichen und überfachlichen Kenntnisse, um begründet Entscheidungen im Alltag treffen und Entscheidungsprozesse reflektieren zu können. Damit erwerben sie letztendlich auch im Chemieunterricht die Fähigkeit, den vielfältigen Herausforderungen der Zukunft begegnen zu können.

Detaillierter wird die Kompetenzanbahnung dann in jeder Bildungsplaneinheit beschrieben. Die übergeordnete Zielformulierung weist die Kompetenzen aus, über die Schülerinnen und Schüler nach Behandlung der BPE verfügen sollen; und die Bildungsplaneinheiten zeigen dann mithilfe operationalisierter Verben, wie detailliert oder wie tief Fachinhalte vermittelt und bearbeitet werden sollen.

Dabei kann der Stofffülle am besten damit begegnet werden, dass man dem Unterricht grundlegende Prinzipien (wie z. B. die Basiskonzepte) zugrunde legt und die Schülerinnen und Schüler daran die Exemplarität von Fachinhalten kennenlernen und übertragen können.

Deshalb wurden für diese Handreichung drei Bildungsplaneinheiten ausgewählt, die in unterschiedlicher Art und Weise zeigen, wie fachspezifische Prinzipien umgesetzt und Kompetenzen aller vier Kompetenzbereiche bei den Schülerinnen und Schülern entwickelt werden können:

- Bei der BPE 1 (Stoff-Teilchen-Prinzip) werden durch verschiedene Unterrichtsimpulse grundlegende Prinzipien des Chemieunterrichts aufgezeigt, die im gesamten dreijährigen Bildungsplan immer wieder gefördert werden sollten.
- Bei der BPE 5 (Donator-Akzeptor-Prinzip) wird der Teilchenübergang als gemeinsames Prinzip von Elektronen- und Protonenübergängen thematisiert und dadurch in den Kontext des Konzepts der chemischen Reaktion gestellt.
- Die BPE 9 (Energiekonzept) vereinigt die Betrachtung von Energieumsätzen chemischer Reaktionen mit elektrochemischen Vorgängen und der Bedeutung für die Energieversorgung.
- Außerdem findet man Beispiele zum methodischen Vorgehen der Vertiefung (REWUE Aufgaben oder Ich-kann-Listen), die als wichtiges Diagnoseinstrument dienen, um Informationen zum Lernstand der Schülerinnen und Schüler einzuholen und damit anschlussfähigen Unterricht zu gestalten (vgl. hierzu: Fauth Benjamin, Leuders Timo: Kognitive Aktivierung im Unterricht: Wirksamer Unterricht Band 2. LS, Stuttgart 2018).
- Unterschiedliche Beispiele für einen fachübergreifenden Unterricht (z. B. für den Themenkomplex „Bildung für nachhaltige Entwicklung“) findet man im VIP Bereich, wie z. B. die Mystery-Methode, die eine gute Möglichkeit zur Umsetzung kognitiver Aktivierung aufzeigt.

Bei allen Umsetzungsbeispielen liegt der Fokus weniger in der Darstellung einer konkret ausgearbeiteten (Einzel)-Unterrichtsplanung als in der Bereitstellung verschiedener Umsetzungsideen und -materialien, die eine Hilfestellung für die Lehrkraft sein sollen, um einen kognitiv aktivierenden und kompetenzorientierten Unterricht zu realisieren, der klare Kompetenz- und Zielvorgaben macht und sowohl fach- als auch fachübergreifend kognitive Prozesse anregt.

Denn, wie schon eingangs erwähnt: Auf Sie kommt es an!

## 2 Einsatzmöglichkeiten von digitalen Medien im Unterricht des jeweiligen Fachs

Die Einsatzmöglichkeiten von digitalen Medien im Unterricht haben ihre Grundlage in der Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ in der Fassung vom 07.12.2017 (<https://www.kmk.org/dokumentation-statistik/beschluesse-und-veroeffentlichungen/bildung-in-der-digitalen-welt.html>), im KMK Papier „Berufliche Schulen 4.0“ vom 07.12.2017

([https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2017/2017\\_12\\_07-Berufliche-Schulen-4\\_0.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2017/2017_12_07-Berufliche-Schulen-4_0.pdf)) und letztlich im Medienbildungsplan Baden-Württemberg: Lehren und Lernen in der digitalen Welt, 2. Auflage 2018 (<http://lpa-bw.de/Lde/5548061>).

Dabei geht es bei der Medienbildung auf der einen Seite immer darum, Schülerinnen und Schüler für die digitale Welt „kompetent zu machen“, auf der anderen Seite ist der digitale Medieneinsatz im Unterricht motivationsfördernd und dient der Abwechslung im Vergleich zu analogen Medien. Damit die digitalen Medien aber nicht zu sogenannten „Hands-on-Aktivitäten“ (vgl. hierzu: Fauth Benjamin, Leuders Timo: Kognitive Aktivierung im Unterricht: Wirksamer Unterricht Band 2. LS, Stuttgart 2018. S. 3) verkümmern, also eine hohe Aktivität der Lernenden lediglich vortäuschen, sondern eine aktive mentale Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand tatsächlich in der Tiefenstruktur auch fördern, bedarf es eines didaktisch sinnvollen und reflektierten Einsatzes im Unterricht. Als „Negativ-Beispiel“ könnte man die Verwendung von Apps zum Ausgleich von Reaktionsgleichungen anführen, die alleine auch dann einen Lernerfolg suggerieren, wenn der Schüler oder die Schülerin lange genug die Koeffizienten ausprobiert. Oberflächlich betrachtet beschäftigt sich jede(r) individuell – teils auch auf unterschiedlichen Niveaus – mit dem Einrichten von Reaktionsgleichungen. Im Grunde genommen reicht aber das einfache Ausprobieren, um zum Ziel zu kommen. Ohne zusätzlichen Arbeitsauftrag durch die Lehrkraft (z. B. „Erklären Sie das Zustandekommen Ihres Ergebnisses.“) hat sich der Schüler oder die Schülerin nicht aktiv mit dem Lerngegenstand auseinandergesetzt und für das Einrichten von Reaktionsgleichungen – die er oder sie z. B. in Tests auch analog durchführen muss – nichts dazu gelernt.

Unter diesem Gesichtspunkt sind die folgenden Hinweise zu betrachten und auf ihren lernwirksamen Einsatz im Unterricht zu prüfen. Die Herausforderung von Unterricht, dass Lernen, also die kognitive Aktivität, im „Gehirn passiert“, dadurch von außen nicht beobachtet oder erfasst werden kann und zusätzlich Mühe und Anstrengung beim Lernenden verursacht, bleibt auch mit dem Einsatz von digitalen Medien bestehen.

Nichtsdestotrotz sind digitale Medien für vielfältige Lehr- und Lernprozesse hervorragend geeignet. Zahlreiche Beispiele findet man direkt bei den Ausführungen der jeweiligen Bildungseinheiten.

Hier ganz allgemein eine Auswahl gut einsetzbarer Medien:

|   |   |
|---|---|
| <p><a href="http://digitale-medien.schule/">http://digitale-medien.schule/</a></p> <p>Sehr gute Sammlung von Unterrichtsideen und Materialien, die direkt im Unterricht eingesetzt werden können.</p>   |    |
| <p><a href="https://learningapps.org">https://learningapps.org</a></p> <p>Mit LearningApps.org können interaktive und multimediale Übungen auf einfache Weise erstellt werden. Hier werden eine Reihe von Vorlagen angeboten (z. B. Variante von Zuordnungs- und Ordnungsaufgaben, Videos mit Einblendungen), die mit eigenen Inhalten gefüllt werden können.</p> |    |
| <p><a href="http://www.kappenberg.com/akminilabor/apps/start.html">http://www.kappenberg.com/akminilabor/apps/start.html</a></p> <p>Die Android-App bietet unterschiedliche Übungen und Nachschlagewerke. So erhalten Sie mehrere Taschenrechner, Formel-Spicker und Rätsel.</p>  |   |
| <p><a href="http://lernenmitapps.de/chemieabi-abitur-lern-app/">http://lernenmitapps.de/chemieabi-abitur-lern-app/</a></p> <p>Oberstufen-Chemie in Form digitaler Lernkarten und Multiple-Choice-Fragen für Apple Geräte</p>  |  |
| <p><a href="http://lernenmitapps.de/duden-chemie-app-kompakt/">http://lernenmitapps.de/duden-chemie-app-kompakt/</a></p> <p>Grundwissen in 7 übersichtlichen Kapiteln für Apple Geräte</p>  |  |
| <p>Eine Übersicht über verschiedene digitale Messinstrumente</p> <p><a href="http://www.kappenberg.com/pages/wandler/3-multibau.htm">http://www.kappenberg.com/pages/wandler/3-multibau.htm</a></p>   |  |

## 3 Umsetzungsbeispiele

### 3.1 Stoff-Teilchen-Prinzip (BPE 1)

#### 3.1.1 PLANUNG

Die erste Bildungsplaneinheit (BPE 1) in der Eingangsklasse nimmt eine Sonderstellung im gesamten Bildungsplan ein. Sie stellt das „Bindeglied“ zwischen der Sekundarstufe I und II dar und dient der Angleichung der verschiedenen Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler. Zudem werden hier wichtige Grundlagen für die Anbahnung und Entwicklung der fachspezifischen Kompetenzen gelegt.

In der vorliegenden Planung findet man bekannte Fachinhalte aus dem Einführungsunterricht und entsprechende Unterrichtsimpulse, die zeigen können, wie wichtige Grundlagen in der Eingangsklasse gelegt werden können.

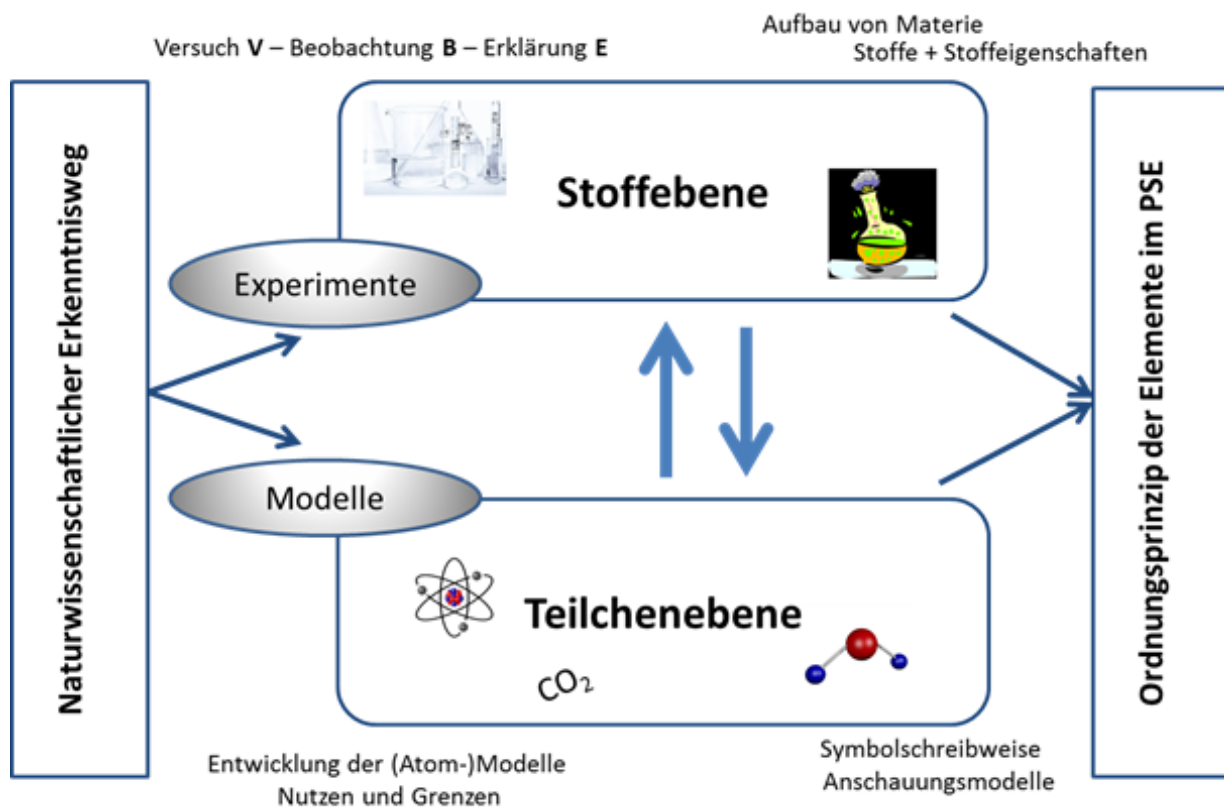
| DAUER | INHALT/THEMENSTELLUNG   | ANGESTREBTES ZIEL/<br>ANGESTREBTE KOMPETENZ   | MATERIALIEN UND<br>MEDIEN |
|-------|---|---|---------------------------|
| 4 h   | BPE 1.1: Chemie – die Lehre von den Stoffen und den Teilchen            |   |                           |
|       | Unterrichtsimpuls: Einführung des Stoff-Teilchen-Prinzips in der Chemie | Sachkompetenz erwerben: konsequent zwischen Stoff- und Teilchenebene unterscheiden  | siehe Arbeitsmaterial M 1 |
|       | Unterrichtsimpuls: Anlegen eines „Vokabelheftes“                        | Kommunikationskompetenz erwerben: Alltags- und Fachsprache unterscheiden und Fachbegriffe korrekt verwenden                             | siehe Arbeitsmaterial M 2 |
|       | Unterrichtsimpuls: Sprech- und Denkblasen                               | Kommunikationskompetenz erwerben: Fachsprache und fachspezifische Darstellungen korrekt verwenden                                       | siehe Arbeitsmaterial M 3 |
|       |   |   |                           |
| 5 h   | BPE 1.2: Die Welt der Teilchen – die Welt der Atome                     |   |                           |
|       | Unterrichtsimpuls: Wie funktioniert Forschung?                          | Erkenntnisgewinnungskompetenz fördern: naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise reflektieren                                       | siehe Arbeitsmaterial M 4 |
|       | Unterrichtsimpuls: Das Innere einer „Blackbox“                          | Erkenntnisgewinnungskompetenz vertiefen: Modellbildung nachvollziehen und Modelle sachgerecht zur Gewinnung von Erkenntnissen einsetzen | siehe Arbeitsmaterial M 5 |
|       |   |   |                           |



|     |  |  |                           |
|-----|--|--|---------------------------|
| 3 h | BPE 1.3: Das PSE als Ordnungsprinzip der Elemente        |  | Merck PSE App             |
|     | Unterrichtsimpuls: Naturwissenschaftler/innen im Porträt | Bewertungskompetenz entwickeln: Informationen multiperspektivisch betrachten und austauschen | siehe Arbeitsmaterial M 6 |
|     | Unterrichtsimpuls: Seltene Erden in Handys?!             | Bewertungskompetenz entwickeln: kriteriengeleitet begründete Entscheidungen treffen          | siehe Kapitel 4 (VIP)     |

### 3.1.2 FACHLICHE HINWEISE

Den Zusammenhang der Fachinhalte dieser BPE soll folgendes Schaubild verdeutlichen:



### 3.1.3 KOMPETENZORIENTIERUNG

Wie in der Kompetenzformulierung der BPE 1 im Bildungsplan beschrieben, lernen Schülerinnen und Schüler Experimente und Modelle als zwei Erklärungsmöglichkeiten zur Erkenntnisgewinnung in der Naturwissenschaft Chemie kennen und unterscheiden anhand verschiedener Beispiele die Stoff- und Teilchenebene. Dadurch gelingt ihnen die Einordnung von Elementen auf der Stoff- und Teilchenebene in das Ordnungsprinzip des PSE.

In dieser BPE werden die Grundlagen gelegt für:

- die Förderung der Sachkompetenz, z. B. durch eine konsequente Unterscheidung der Stoff- und Teilchenebene,
- die Förderung der Erkenntnisgewinnungskompetenz, z. B. durch einfaches Experimentieren und einen sachgerechten Einsatz von Modellen,
- die Entwicklung von Kommunikationskompetenz, z. B. durch die korrekte Benutzung der Fachsprache,
- die Anbahnung von Bewertungskompetenz, z. B. „seltene Erden“ als wichtige Rohstoffe für die Handyherstellung (siehe hierzu VIP: Projektunterricht).

#### 3.1.4 METHODISCH-DIDAKTISCHE HINWEISE

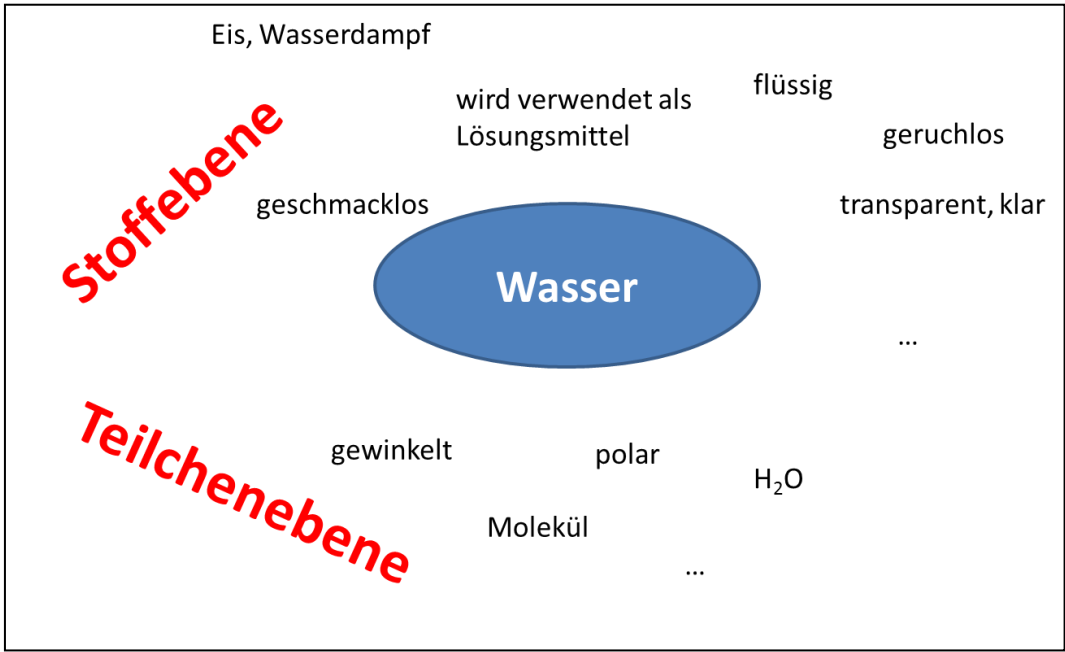
Da in der BPE 1 bekannte Fachinhalte der Mittelstufenchemie wiederholt werden, liegt der Fokus der ausgewählten Materialien auf geeigneten Unterrichtsimpulsen, die grundlegende Kompetenzen für die Chemie in den Blick nehmen.

In der BPE 1.1 können z. B. Stoffeigenschaften mit Unterstützung von Schülerexperimenten behandelt, in der BPE 1.2 die historische Entwicklung von Atommodellen und die Bedeutung der Modelle und ihrer Grenzen deutlich gemacht werden. In der BPE 1.3. ist die Untersuchung von Elementen auf der Stoff- und Teilchenebene mithilfe der Merck PSE App besonders für Schülerinnen und Schüler interessant. Hierzu finden sich vielfältige Beispiele in einschlägigen Schulbüchern und Materialsammlungen.

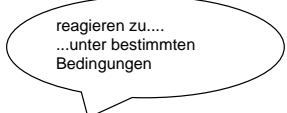
Deshalb werden in dieser Handreichung verschiedene Unterrichtsimpulse aufgeführt, die über die rein fachliche Strukturierung hinaus die wesentlichen Kompetenzen des Chemieunterrichts fördern und in jedem Fall während des Anfangsunterrichts in der Eingangsklasse zum Tragen kommen sollten.

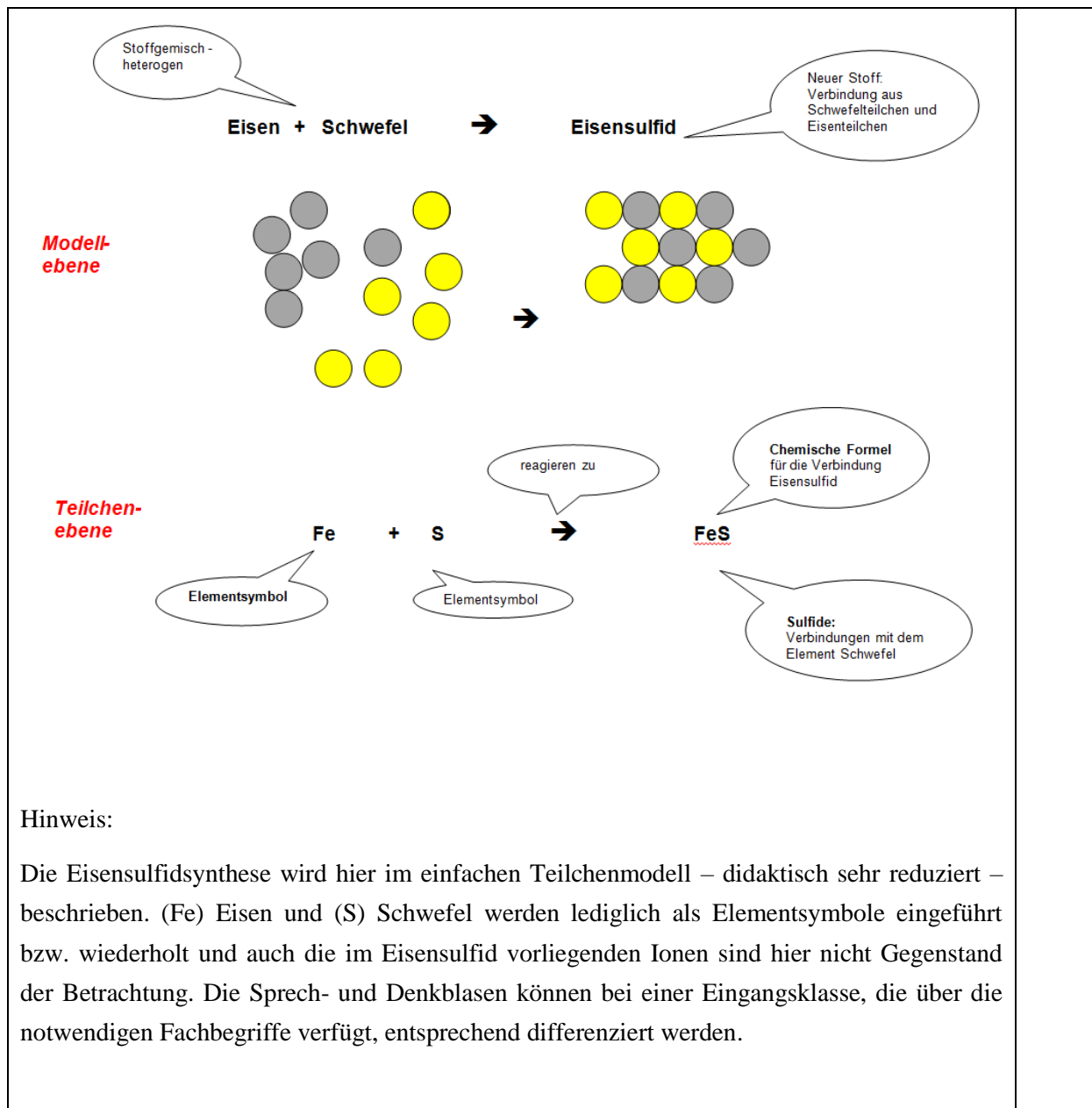
#### 3.1.5 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

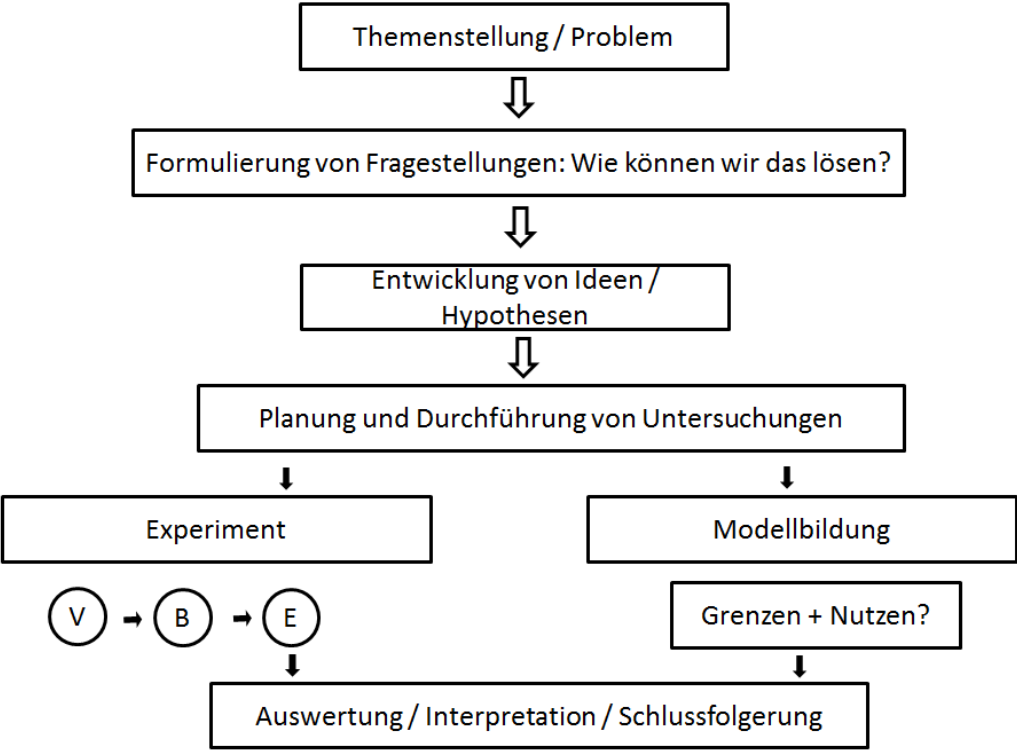
| <b>Übersicht:</b>   | <b>Seitenzahl</b> |
|---|-------------------|
| 1. Einführung des Stoff-Teilchen-Prinzips am Beispiel von Wasser                | 9                 |
| 2. Das Anlegen eines „Vokabelheftes“  | 10                |
| 3. Sprech- und Denkblasen, z. B. bei der Erstellung eines Tafelbildes           | 11                |
| 4. Die naturwissenschaftliche Vorgehensweise oder „Wie funktioniert Forschung?“ | 13                |
| 5. Das „Innenleben“ einer Blackbox  | 14                |
| 6. Naturwissenschaftler/innen im Porträt  | 16                |

| M 1  | Einführung des Stoff-Teilchen-Prinzips am Beispiel des Wassers | 20 min |
|--|--|--------|
| <p><b>Zielsetzung:</b></p> <p>Den Schülerinnen und Schülern soll deutlich gemacht werden, was konkret den Unterschied zwischen der Stoff- und Teilchenebene ausmacht: Immer dann, wenn es um Sichtbares geht, wenn die Eigenschaften eines Stoffes oder die Beobachtungen eines Experimentes beschrieben werden, betrachtet man in der Chemie die Stoffebene. Wenn man versucht, diese Beobachtungen oder Reaktionen zu erklären, und man sich das „Innere“ eines Stoffes anschauen muss, handelt es sich um die Teilchenebene. Dazu benutzt man in der Chemie eine Symbolschreibweise und verschiedene Denk- und Anschauungsmodelle.</p> <p>Mögliche Vorgehensweise: Die Lehrkraft macht deutlich, dass jetzt etwas ganz Wesentliches für den Chemieunterricht besprochen wird, das die Schülerinnen und Schüler den gesamten Chemieunterricht begleiten wird.</p> <p>Dazu dreht die Lehrkraft den Wasserhahn auf und stellt den Impuls in den Raum: Was können Sie mir zum Wasser sagen?</p> <p>Die Antworten der Schülerinnen und Schüler werden gesammelt und an der Tafel festgehalten. Durch geschicktes Nachfragen (z. B. Sprechen Sie von den Eigenschaften oder geht es um die Formel?) könnte folgende Struktur entstehen:</p> <div data-bbox="204 1182 1273 1832" style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;">  </div> <p>Bei der sich anschließenden Besprechung des Aufbaus der Materie kann die Unterscheidung der Stoff- und Teilchenebene immer wieder vertiefend geübt werden.</p> <p>Eine Visualisierung der Stoff- und Teilchenebene (in Form eines Bildes oder einer Grafik) im Chemisaal ist dabei hilfreich.</p> |  |        |

|   |  |                   |
|---|--|-------------------|
| <b>M 2</b>  | <b>Das Anlegen eines „Vokabelheftes“</b> | <b>15<br/>min</b> |
| <p><b>Zielsetzung:</b></p> <p>Gerade im Einführungsunterricht werden viele Fachbegriffe aus der Mittelstufe wiederholt und definiert, die im weiteren Chemieunterricht abgerufen und fachlich richtig verwendet werden müssen. Hilfreich für eine konsequente Unterscheidung zwischen der Alltags- und Fachsprache ist im ersten Schritt das Bewusstmachen der unterschiedlichen Bedeutungen und im zweiten dann die Dokumentation zum Nachschlagen und Lernen. So steht z. B. der Begriff Teilchen im Alltagsgebrauch oft für „süßes Stück“, in der Chemie dagegen für Atom, Molekül ..., der zentrale Begriff Stoff steht in der Alltagssprache in Zusammenhang mit Kleidung, in der Chemie für alles, was Raum einnimmt und Volumen hat.</p> <p><b>Vorgehensweise:</b></p> <p>In den ersten beiden Chemiestunden werden die Schülerinnen und Schüler gebeten, ein kleines Vokabelheft mitzubringen oder ca. fünf DIN-A4-Blätter auf DIN A5 zu falten und in der Mitte zu lochen, um so ein abgeschlossenes handschriftliches Glossar anzulegen. In diesem Glossar werden die wiederholten und neu erarbeiteten Fachbegriffe gesammelt und von den Schülerinnen und Schüler in Einzelarbeit, in Partner- oder Gruppenarbeit, als Hausaufgabe oder gemeinsam zum Ende einer Unterrichtsstunde oder -einheit definiert, erklärt oder beschrieben.</p> <p>Zu Beginn verlangt dies ein konsequentes Einfordern durch die Lehrkraft. Die Schülerinnen und Schüler erkennen aber spätestens bei der Vorbereitung der Klassenarbeit die Sinnhaftigkeit des Vorgehens und können im Idealfall das „Vokabelheft“, besonders in der Kursstufe, selbstständig weiterführen.</p> <p><b>Alternativen:</b></p> <p>Das „Vokabelheft“ kann auch in digitaler Form als Glossar auf einer Lernplattform (z. B. Moodle) oder mithilfe einer Karteikarten-App erstellt und bearbeitet werden. Zusätzlich kann von der Klasse auch ein „gemeinsames Vokabelheft“ in Form einer Sammlung von Karteikarten in einer Box erstellt werden. Als Motivation könnte jeder Schülerin/jedem Schüler einmal während einer Klassenarbeit erlaubt werden, einen Fachbegriff nachzuschauen.</p> |  |                   |

| M 3  | Sprech- und Denkblasen z. B. bei der Erstellung eines Tafelbildes | 5<br>min |
|--|---|----------|
| <p><b>Zielsetzung:</b></p> <p>Der Weg von der Sprache der Schüler („der Sprache des Verstehens“) zur Fachsprache („der Sprache des Verstandenen“) ist im Unterricht nicht immer einfach und stellt für viele Schülerinnen und Schüler ein großes Hindernis dar. Gerade die Fachsprache Chemie ist oft komprimiert (z. B. durch Formeln und Reaktionsgleichungen), unpersönlich (z. B. durch nominalisierte Versuchsbeschreibungen) und abstrakt. Zudem werden nur die wichtigsten Fachbegriffe, Unterrichtsschritte bzw. Ergebnisse verkürzt festgehalten (im Tafelbild oder auf Arbeitsblättern), sodass für viele Schülerinnen und Schüler der eigentliche Verstehensprozess aus dem Unterricht anschließend schwierig nachzuvollziehen ist.</p> <p>Sprech- und Denkblasen können dabei eine große Hilfestellung bieten, indem sie Erklärungen, Formulierungen, Hilfestellungen oder Merksätze aus der Unterrichtssprache aufgreifen.</p> <p>Sprech- und Denkblasen können im Unterricht von der Lehrkraft, gemeinsam mit der Klasse oder auch in Einzelarbeit spontan entwickelt werden.</p> <p>(Siehe hierzu: Freimann Thomas und Schlieker Volker: Sprech- und Denkblasen. In: Unterricht Chemie, 2001, Nr. 64/65)</p> <p>Für die Dokumentation der Eisensulfidsynthese könnte z. B. folgendes Tafelbild entstehen:</p> <p><b><u>Die chemische Reaktion als Stoffumsatz</u></b></p> <p><b>V</b> 4 g Schwefelpulver und 7 g Eisenpulver werden vermischt und in einem Reagenzglas in der nichtleuchtenden Flamme des Bunsenbrenners erhitzt.</p> <p><b>B</b> - Eisen-Schwefel-Gemisch wird zuerst schwarz, dann flüssig<br/>       - Das Gemisch glüht auf – und glüht dann ohne weitere Energiezufuhr weiter<br/>       - Der Endstoff ist porös mit blau-schwarzen „Körnern“</p> <p><b>E</b> Der Endstoff zeigt andere Eigenschaften als die beiden Ausgangsstoffe. Eisen und Schwefel haben in einer chemischen Reaktion zu einem neuen Stoff reagiert.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Ausgangsstoffe (Edukte) → Endstoffe (Produkte)</b></p> |   |          |



| M 4   | Die naturwissenschaftliche Vorgehensweise oder „Wie funktioniert Forschung?“ | 20 min |
|---|--|--------|
| <p><b>Zielsetzung:</b></p> <p>Wesentliches Merkmal naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung ist das Zusammenspiel von Experiment und der Bildung naturwissenschaftlicher Vorstellungen (Modellen) bei der Beantwortung von identifizierten Problemstellungen. Im Bereich der Erkenntnisgewinnungskompetenz ist es wichtig, nicht nur das Experiment als Untersuchungsmethode zu kennen, sondern auch Modelle sachgerecht zur Gewinnung von Erkenntnissen einsetzen zu können.</p> <p>Das kann mit Schülerinnen und Schülern in einem fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch gemeinsam erarbeitet werden. (Auch im Rückgriff auf einfaches Experimentieren in den ersten Chemiestunden.)</p> <p>Eine mögliche Darstellung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges kann mithilfe vorbereiteter Karten an der (Moderations-)Tafel visualisiert werden:</p> <div data-bbox="220 981 1241 1727" style="text-align: center;">  <pre> graph TD     A[Themenstellung / Problem] --&gt; B[Formulierung von Fragestellungen: Wie können wir das lösen?]     B --&gt; C[Entwicklung von Ideen / Hypothesen]     C --&gt; D[Planung und Durchführung von Untersuchungen]     D --&gt; E[Experiment]     D --&gt; F[Modellbildung]     E --&gt; G[Auswertung / Interpretation / Schlussfolgerung]     F --&gt; G     F --&gt; H[Grenzen + Nutzen?]     H --&gt; G     I((V)) --&gt; J((B))     J --&gt; K((E))     K --&gt; G           </pre> </div> <p><small>Themenstellung 1: Wie „funktioniert“ Forschung?</small></p> <p>Die Fragestellung „Wie funktioniert Forschung?“ kann zu Beginn der Eingangsklasse thematisiert oder direkt vor der Bearbeitung der Blackbox Aufgabe besprochen werden.</p> |  |        |

| M 5  | Das „Innenleben“ einer Blackbox | 30-45<br>min |
|--|---------------------------------|--------------|
| <p><b>Zielsetzung:</b></p> <p>Wichtig ist, dass den Schülerinnen und Schülern deutlich gemacht wird, dass man für die Deutung und Erklärung verschiedener Phänomene auf der Stoffebene Modelle braucht, die nur bestimmte Ausschnitte der Realität wiedergeben.</p> <p><b>Vorgehensweise:</b></p> <p>Vorbereitet sind mehrere selbst gebastelte „Blackboxen“* (siehe hierzu: Mikelskis-Seifert, S.: Denken in und mit Modellen – die oft vernachlässigte Arbeitsweise der Physik, Pikobrief Nr. 5, Februar 2005 oder/und <a href="https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/physik/gym/bp2004/fb1/box/">https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/physik/gym/bp2004/fb1/box/</a>), die den Schülerinnen und Schülern in einer Kleingruppe zur Verfügung gestellt werden.</p> <p>Aufgabe der Schülerinnen und Schüler ist es nun herauszufinden, wie das Innere der Blackbox wohl aussehen könnte. Sie dürfen die Blackbox nicht öffnen, sondern müssen sich alleine auf ihre Vorstellungen, Beobachtungen oder Untersuchungen (z. B. durch Drehen der Box) beschränken.</p> <p>Die Vorstellung über das Innere der Blackbox wird in der Kleingruppe auf ein vorbereitetes Blatt skizziert und anschließend auf eine (Moderations-)Tafel gepinnt.</p> <p>Offene „Blackbox“:</p> <div data-bbox="722 1200 1066 1630" data-label="Image"> </div> <p>Schülervorstellungen: Das „Innere“ der Blackbox – so könnte es aussehen:</p> <div data-bbox="379 1720 1075 2047" data-label="Image"> </div> |                                 |              |



Durch die ganz unterschiedlichen Ergebnisse werden den Schülerinnen und Schülern die Merkmale von Modellen sehr deutlich: Vereinfachung, Reduzierung auf nur einige Eigenschaften, Vergegenständlichung von nicht direkt beobachtbaren Phänomenen. Dadurch wird bei den Schülerinnen und Schülern die Kompetenz gefördert, einzuschätzen, was ein Modell zu einem Modell macht und weshalb ein Modell nicht die Wirklichkeit darstellen kann.

Im Anschluss kann über Grenzen und Einsatz von Modellen allgemein und ganz besonders im Chemieunterricht gesprochen werden. Es schließt sich die Behandlung von Atommodellen (entweder im historischen Abriss oder z. B. im Schalen- und/oder Kugelwolkenmodell) an.

\* Für eine selbst gebastelte Blackbox benötigt man z. B.:

- eine kleine „Kiste“ (aus Plastik, Karton, Metall), zu finden in Baumärkten oder Haushaltswarenabteilungen,
- kleine, zurechtgeschnittene Kartonstreifen, die auf dem Boden der Box (entweder parallel oder versetzt) befestigt werden,
- eine kleine Styroporkugel (geräuscharm) oder ein Pfefferkorn oder Ähnliches.

| M 6  | Naturwissenschaftler/innen im Porträt | 45<br>min |
|--|---------------------------------------|-----------|
| <p><b>Zielsetzung:</b></p> <p>Der Chemieunterricht sollte neben der naturwissenschaftlichen Bildung auch eine Verknüpfung zu gesellschaftlichen, ökologischen und wirtschaftlichen Entwicklungen herstellen. Die Schülerinnen und Schüler lernen, Auswirkungen chemischer Entwicklungen reflektiert einzuschätzen, indem sie sich mit einer Forscherpersönlichkeit beschäftigen.</p> <p>Im Mittelpunkt sollte für die Schülerinnen und Schüler stehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Behandlung und eigenständige Auseinandersetzung mit einer für sie interessanten Persönlichkeit, z. B. durch die Beschäftigung mit ihrem Lebenslauf,</li> <li>• die Präsentation dieses Themas in prägnanter und kurzer Form,</li> <li>• die Herstellung eines Lebens-, Alltags- oder persönlichen Bezugs,</li> <li>• das Nachvollziehen der Entstehung bedeutender Forschungsergebnisse vor dem geschichtlichen Hintergrund und als Werk bedeutender Persönlichkeiten,</li> <li>• das Arbeiten im Team.</li> </ul> <p><b>Vorgehensweise:</b></p> <p>Zum Abschluss der Arbeit mit dem PSE könnte das Rätsel „Meilensteine chemischer Forschung“ (Quelle: Rätsel im Chemieunterricht, Aulis Verlag Deubner, Köln 2003, S.95–98) die Verbindung zwischen der Entdeckung der Elemente und verschiedener Wissenschaftler/innen herstellen. Gleichzeitig bietet dieses Rätsel einen gewissen Einblick in die facettenreiche Entwicklungsgeschichte des Faches Chemie und eine gute Anknüpfung, ausgehend von der Person des Wissenschaftlers seine jeweilige Errungenschaft aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten, darzustellen und ggf. zu diskutieren.</p> <p>So könnte die Lehrkraft am Beispiel von Fritz Haber die Janusköpfigkeit aller Erfindungen in einem Kurzvortrag verdeutlichen: auf der einen Seite ein gesuchter Kriegsverbrecher, auf der anderen der Wohltäter der Menschheit. Im Anschluss daran werden die Schülerinnen und Schüler aufgefordert, im Laufe des Schuljahres in Partnerarbeit einen Naturwissenschaftler und seine – vielleicht zweischneidige Entdeckung – in einer Kurzpräsentation vorzustellen.</p> <p>Themen von Schülerpräsentationen sind z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marie Curie – Bedeutung für Wissenschaft und Geschichte,</li> <li>• Dimitri Mendelejew – Architekt des Periodensystems,</li> <li>• Alfred Nobel – Krieg und Frieden,</li> <li>• Albert Einstein – Forscher der Struktur von Raum und Zeit.</li> </ul> |                                       |           |

**3.1.6 WEITERFÜHRENDE HINWEISE/LINKS**

|   |   |
|---|---|
| <a href="http://www.chemie-interaktiv.net/">http://www.chemie-interaktiv.net/</a>   |    |
| <p>Unterrichtsmaterialien zur 10. Klasse im 6 BG</p> <a href="https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/bs/6bg/6bg2/">https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/bs/6bg/6bg2/</a>  |    |
| <a href="http://chemieunterricht-interaktiv.de/aufgaben/atombau_pse/start_atombau.html">http://chemieunterricht-interaktiv.de/aufgaben/atombau_pse/start_atombau.html</a>   |   |
| <p>Merck PSE-App:</p> <a href="https://www.merckmillipore.com/DE/de/support/mobile-apps/periodic-table/V1.b.qB._EMAAAFApKEQWTYw,nav">https://www.merckmillipore.com/DE/de/support/mobile-apps/periodic-table/V1.b.qB._EMAAAFApKEQWTYw,nav</a> |  |

## 3.2 Chemische Reaktion: Donator-Akzeptor-Prinzip (BPE 5)

## 3.2.1 PLANUNG

| DAUER | INHALT/<br>THEMENSTELLUNG  | ANGESTREBTES ZIEL/<br>ANGESTREBTE KOMPETENZ   | MATERIALIEN UND<br>MEDIEN   |
|-------|--|---|---|
|       | Vorwissen aktivieren   | Eigenverantwortung stärken  | „Das weiß ich schon über Säuren und Basen aus der Mittelstufe!“   |
| 2 h   | Formeln und Namen ausgewählter Säuren und Basen  | Sachkompetenz erwerben: in lebensbezogenen Anwendungsbereichen chemische Sachverhalte erkennen  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Lebensmittel und Haushaltschemikalien</li> <li>Würfel mit Säuren</li> <li>Würfel mit Basen</li> </ul>  |
| 3 h   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Säure-Base-Definition nach Brønsted</li> <li>Donator-Akzeptor-Prinzip (als Teilchenübergang)</li> <li>Protolysegleichungen</li> <li>korrespondierende Säure-Base-Paare</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sachkompetenz erwerben: naturwissenschaftliche Konzepte beschreiben und erklären</li> <li>Erkenntnisgewinnungskompetenz vertiefen: experimentelle Ergebnisse nutzen und interpretieren</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Einführung mit geeignetem Video/ Experiment (Einleiten von HCl- und NH<sub>3</sub>-Gas in Wasser)</li> <li>Arbeitsblatt: Filmstreifen</li> <li>Aufgaben des AK Minilabors: Säure, Basen und pH-Wert</li> </ul> |
| 2 h   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ampholyte</li> <li>Autoprotolyse des Wassers</li> <li>pH-Wert</li> </ul>  | Sachkompetenz und Erkenntnisgewinnungskompetenz festigen  | PhET-Animation zur Veranschaulichung (siehe 3.2.6)  |
| 3 h   | <ul style="list-style-type: none"> <li>pK<sub>w</sub>, pK<sub>s</sub> und pK<sub>B</sub></li> <li>pH-Wert-Berechnung einprotoniger starker Säuren und Basen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sachkompetenz erwerben: fachliche Kompetenzen nutzen, um Alltagssituationen zu bewerten</li> <li>Erkenntnisgewinnungskompetenz fördern: fachspezifische Verfahren zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vergleich von starken Säuren (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) mit Alltagsäuren (Essigsäure, Zitronensäure)</li> <li>PhET-Animation zur Veranschaulichung (siehe 3.2.6)</li> </ul>                            |
| 1 h   | Puffersysteme  | Sachkompetenz vertiefen: im Alltag chemische Sachverhalte erkennen  | Puffersysteme im Alltag (z. B. im Blut und Boden)   |

|     |  |   |  |
|-----|--|---|--|
|     |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kommunikationskompetenz entwickeln: Alltags- und Fachsprache unterscheiden</li> </ul>  |  |
| 3 h | Neutralisation   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sachkompetenz festigen: im Alltag chemische Sachverhalte erkennen und verarbeiten</li> <li>Kommunikationskompetenz trainieren: Alltagssprache in Fachsprache „übersetzen“</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Antacida</li> <li>Reaktion von Salzsäure mit Ammoniak mit Bildung von Ammoniumchlorid auf schwarzer Unterlage</li> <li>Würfel mit Säuren und Basen</li> </ul> |
| 2 h | Titration  | Erkenntnisgewinnungskompetenz fördern: Experimente durchführen, protokollieren und auswerten  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Experiment</li> <li>Animation aus AK-Minilabor</li> </ul>   |
|     |  | Eigenverantwortung stärken  | Selbstdiagnosebogen: Säuren, Basen und Neutralisation  |
| 2 h | Redoxreaktionen im Alltag (Teilchenübergang)   | Sachkompetenz erwerben: <ul style="list-style-type: none"> <li>im Alltag chemische Sachverhalte erkennen, beobachten und beschreiben</li> <li>Stoff- und Teilchenebene unterscheiden</li> </ul>                             | Ascorbinsäure in Früchten, Bleichmittel, Rost, Wunderkerze, Wärmepads  |
| 2 h | <ul style="list-style-type: none"> <li>Oxidationszahlen ermitteln</li> <li>einfache Redoxreaktionen</li> <li>Reduktions- und Oxidationsmittel</li> <li>korrespondierende Redoxpaare</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sachkompetenz erwerben</li> <li>Kommunikationskompetenz trainieren: chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache beschreiben und erklären</li> </ul>                      | geeignete Experimente  |
| 3 h | Redoxreaktionen in sauren, neutralen und alkalischen Lösungen ausgleichen  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sachkompetenz erwerben: chemische Zusammenhänge quantitativ beschreiben</li> </ul>   |  |

|     |   |   |  |
|-----|---|---|--|
|     |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenverantwortung stärken</li> </ul>      | Selbstdiagnosebogen:<br>Redoxreaktionen  |
| 1 h | Grundlegendes Prinzip:<br>Gegenüberstellung Säure-Base- und Redoxreaktionen | Kommunikationskompetenz verstärken: Informationen in Form von Tabellen darstellen | Arbeitsblatt Überblick:<br>Donator-Akzeptor-Prinzip, drei unterschiedliche Niveaus |

### 3.2.2 FACHLICHE HINWEISE

Obwohl chemische Reaktionen auf der stofflichen Ebene vielfältig aussehen, können die meisten Reaktionen auf Teilchen-Ebene mit dem Donator-Akzeptor-Prinzip erklärt werden, also mit der Abgabe und Aufnahme von Teilchen zwischen den an der Reaktion beteiligten Atomsorten.

In der Bildungsplaneinheit 5 „Donator-Akzeptor-Prinzip“ werden Säure-Base-Reaktionen und Redoxreaktionen mit dem Donator-Akzeptor-Prinzip erklärt und gegenübergestellt sowie Gemeinsamkeiten und Unterschiede erarbeitet.

Im Vergleich zum bisherigen Lehrplan werden die zwei Reaktionstypen in derselben Bildungsplaneinheit unterrichtet. Es wurde auf eine Einführung der Säure-Base-Reaktionen in der Eingangsklasse verzichtet, da eine Einheit für sinnvoller gehalten wurde, in der nach der Einführung der Säure-Base-Reaktionen das Thema mit Autoprotolyse und pH-Wert-Berechnungen weiter vertieft wird.

Beispiele und Eigenschaften von sauren und alkalischen Lösungen sind aus der Mittelstufe schon bekannt und werden in der Jahrgangsstufe 1 entweder durch die Lehrkraft oder von den Schülerinnen und Schülern selbstständig wiederholt.

$pK_S$ - und  $pK_B$ -Wert werden eingeführt und verwendet, um Säuren und Basen nach ihrer Stärke zu ordnen. Die pH-Wert-Berechnungen konzentrieren sich auf starke Säuren und Basen. Eine Säure-Base-Titration soll, wenn möglich experimentell, durchgeführt und rechnerisch ausgewertet werden, um die Konzentration der sauren oder alkalischen Lösungen zu bestimmen.

Bei der praktischen Durchführung im Unterricht sind die jeweils aktuell gültigen Sicherheitsvorschriften zu beachten und einzuhalten. Eine GBU ist von der Lehrkraft nach den aktuell gültigen Sicherheitsvorschriften zu erstellen.

Um die Analogie zwischen Protonen- und Elektronenübergängen deutlich werden zu lassen, sollen in der BPE 5.4 Oxidationszahlen mithilfe von Elektronegativitätswerten ermittelt und verwendet werden, damit die Anzahl der übertragenen Elektronen sowie Reduktions- und Oxidationsmittel bestimmt werden können. Redoxgleichungen werden formuliert und in saurem, alkalischem oder neutralem Milieu vollständig ausgeglichen.

### 3.2.3 KOMPETENZORIENTIERUNG

Die Sachkompetenz der Schülerinnen und Schüler wird in dieser Einheit gefördert, indem sie die neuen Theorien und Konzepte beschreiben und erklären sowie auf Alltagsbeispiele übertragen lernen.

Durch das Erkennen und die Beobachtung chemischer Phänomene sowie durch die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten wird die Erkenntnisgewinnungskompetenz gefördert.

In dieser Einheit soll dem selbstständigen Experimentieren der Schülerinnen und Schüler ein hoher Stellenwert zukommen, da der damit angestrebte Kompetenzzuwachs in der Eingangsklasse weniger gefördert werden konnte.

Die Kommunikationskompetenz wird durch das Beschreiben und Erklären der chemischen Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache gefördert. Schülerinnen und Schüler nutzen geeignete Darstellungsformen, um ausgewählte Informationen zu strukturieren und zu interpretieren (z. B. in Form von Tabellen).

Indem die chemischen Sachverhalte zu Säuren und Basen und Redoxreaktionen von den Schülerinnen und Schülern im Alltag erkannt und eingeordnet werden, kann die Bewertungskompetenz gefördert werden. Beispiele hierfür sind ganz allgemein saure und alkalische Lösungen (Essig, Zitronen- und Äpfelsäure in Früchten, aber auch in Gelatine oder Kaubonbons, Rohrreiniger), das Thema Neutralisation (Antacida, Reiniger in Geschirrspülmaschinen), die Bedeutung von Puffersystemen (im Blut und im Boden) und das Auftreten von Redoxreaktionen (Ascorbinsäure als Antioxidans, Bleichmittel, Rost).

#### 3.2.4 METHODISCH-DIDAKTISCHE HINWEISE

Der Schwerpunkt des Chemieunterrichts soll nicht nur auf dem Vermitteln von Fachinhalten liegen, sondern das Schulfach Chemie soll auch das Interesse für diese Naturwissenschaft wecken. Gut gelingen kann das, indem man Bezüge zum Alltag herstellt, um den Schülerinnen und Schülern zu verdeutlichen, dass die Chemie die Lehre aller Stoffe und Reaktionen darstellt, die uns im Alltag begleiten. Experimente – wenn möglich Schülerexperimente – wirken zusätzlich motivationsfördernd.

Für die persönliche Weiterentwicklung und für die Zukunft der Schülerinnen und Schüler ist der Aufbau von Selbstlernkompetenz sinnvoll. Dies kann durch das Einsetzen von Selbsteinschätzungsbögen am Ende jeder Einheit oder vor der Klassenarbeit geübt werden. Dadurch erkennen die Schülerinnen und Schüler ihren eigenen Lernstand und stärken die Eigenverantwortung für ihr Lernen. Die fachlichen Inhalte, die für die Klassenarbeit benötigt werden, müssen auch im Selbstdiagnosebogen aufgelistet sein.

Vor allem für die schwächeren Schülerinnen und Schüler kann am Anfang der Einheit der Bogen „Das weiß ich schon über Säuren und Basen aus der Mittelstufe!“ eingesetzt werden. Dadurch haben sie die Möglichkeit, einen Überblick über die bereits unterrichteten Inhalte und über die Voraussetzungen für die folgende Einheit zu erhalten und können ggf. ihre Lücken schließen.

Die Selbstdiagnosebögen können sowohl in Papierform als auch in digitaler Form ausgeteilt werden. Ein webbasiertes, werbefreies und datenschutzkonformes Umfragetool für Schulen stellt *minnit'* vom Landesmedienzentrum Baden-Württemberg dar.

„Repetitio est mater studiorum“ („Wiederholung ist die Mutter der Studien“), das hat schon der römische Dichter Horaz gesagt. Nach jeder Einheit sollte deswegen immer eine Übungsphase eingeplant

werden, damit die Inhalte verfestigt werden. Für eine schnelle Übung können die REWUEs eingesetzt werden oder motivierende Methoden, wie z. B. das Trimino, Säure-Base-Würfel, Aufgaben aus Internet-Seiten, aber auch Aufgabenblätter, die die Schülerinnen und Schüler schon auf die Abiturprüfung vorbereiten (siehe Aufgabe „Ammoniak“).

Für die Durchführung von Experimenten und für die Wiederholung bzw. Übungsphasen können auch VIP-Stunden (Vertiefung – Individualisiertes Lernen – Projektunterricht) verwendet werden.

Die Animationen und Aufgaben aus der Chemiebrücke, Learning-Apps, PhET Interactive Simulations und dem AK-Minilabor (siehe 3.2.6 weiterführende Hinweise/Links) sind sehr hilfreiche Medien, um Inhalte zu veranschaulichen und diese zu üben und zu wiederholen.



### 3.2.5 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

#### Übersicht:

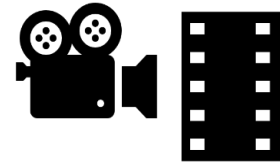
|  | <b>Seitenzahl</b> |
|--|-------------------|
| 1. „Das weiß ich schon über Säuren und Basen aus der Mittelstufe!“       | 23                |
| 2. Säure-Base-Theorie nach Brønsted – Filmstreifen                       | 24                |
| 3. Selbstdiagnosebogen: Säuren, Basen und Neutralisation                 | 30                |
| 4. Selbstdiagnosebogen: pH-, pK <sub>S</sub> - und pK <sub>B</sub> -Wert | 31                |
| 5. Selbstdiagnosebogen: Redoxreaktionen                                  | 32                |
| 6. Überblick: Donator-Akzeptor-Prinzip (differenziert, auf drei Niveaus) | 33                |
| 7. REWUE: Säure-Base-Reaktion (mit Lösungen)                             | 38                |
| 8. REWUE: Donator-Akzeptor-Prinzip (mit Lösungen)                        | 41                |
| 9. Aufgabe: Donator-Akzeptor-Prinzip – Ammoniak (mit Lösungen)           | 43                |
| 10. Trimino: pH-Berechnungen, Neutralisation, Säure-Base-Titration       | 46                |
| 11. Digitale Aufgaben zum Donator-Akzeptor-Prinzip                       | 47                |



## „Das weiß ich schon über Säuren und Basen aus der Mittelstufe!“

| Ich kann schon ...    | <b>Hier können Sie bei Bedarf üben:</b>   |
|--|---|
| einige saure und alkalische Lösungen, die im Alltag vorkommen, angeben.  | <a href="http://www.chemiebruecke.de">www.chemiebruecke.de</a> → Themenbereich: Säuren und Basen → Level 1 → Übungen → „Alltagsstoffe sauer oder alkalisch“         |
| wichtige Eigenschaften einer sauren und einer alkalischen Lösung beschreiben.<br> | <a href="http://www.chemiebruecke.de">www.chemiebruecke.de</a> → Themenbereich: Säuren und Basen → Level 1 → Infotexte → „saure Lösungen“ und „alkalische Lösungen“ |
| den pH-Wert-Bereich einer sauren, einer neutralen und einer alkalischen Lösung angeben.  | <a href="http://www.chemiebruecke.de">www.chemiebruecke.de</a> → Themenbereich: Säuren und Basen → Level 2 → Infotexte → „pH-Wert“                                  |
| den pH-Wert einer Lösung mithilfe des Universalindikators ermitteln.   | <a href="http://www.chemiebruecke.de">www.chemiebruecke.de</a> → Themenbereich: Säuren und Basen → Level 2 → Infotexte → „pH-Wert“                                  |
| Reaktionsgleichungen aufstellen.   | <a href="http://www.chemiebruecke.de">www.chemiebruecke.de</a> → Themenbereich: Chemische Reaktion und ihre Energie → Level 1 → Infotexte                           |
| das Massenwirkungsgesetz für eine Reaktion formulieren.  | s. Unterlagen zur letzten Chemie-Einheit (BPE 4, Kinetik und Gleichgewicht)   |
| auf dem Taschenrechner mit Logarithmus und Umkehrfunktion „umgehen“.   | s. Mathematik-Unterricht  |

### Säure-Base-Theorie nach Brønsted – Filmstreifen



(geändert nach: C. Penzkofer aus dem Vorschlag von W. Hammes, E. Kramer

und „Offenen Lernformen im Chemieunterricht“, Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung Dillingen, Akademiebericht Nr. 395, 2004)

Es soll ein Filmstreifen entstehen „HCl-Gas trifft auf Wasser“ bzw. „NH<sub>3</sub>-Gas trifft auf Wasser“. Leider sind die Schnittbilder durcheinandergeraten und die Tonspur fehlt auch noch.

Wählen Sie sich einen Partner und entscheiden Sie, wer welchen Filmstreifen (HCl-Gas oder NH<sub>3</sub>-Gas) bearbeitet.

#### Einzelarbeit:

1. Ordnen Sie die Einzelbilder in die Filmstreifen ein.
2. Vervollständigen Sie jetzt neben den Bildern die Tonspur dieses Filmes.

→ 15 Minuten

#### Partnerarbeit:

3. Der Partner „HCl-Gas trifft auf Wasser“ beginnt. Erklären Sie Ihrem Partner mündlich, welche Vorgänge ablaufen.
4. Der Partner „NH<sub>3</sub>-Gas trifft auf Wasser“ erklärt im Anschluss mündlich, welche Vorgänge ablaufen.
5. Tauschen Sie Ihre Ergebnisse nun schriftlich aus.
6. Stellen Sie gemeinsam die Reaktionsgleichungen in der Lewis-Schreibweise auf.

→ 15 Minuten

#### Hilfestellung:

Wenn Sie Hilfe brauchen, finden Sie folgende Hilfestellungen auf dem Pult:

- Hilfe 1: geordnete Filmstreifen
- Hilfe 2: ungeordnete Kärtchen (Tonspur)

## Säure-Base-Theorie nach Brønsted – Filmstreifen

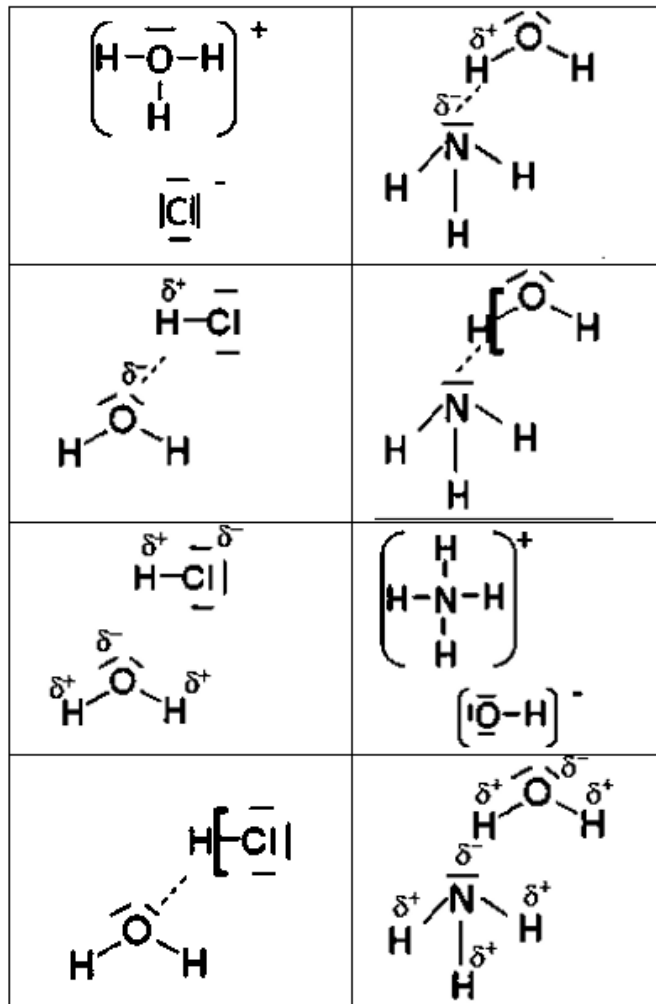
NH<sub>3</sub>-Gas trifft auf Wasser

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

HCl-Gas trifft auf Wasser

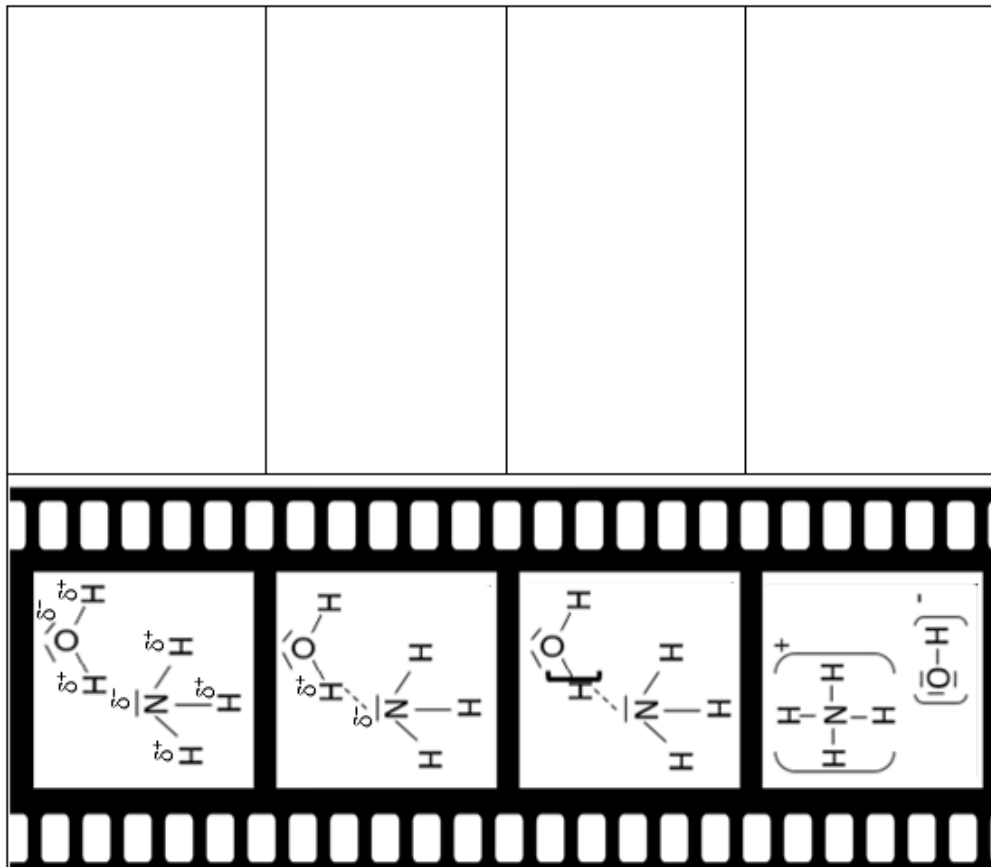
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

## Säure-Base-Theorie nach Brønsted – Ungeordnete Bilder aus den Filmstreifen

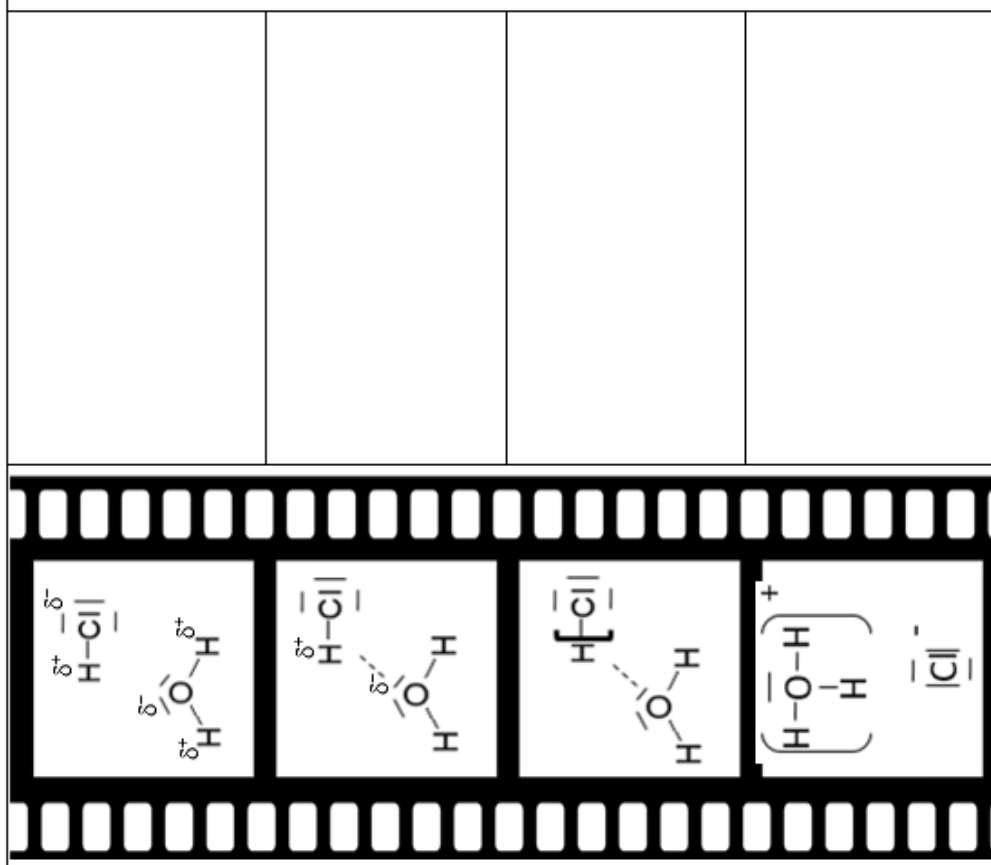


## Säure-Base-Theorie nach Brønsted – Filmstreifen

## Hilfe 1: geordnete Filmstreifen

 NH<sub>3</sub>-Gas trifft auf Wasser


HCl-Gas trifft auf Wasser

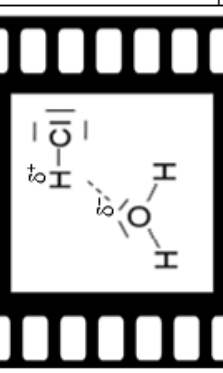
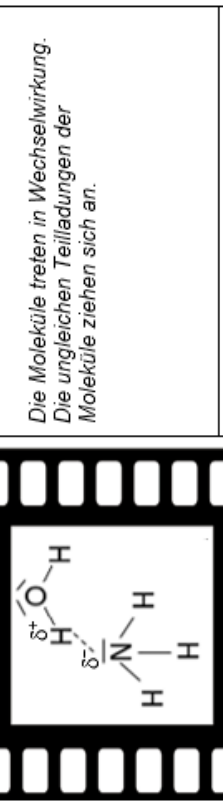


**Säure-Base-Theorie nach Brønsted – Filmstreifen**
**Hilfe 2: ungeordnete Kärtchen (Tonspur)**

| <b>HCl-Gas trifft auf Wasser</b>  | <b>NH<sub>3</sub>-Gas trifft auf Wasser</b>  |
|---|--|
| <p>Die Moleküle treten in Wechselwirkung.</p> <p>Die ungleichen Teilladungen der Moleküle ziehen sich an.</p>   | <p>Es entstehen ein Hydroxid-Ion und ein Ammonium-Ion.</p>   |
| <p>Die polare Atombindung zwischen dem H-Atom und Cl-Atom des HCl-Moleküls wird heterolytisch gespalten. Zwischen einem freien Elektronenpaar des Wassermoleküls und dem H<sup>+</sup>-Ion entsteht eine neue Atombindung.</p>          | <p>Die Moleküle treten in Wechselwirkung.</p> <p>Die ungleichen Teilladungen der Moleküle ziehen sich an.</p>  |
| <p>Es entstehen ein Chlorid-Ion und ein Oxonium-Ion.</p>  | <p>H<sub>2</sub>O: polare Atombindung; O-Atom trägt eine negative Teilladung; H-Atom trägt eine positive Teilladung</p> <p>NH<sub>3</sub>: polare Atombindung; N-Atom trägt eine negative Teilladung; H-Atom trägt eine positive Teilladung.</p> |
| <p>H<sub>2</sub>O: polare Atombindung; O-Atom trägt eine negative Teilladung; H-Atom trägt eine positive Teilladung.</p> <p>HCl: polare Atombindung; Cl-Atom trägt eine negative Teilladung; H-Atom trägt eine positive Teilladung.</p> | <p>Eine polare Atombindung zwischen dem H-Atom und O-Atom des Wassermoleküls wird heterolytisch gespalten. Zwischen dem freien Elektronenpaar des Ammoniakmoleküls und dem H<sup>+</sup>-Ion entsteht eine neue Atombindung.</p>                 |

## Säure-Base-Theorie nach Brønsted – Filmstreifen – Lösungsvorschlag

 NH<sub>3</sub>-Gas trifft auf Wasser

|   |   |
|---|---|
| <p>H<sub>2</sub>O: polare Atombindung; O-Atom trägt eine negative Teilladung; H-Atom trägt eine positive Teilladung.</p> <p>HCl: polare Atombindung; Cl-Atom trägt eine negative Teilladung; H-Atom trägt eine positive Teilladung.</p> <p>Die Moleküle treten in Wechselwirkung. Die ungleichen Teilladungen der Moleküle ziehen sich an.</p> <p>Die polare Atombindung zwischen dem H-Atom und Cl-Atom des HCl-Moleküls wird heterolytisch gespalten. Zwischen einem freien Elektronenpaar des Wassermoleküls und dem H<sup>+</sup>-Ion entsteht eine neue Atombindung.</p> <p>Es entsteht ein Chlorid-Ion und ein Oxonium-Ion.</p> | <p>H<sub>2</sub>O: polare Atombindung; O-Atom trägt eine negative Teilladung; H-Atom trägt eine positive Teilladung.</p> <p>NH<sub>3</sub>: polare Atombindung; N-Atom trägt eine negative Teilladung; H-Atom trägt eine positive Teilladung.</p> <p>Die Moleküle treten in Wechselwirkung. Die ungleichen Teilladungen der Moleküle ziehen sich an.</p> <p>Eine polare Atombindung zwischen dem H-Atom und O-Atom des Wassermoleküls wird heterolytisch gespalten. Zwischen dem freien Elektronenpaar des Ammoniakmoleküls und dem H<sup>+</sup>-Ion entsteht eine neue Atombindung.</p> <p>Es entsteht ein Hydroxid-Ion und ein Ammonium-Ion.</p> |
|    |   |





**Selbstdiagnosebogen: Säuren, Basen und Neutralisation**

| Ich kann ...  | <br>trifft<br>völlig zu | <br>trifft eher<br>zu | <br>trifft we-<br>niger zu | <br>trifft gar<br>nicht zu |
|---|--|---|---|---|
| die Summenformeln von folgenden Säuren angeben:<br>– Chlorwasserstoff                    – Phosphorsäure<br>– Schwefelsäure                        – Kohlensäure<br>– Salpetersäure |  |   |   |   |
| die Summenformeln von folgenden Basen angeben:<br>– Ammoniak                                – Kaliumhydroxid<br>– Natriumhydroxid                        – Calciumhydroxid          |  |   |   |   |
| den Unterschied zwischen Chlorwasserstoff und Salzsäure sowie zwischen Natriumhydroxid und Natronlauge erklären.  |  |   |   |   |
| den Säure- und Base-Begriff nach Brønsted erklären.   |  |   |   |   |
| den Begriff „korrespondierende Säure-Base-Paare“ erklären.  |  |   |   |   |
| Säure-Base-Paare in einer vorgegebenen Reaktion erkennen und angeben.   |  |   |   |   |
| Reaktionsgleichungen für Neutralisationsreaktionen formulieren.   |  |   |   |   |
| Salze aus Metallkationen und Säurerest-Ionen benennen (z. B. Ammoniumsalze, Nitrate, Sulfate, Carbonate, Phosphate).  |  |   |   |   |
| den Aufbau einer Titrationsapparatur zeichnen.  |  |   |   |   |
| das Prinzip einer Titration erklären.   |  |   |   |   |
| aus einer Titration die Stoffmengenkonzentration der Analytlösung berechnen.  |  |   |   |   |

**Hier kann ich nachschlagen:**







**Selbstdiagnosebogen: pH-, pK<sub>S</sub>- und pK<sub>B</sub>-Wert**

| Ich kann ...  | <br>trifft völlig<br>zu | <br>trifft eher<br>zu | <br>trifft weni-<br>ger zu | <br>trifft gar<br>nicht zu |
|---|--|---|---|---|
| den Begriff Ampholyt erklären.  |  |   |   |   |
| die Autoprotolyse des Wassers formulieren.  |  |   |   |   |
| die Definition des pH-Wertes angeben.   |  |   |   |   |
| aus pH-Werten pOH-Werte berechnen und umgekehrt.  |  |   |   |   |
| aus dem pH-Wert $c(\text{H}_3\text{O}^+)$ und $c(\text{OH}^-)$ berechnen.   |  |   |   |   |
| die Bedeutung von pK <sub>S</sub> - und pK <sub>B</sub> -Werten erklären.   |  |   |   |   |
| das Massenwirkungsgesetz für Protolyse-Reaktionen aufstellen.   |  |   |   |   |
| mithilfe von K <sub>S</sub> - bzw. K <sub>B</sub> -Werten sowie pK <sub>S</sub> - und pK <sub>B</sub> -Werten die Stärke einer Säure bzw. einer Base herleiten. |  |   |   |   |
| den pH-Wert starker Säuren und Basen berechnen.   |  |   |   |   |
| die allgemeine Zusammensetzung eines Puffers angeben und seine Wirkung erklären.  |  |   |   |   |

**Hier kann ich nachschlagen:**

**Selbstdiagnosebogen: Redoxreaktionen**

| Ich kann ...   | <br>trifft völlig zu | <br>trifft eher zu | <br>trifft weniger zu | <br>trifft gar nicht zu |
|--|---|--|--|--|
| Elektronenübergänge anhand des Donator-Akzeptor-Prinzips beschreiben.  |   |  |  |  |
| Oxidationszahlen (mithilfe von Elektro-negativitätswerten) bei organischen und anorganischen Verbindungen ermitteln. |   |  |  |  |
| Redoxgleichungen anhand der Anzahl über-tragener Elektronen aufstellen.  |   |  |  |  |
| Redoxreaktionen in saurem, neutralem und alkalischem Milieu formulieren und „aus-gleichen“.                          |   |  |  |  |
| Reduktions- und Oxidationsmittel einer Redoxreaktion angeben.  |   |  |  |  |
| korrespondierende Redoxpaare einer Re-doxreaktion angeben.   |   |  |  |  |

**Hier kann ich nachschlagen:**

**Überblick: Donator-Akzeptor-Prinzip****Niveau 1**

Ergänzen Sie folgende Tabelle, indem Sie verschiedene Aspekte der Säure-Base-Reaktionen und der Redoxreaktionen vergleichen:

|  | <b>Säure-Base-Reaktion</b> | <b>Redoxreaktion</b> |
|--|----------------------------|----------------------|
|  |                            |                      |
|  |                            |                      |
|  |                            |                      |
|  |                            |                      |
|  |                            |                      |
|  |                            |                      |
|  |                            |                      |
|  |                            |                      |
|  |                            |                      |
|  |                            |                      |

**Überblick: Donator-Akzeptor-Prinzip**
**Niveau 2**

Ergänzen Sie folgende Tabelle, indem Sie verschiedene Aspekte der Säure-Base-Reaktionen und der Redoxreaktionen vergleichen:

|                                     | <b>Säure-Base-Reaktion</b> | <b>Redoxreaktion</b> |
|-------------------------------------|----------------------------|----------------------|
| Teilchen, die übertragen werden ... |                            |                      |
| Der Donator heißt ...               |                            |                      |
| Der Akzeptor heißt ...              |                            |                      |
| Die Paare heißen ...                |                            |                      |
| Die Abgabereaktion heißt ...        |                            |                      |
| Die Aufnahmereaktion heißt ...      |                            |                      |
| Beispiel mit Reaktionsgleichung     |                            |                      |
| Beispiele im Alltag                 |                            |                      |
| Stärke des Donators/des Akzeptors   |                            |                      |

**Überblick: Donator-Akzeptor-Prinzip**
**Niveau 3**

Ergänzen Sie folgende Tabelle mithilfe der vorliegenden Kärtchen:

|                                     | <b>Säure-Base-Reaktion</b> | <b>Redoxreaktion</b> |
|-------------------------------------|----------------------------|----------------------|
| Teilchen, die übertragen werden ... |                            |                      |
| Der Donator heißt ...               |                            |                      |
| Der Akzeptor heißt ...              |                            |                      |
| Die Paare heißen ...                |                            |                      |
| Die Abgabereaktion heißt ...        |                            |                      |
| Die Aufnahmereaktion heißt ...      |                            |                      |
| Beispiel mit Reaktionsgleichung     |                            |                      |
| Beispiele im Alltag                 |                            |                      |
| Stärke des Donators/des Akzeptors   |                            |                      |

## Überblick: Donator-Akzeptor-Prinzip

### Begriffe-Kärtchen für das Niveau 3

|  |  |
|--|--|
| Oxidation                                    | $2 \text{ Mg} + \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ MgO}$                               |
| Reduktion                                    | Reduktionsmittel   |
| Base   | $\text{ HCl} + \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{ Cl}^- + \text{ H}_3\text{O}^+$ |
| pK <sub>S</sub> -Wert, pK <sub>B</sub> -Wert | Elektronen (e <sup>-</sup> )   |
| Protonenabgabe                               | Redoxpaar  |
| (Redoxpotenziale, in BPE 9)                  | Säure  |
| Protonen (H <sup>+</sup> )                   | Oxidationsmittel   |
| Rostbildung, Verbrennungen                   | Protonenaufnahme   |
| Essig im Salat                               | Säure-Base-Paar  |

**Überblick: Donator-Akzeptor-Prinzip: Lösung**

|                                     | <b>Säure-Base-Reaktion</b>   | <b>Redoxreaktion</b>                                |
|-------------------------------------|--|---|
| Teilchen, die übertragen werden ... | Protonen (H <sup>+</sup> )   | Elektronen (e <sup>-</sup> )                        |
| Der Donator heißt ...               | Säure  | Reduktionsmittel                                    |
| Der Akzeptor heißt ...              | Base   | Oxidationsmittel                                    |
| Die Paare heißen ...                | Säure-Base-Paar  | Redoxpaar   |
| Die Abgabereaktion heißt ...        | Protonenabgabe   | Oxidation   |
| Die Aufnahmereaktion heißt ...      | Protonenaufnahme   | Reduktion   |
| Beispiel mit Reaktionsgleichung     | $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ | $2 \text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{MgO}$ |
| Beispiele im Alltag                 | Essig im Salat   | Rostbildung, Verbrennungen                          |
| Stärke des Donators/des Akzeptors   | pK <sub>S</sub> -Wert, pK <sub>B</sub> -Wert                                     | (Redoxpotenziale, in BPE 9)                         |

**REWUE: Säure-Base-Reaktion (REWUE = Regelmäßig Wiederholen und UEBen)**

Name:

Anzahl: 23

Richtig sind:

**Aufgabe 1 (5 Punkte)**

Geben Sie an, ob folgende Aussagen richtig oder falsch sind.

|   | richtig                  | falsch                   |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Die Säurekonstante $K_S$ für starke Säuren ist klein.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| In einer Salzsäure der Stoffmengenkonzentration $c = 0,2 \text{ mol/L}$ ist die Stoffmengenkonzentration von Oxoniumionen $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 0,2 \text{ mol/L}$ . | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Salpetersäure in Wasser ist vollständig dissoziiert.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Bei einem $\text{pH} = 5$ ist der $\text{pOH} = 10$ .   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Der $\text{p}K_S$ -Wert für schwache Säuren ist groß.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**Aufgabe 2 (4 Punkte)**

 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die erste Protolysestufe der Kohlensäure in Wasser und geben Sie die Säure-Base-Paare an. Geben Sie den Ausdruck der Säurekonstante  $K_S$  dieser Protolyse an.

**Aufgabe 3 (6 Punkte)**

Ordnen Sie die Ionen den entsprechenden Formeln zu, indem Sie die jeweils zusammengehörigen Kästchen mit unterschiedlicher Farbe markieren.

|                           |                 |                    |                  |                        |                    |
|---------------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------|--------------------|
| $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ | $\text{NH}_4^+$ | $\text{NO}_3^-$    | $\text{HSO}_4^-$ | $\text{PO}_4^{3-}$     | $\text{CO}_3^{2-}$ |
| Phosphat-Ion              | Nitrat-Ion      | Hydrogensulfat-Ion | Carbonat-Ion     | Dihydrogenphosphat-Ion | Ammonium-Ion       |

**Aufgabe 4 (5 Punkte)**

Ergänzen Sie die folgende Tabelle:

|                  |                |                |                 |                          |                           |
|------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|
| Salz             | Kaliumphosphat |                | Calciumcarbonat |                          |                           |
| Verhältnisformel |                | $\text{KNO}_3$ |                 | $\text{Na}_2\text{SO}_4$ | $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ |

**Aufgabe 5 (1 Punkt)**

 Der pH-Wert einer Salzsäure der Stoffmengenkonzentration  $c = 0,3 \text{ mol/L}$  beträgt:

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| 0,5 | <input type="checkbox"/> |
| 1,3 | <input type="checkbox"/> |
| 2,6 | <input type="checkbox"/> |



**Aufgabe 6 (1 Punkt)**

Die Stoffmengenkonzentration einer Kalilauge mit  $\text{pH} = 13,7$  beträgt:

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| 0,3 | <input type="checkbox"/> |
| 0,5 | <input type="checkbox"/> |
| 5,0 | <input type="checkbox"/> |

**Aufgabe 7 (1 Punkt)**

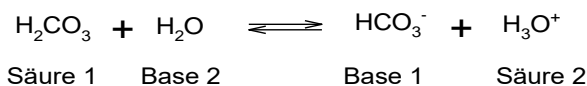
Eine Pufferlösung besteht aus:

|   |                          |
|---|--------------------------|
| einer starken Säure und ihrer korrespondierenden Base   | <input type="checkbox"/> |
| einer schwachen Säure und ihrer korrespondierenden Base | <input type="checkbox"/> |
| einer schwachen Säure und einer schwachen Base          | <input type="checkbox"/> |

**REWUE: Säure-Base-Reaktion – Lösungen**
**Aufgabe 1 (5 Punkte)**

Geben Sie an, ob folgende Aussagen richtig oder falsch sind.

|   | richtig                             | falsch                              |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Die Säurekonstante $K_S$ für starke Säuren ist klein.   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| In einer Salzsäure der Stoffmengenkonzentration $c = 0,2 \text{ mol/L}$ ist die Stoffmengenkonzentration von Oxoniumionen $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 0,2 \text{ mol/L}$ . | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| Salpetersäure in Wasser ist vollständig dissoziiert.  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| Bei einem $\text{pH} = 5$ ist der $\text{pOH} = 10$ .   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Der $\text{p}K_S$ -Wert für schwache Säuren ist groß.   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |

**Aufgabe 2 (4 Punkte)**


$$K_S = \frac{c(\text{HCO}_3^-) \cdot c(\text{H}_3\text{O}^+)}{c(\text{H}_2\text{CO}_3)}$$

**Aufgabe 3 (6 Punkte)**

|                           |                 |                 |                    |                    |                    |
|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ | $\text{NH}_4^+$ | $\text{NO}_3^-$ | $\text{HSO}_4^-$   | $\text{PO}_4^{3-}$ | $\text{CO}_3^{2-}$ |
| Dihydrogen-Phosphat-Ion   | Ammonium-Ion    | Nitrat-Ion      | Hydrogensulfat-Ion | Phosphat-Ion       | Carbonat-Ion       |

**Aufgabe 4 (5 Punkte)**

|                   |                         |                |                  |                          |                           |
|-------------------|-------------------------|----------------|------------------|--------------------------|---------------------------|
| Salz              | Kalium-phosphat         | Kalium-nitrat  | Calcium-carbonat | Natrium-sulfat           | Natrium-hydrogenphosphat  |
| Verhältnis-formel | $\text{K}_3\text{PO}_4$ | $\text{KNO}_3$ | $\text{CaCO}_3$  | $\text{Na}_2\text{SO}_4$ | $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ |

**Aufgabe 5 (1 Punkt)**

 Der pH-Wert einer Salzsäure der Stoffmengenkonzentration  $c = 0,3 \text{ mol/L}$  beträgt:

|     |                                     |
|-----|-------------------------------------|
| 0,5 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 1,3 | <input type="checkbox"/>            |
| 2,6 | <input type="checkbox"/>            |

**Aufgabe 6 (1 Punkt)**

 Die Stoffmengenkonzentration einer Kalilauge mit  $\text{pH} = 13,7$  beträgt:

|     |                                     |
|-----|-------------------------------------|
| 0,3 | <input type="checkbox"/>            |
| 0,5 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5,0 | <input type="checkbox"/>            |

**Aufgabe 7 (1 Punkt)**

Eine Pufferlösung besteht aus:

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| einer schwachen Säure und ihrer korrespondierenden Base | <input checked="" type="checkbox"/> |
|---|-------------------------------------|

**REWUE: Donator-Akzeptor-Prinzip (REWUE = REGelmäßig Wiederholen und UEBen)**

Name:

Anzahl: 32

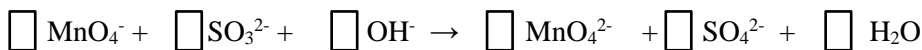
Richtig sind:

**Aufgabe 1 (20 Punkte)**

a) Ermitteln Sie die Oxidationszahlen aller Atome bei folgenden Reaktionsgleichungen. (8 Punkte)

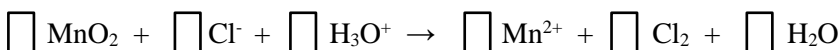
b) Geben Sie Oxidations- und Reduktionsmittel bei folgenden Reaktionen an. (4 Punkte)

c) Stellen Sie folgende Redoxreaktionen vollständig auf, indem Sie in die leeren Kästchen die Faktoren eintragen. (8 Punkte)



Oxidationsmittel: \_\_\_\_\_

Reduktionsmittel: \_\_\_\_\_



Oxidationsmittel: \_\_\_\_\_

Reduktionsmittel: \_\_\_\_\_

**Aufgabe 2 (4 Punkte)**

Geben Sie an, ob es sich bei folgenden Reaktionen um Säure-Base- oder um Redoxreaktionen handelt.

|  | Säure-Base-Reaktion      | Redox-reaktion           |
|--|--------------------------|--------------------------|
| $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{HF} + \text{CaSO}_4$                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| $2 \text{Al} + 6 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{AlCl}_3 + 3 \text{H}_2$                              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| $\text{SnO} + 2 \text{HF} \rightarrow \text{SnF}_2 + \text{H}_2\text{O}$                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| $\text{Cu} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**Aufgabe 3 (8 Punkte)**

Füllen Sie folgenden Lückentext aus:

Bei einer Säure-Base-Reaktion werden \_\_\_\_\_ übertragen, bei einer Redoxreaktion \_\_\_\_\_.

Bei einer Säure-Base-Reaktion ist der Donator die \_\_\_\_\_, bei einer Redoxreaktion ist der Donator das \_\_\_\_\_.

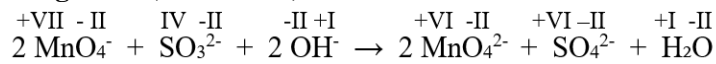
Ein Reduktionsmittel wird \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_ dabei den Reaktionspartner. Ein Oxidationsmittel wird \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_ den Reaktionspartner.

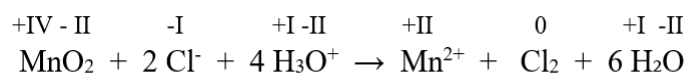
**REWUE: Donator-Akzeptor-Prinzip – Lösungen**

Name:

Anzahl: 32

Richtig sind:

**Aufgabe 1 (20 Punkte)**

 Oxidationsmittel:  $\text{MnO}_4^-$ 

 Reduktionsmittel:  $\text{SO}_3^{2-}$ 

 Oxidationsmittel:  $\text{MnO}_2$ 

 Reduktionsmittel:  $\text{Cl}^-$ 
**Aufgabe 2 (4 Punkte)**

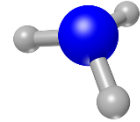
Geben Sie an, ob es sich bei folgenden Reaktionen um Säure-Base- oder um Redoxreaktionen handelt.

|  | Säure-Base-Reaktion      | Redoxreaktion            |
|--|--------------------------|--------------------------|
| $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{HF} + \text{CaSO}_4$                       | x                        | <input type="checkbox"/> |
| $2 \text{Al} + 6 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{AlCl}_3 + 3 \text{H}_2$                              | <input type="checkbox"/> | x                        |
| $\text{SnO} + 2 \text{HF} \rightarrow \text{SnF}_2 + \text{H}_2\text{O}$                             | x                        | <input type="checkbox"/> |
| $\text{Cu} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ | <input type="checkbox"/> | x                        |

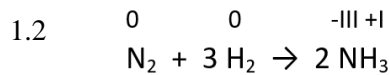
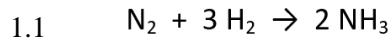
**Aufgabe 3 (8 Punkte)**

Füllen Sie folgenden Lückentext aus:

*Bei einer Säure-Base-Reaktion werden **Protonen** übertragen, bei einer Redoxreaktion*
**Elektronen.**
*Bei einer Säure-Base-Reaktion ist der Donator die **Säure**, bei einer Redoxreaktion ist der Donator das **Reduktionsmittel**.*
*Ein Reduktionsmittel wird **oxidiert** und **reduziert** dabei den Reaktionspartner. Ein Oxidationsmittel wird **reduziert** und **oxidiert** den Reaktionspartner.*

**Aufgabe: Donator-Akzeptor-Prinzip****Ammoniak**

1. Jährlich werden in Deutschland mehr als zwei Millionen Tonnen Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) vor allem nach dem Haber-Bosch-Verfahren hergestellt. 80 Prozent des hergestellten Ammoniaks werden für die Produktion von Düngemitteln verwendet. Ammoniak wird aus den Elementen Wasserstoff und Stickstoff hergestellt.
  - 1.1 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung zur Bildung von Ammoniak aus den Elementen.
  - 1.2 Leiten Sie mithilfe von Oxidationszahlen ab, dass es sich bei der Ammoniaksynthese um eine Redoxreaktion handelt.
  - 1.3 Geben Sie Oxidations- und Reduktionsmittel dieser Reaktion begründet an.
  - 1.4 Ammoniakgas wird ins Wasser, das Universalindikator enthält, eingeleitet.
    - 1.4.1 Stellen Sie die Protolysegleichung für die Reaktion von Ammoniak mit Wasser auf. Geben Sie die korrespondierenden Säure-Base-Paare an.
    - 1.4.2 Beschreiben Sie die Beobachtung auf Stoffebene und erklären Sie diese mit den Vorgängen auf Teilchenebene.
    - 1.4.3 Die Reaktion aus 1.1 und die Reaktion aus 1.4.1 folgen dem Donator-Akzeptor-Prinzip. Vergleichen Sie die zwei Reaktionen in einer Tabelle unter Verwendung folgender Begriffe: Reaktionstyp, Donator, Akzeptor, übertragene Teilchen.
  - 1.5 10 mL einer wässrigen Ammoniaklösung werden mit Salzsäure mit  $c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol/L}$  titriert. Bis zum Äquivalenzpunkt werden 15 mL Salzsäure gebraucht.
    - 1.5.1 Zeichnen Sie eine beschriftete Skizze einer Titrationsapparatur.
    - 1.5.2 Berechnen Sie den pH-Wert der verwendeten Salzsäure.
    - 1.5.3 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Reaktion, die während der Titration abläuft, und benennen Sie das Reaktionsprodukt.
    - 1.5.4 Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration der Ammoniaklösung.
    - 1.5.5 Bei der Titration entsteht ein Puffersystem. Beschreiben Sie die Wirkung eines Puffersystems und erklären Sie, warum es bei der Titration entsteht.

**Aufgabe Donator-Akzeptor-Prinzip – Lösungen**
**Ammoniak**


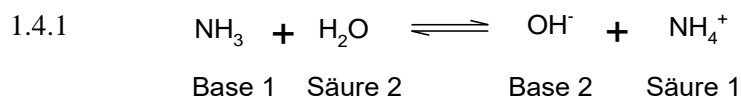
$\text{N}_2$  wird zu  $\text{NH}_3$  reduziert (Oxidationszahl ändert sich von 0 auf -III).

$\text{H}_2$  wird zu  $\text{NH}_3$  oxidiert (Oxidationszahl ändert sich von 0 auf +I).

Es handelt sich um eine Redoxreaktion.

1.3 Oxidationsmittel:  $\text{N}_2$ , da es reduziert wird und dabei  $\text{H}_2$  oxidiert.

Reduktionsmittel:  $\text{H}_2$ , da es oxidiert wird und dabei  $\text{N}_2$  reduziert.



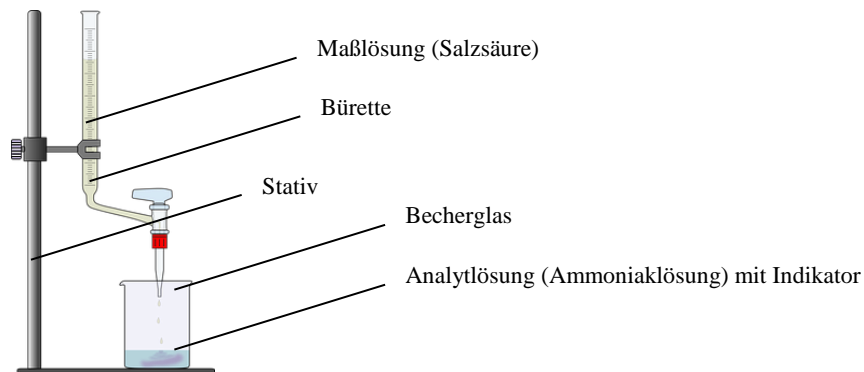
1.4.2 Beobachtung auf Stoffebene: Der Universalindikator färbt sich blau.

Erklärung auf Teilchenebene: Bei der Protolyse-Reaktion nehmen Ammoniakmoleküle Protonen von Wassermolekülen auf. Dabei entstehen Ammonium- und Hydroxidionen. Durch die Hydroxidionen entsteht eine alkalische Lösung → blaue Färbung des Universalindikators.

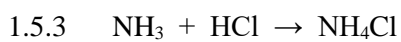
1.4.3

|                      | <b>Reaktion aus 1.1</b>         | <b>Reaktion aus 1.4.1</b>    |
|----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Reaktionstyp         | Redoxreaktion                   | Säure-Base-Reaktion          |
| Donator              | $\text{H}_2$ – Reduktionsmittel | $\text{H}_2\text{O}$ – Säure |
| Akzeptor             | $\text{N}_2$ – Oxidationsmittel | $\text{NH}_3$ – Base         |
| übertragene Teilchen | Elektronen                      | Protonen                     |

1.5.1



1.5.2  $\text{pH} = -\log 0,1 = 1$



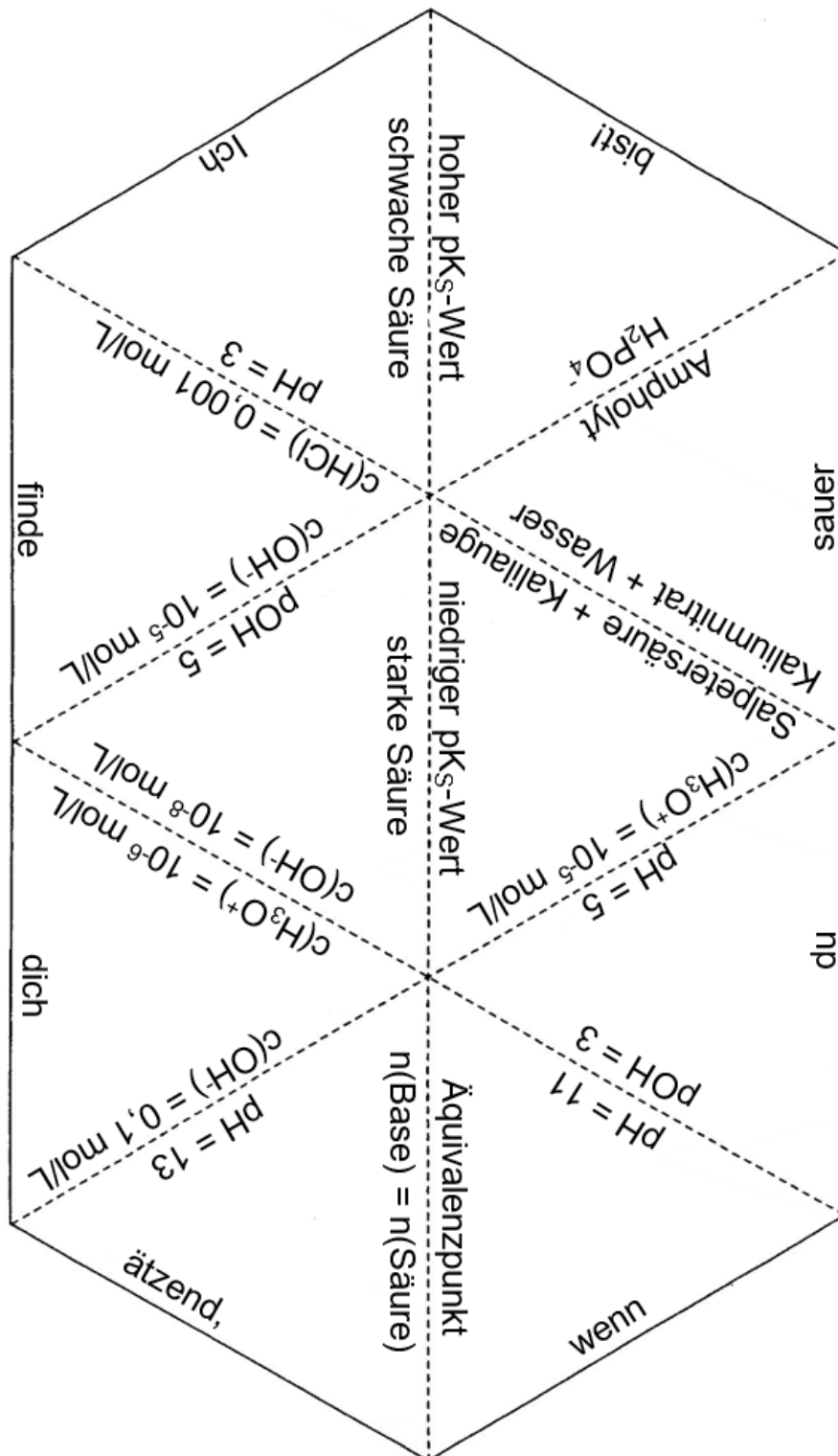
Reaktionsprodukt: Ammoniumchlorid

1.5.4 
$$c(\text{Ammoniaklösung}) = \frac{c(\text{Salzsäure}) \cdot V(\text{Salzsäure})}{V(\text{Ammoniaklösung})} = \frac{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 15 \text{ mL}}{10 \text{ mL}} = 0,15 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

 1.5.5 Ein Puffersystem ist ein Stoffgemisch, dessen pH-Wert sich bei Zugabe kleiner Mengen einer Säure oder einer Base geringfügig ändert. Ein Puffer besteht aus einer schwachen Säure und deren korrespondierender Base. Bei dieser Titration liegen  $\text{NH}_4^+$  (schwache Säure) und  $\text{NH}_3$  (korrespondierende Base) vor.

### Trimino: pH-Berechnungen, Neutralisation, Säure-Base-Titration

Die Lehrkraft schneidet die Kärtchen aus, die Schülerinnen und Schüler setzen die Kärtchen zu einem Hexagon wieder zusammen. Am Rand des Hexagons kann man den Lösungssatz ablesen.



Lösungssatz: Ich finde dich ätzend, wenn du sauer bist!



## Digitale Aufgaben zum Donator-Akzeptor-Prinzip

Bearbeiten Sie folgende Aufgaben mit einem Tablet oder mit einem Computer:

1. [www.chemiebruecke.de](http://www.chemiebruecke.de) → Stoffgebiet: Säuren und Basen
  - Level 2 → Übungen → Säuren und ihre Säurerest-Ionen
  - Level 2 → Übungen → Wichtige Säuren und Basen kennen
  - Level 3 → Übungen → Auswahlquiz Brønsted Säuren und Basen
  - Level 3 → Übungen → Multiquiz Säuren und Basen
2. [www.kapenberg.com/akminilabor/apps/start.html](http://www.kapenberg.com/akminilabor/apps/start.html) → Säure/Basen und pH
3. [www.learnigapps.org](http://www.learnigapps.org)
  - <https://learningapps.org/4843305> (Säure-Base-Theorie nach Brønsted)
  - <https://learningapps.org/6387953> (Berechnung des pH-Werts einer starken Säure)
  - <https://learningapps.org/6721311> (pH-Berechnung)
  - <https://learningapps.org/6780230> (Reaktionsgleichungen für Neutralisation)
  - <https://learningapps.org/7046326> (Durchführung einer Säure-Base-Titration)
  - <https://learningapps.org/7099002> (Auswertung einer Titration)
  - <https://learningapps.org/3309045> (Oxidationszahlen)

### 3.2.6 WEITERFÜHRENDE HINWEISE/LINKS

Interessante Links für die Vertiefung bzw. Übung der Inhalte der BPE 5 finden sich z. B. auf folgenden Internetseiten:

| Thema  | Internetseite   | QR-Code   |
|--|---|---|
| Chemie & Animationen: <ul style="list-style-type: none"> <li>schwache Säure: HA mit Wasser</li> <li>starke Säure: HCl mit Wasser</li> <li>Autoprotolyse: Wasser mit Wasser</li> <li>Neutralisation Salzsäure mit Natronlauge</li> </ul> → pH-Rechner (auch um Aufgaben zu kontrollieren)<br>→ Titrationstraining<br>→ red & ox | <a href="http://www.kappenberg.com/akminilabor/apps/start.html">www.kappenberg.com/akminilabor/apps/start.html</a>  |    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>saure und basische Lösungen</li> <li>pH-Skala</li> <li>pH-Skala: Grundlagen</li> </ul>  | <a href="https://phet.colorado.edu/de/simulations/category/chemistry">https://phet.colorado.edu/de/simulations/category/chemistry</a>   |   |
| Säuren und Basen   | <a href="http://moodle3.schule-bw.de/pluginfile.php/9900/mod_resource/content/17/Chemiebruecke/index.html">moodle3.schule-bw.de/pluginfile.php/9900/mod_resource/content/17/Chemiebruecke/index.html</a><br>Themenbereich: Säuren und Basen – Level 3 |  |
| Aufgaben zu Säure-Base-Reaktionen  | <a href="https://www.schlaukopf.de/gymnasium/klasse10/chemie/saurebase.htm">https://www.schlaukopf.de/gymnasium/klasse10/chemie/saurebase.htm</a>   |  |
| Learning-Apps zum Thema Säuren, Basen, Neutralisation und pH-Berechnungen  | <a href="http://learnin-gapps.org/index.php?category=12&amp;subcategory=13764&amp;s=">learnin-gapps.org/index.php?category=12&amp;subcategory=13764&amp;s=</a>  |  |
| Eventuell als Vertiefung → Lerneinheit „Antioxidanzien“:   | <a href="http://chemieunterricht-interaktiv.de/lerneinheiten/briggs_rauscher/lerneinheitantioxidanzien/start.html">http://chemieunterricht-interaktiv.de/lerneinheiten/briggs_rauscher/lerneinheitantioxidanzien/start.html</a>                       |  |

## 3.3 Energiekonzept (BPE 9)

## 3.3.1 PLANUNG

| DAUER | INHALT/THEMENSTELLUNG  | ANGESTREBTES ZIEL/<br>ANGESTREBTE KOMPETENZ   | MATERIALIEN UND MEDIEN  |
|-------|--|---|---|
|       |  | Eigenverantwortung stärken  | „Das weiß ich schon!“ –<br>Energiediagramme und Redoxreaktionen   |
| 4 h   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Standardbildungsenthalpie</li> <li>Satz von Hess</li> <li>Standardreaktionsenthalpie</li> <li>Kalorimetrie</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sachkompetenz erwerben: chemische Konzepte beschreiben und nutzen</li> </ul> Erkenntnisgewinnungskompetenz erwerben: fachspezifische Verfahren durchführen und auswerten | Experiment: Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser   |
| 2 h   | Standardreaktionsentropie  | Sachkompetenz und Erkenntnisgewinnungskompetenz vertiefen   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Experiment: Lösen von Salzen</li> <li>Entropie und Wahrscheinlichkeit</li> </ul>             |
| 2 h   | <ul style="list-style-type: none"> <li>freie Reaktionsenthalpie</li> <li>Gibbs-Helmholtz-Gleichung</li> <li>exergonisch und endergonisch</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Erkenntnisgewinnungskompetenz fördern</li> <li>Kommunikationskompetenz entwickeln: sich über chemische Sachverhalte konstruktiv austauschen</li> </ul>                   | Concept Cartoon: Wann läuft eine Reaktion freiwillig ab?  |
|       |  | Eigenverantwortung stärken  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Selbstdiagnosebogen: Energieumsatz</li> <li>REWUE: Energiekonzept – Energieumsatz</li> </ul> |
| 2 h   | elektrochemische Spannungsreihe  | Erkenntnisgewinnungskompetenz fördern: Experimente nutzen, um chemische Fragestellungen zu bearbeiten   | Experiment: Redoxreihe der Metalle  |
|       |  |   |   |

|     |   |  |  |
|-----|---|--|--|
| 1 h | Einführung galvanische Zelle  | Sachkompetenz vertiefen: im Alltag chemische Sachverhalte erkennen   | Experiment: Strom ohne Steckdose?  |
| 3 h | galvanische Zelle: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Halbzellen</li> <li>• Standardwasserstoffhalbzelle</li> <li>• Standardpotenziale</li> </ul> | Sachkompetenz und Erkenntnisgewinnungskompetenz erwerben und vertiefen   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimente</li> <li>• experimentelle Ermittlung einer Spannungsreihe: <a href="http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/redox.html">www.chemie-interaktiv.net/html_flash/redox.html</a></li> <li>• galvanische Zelle Animation: <a href="http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/redox.html">www.chemie-interaktiv.net/html_flash/redox.html</a></li> </ul> |
| 3 h | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batterien</li> <li>• Akkumulatoren</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sachkompetenz nutzen: Sachverhalte aus fach- und alltagsbezogenen Bereichen beschreiben und erklären</li> <li>• Erkenntnisgewinnungskompetenz vertiefen</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• LZ: Batterien und Akkumulatoren</li> <li>• Video über Alessandro Volta und die Batterie</li> <li>• Experimente</li> </ul>   |
|     | Brennstoffzelle   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sachkompetenz erwerben</li> <li>• im Alltag chemische Sachverhalte erkennen</li> <li>• Bewertungskompetenz vertiefen: fachliche und überfachliche Kriterien für Entscheidungsprozesse nutzen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Video über William Robert Grove und die Brennstoffzelle</li> <li>• Experimente, z. B. in Wassertropfen</li> </ul>   |
| 2 h | Elektrolyse   | Erkenntnisgewinnungskompetenz vertiefen: fachspezifische Verfahren durchführen und auswerten   | Experimente, z. B. in Wassertropfen zu Elektrolyse und zur Standardwasserstoffelektrode  |
|     |   | Eigenverantwortung stärken   | Selbstdiagnosebogen: Elektrochemie   |

|     |   |  |  |
|-----|---|--|--|
| 2 h | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Korrosion durch Säuren und Sauerstoff</li> <li>• Korrosionsschutz, Opferanode</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sachkompetenz erwerben: im Alltag chemische Sachverhalte erkennen</li> <li>• Bewertungskompetenz entwickeln: Kriteriengeleitet Alltagssituationen einschätzen und beurteilen</li> </ul> | geeignete Experimente, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rosten von Eisen</li> <li>• Rostbildung unter einem Salzwassertropfen</li> <li>• Rostbildung an Lokalelementen</li> <li>• Metallüberzüge</li> </ul> |
|     |   |  |  |
|     |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationskompetenz entwickeln: sich über chemische Sachverhalte konstruktiv austauschen</li> <li>• Eigenverantwortung stärken</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concept Cartoon: Elektrochemie</li> <li>• REWUE: Energie-Konzept – Elektrochemie</li> </ul>   |

### 3.3.2 FACHLICHE HINWEISE

In der Mittelstufe und der Eingangsklasse werden energetische Zusammenhänge chemischer Reaktionen qualitativ betrachtet (BPE 3.2). In der BPE 9.1 kommen nun die quantitative Betrachtung sowie die Einführung weiterer Größen hinzu.

Die Basis für die Messung von Enthalpien bildet hierbei die Kalorimetrie, die auch, wenn möglich, experimentell behandelt werden sollte. Dass nicht alleine die Enthalpie für den Ablauf einer Reaktion entscheidend ist, führt zur Einführung der Entropie. Diese zunächst schwer fassbare Größe sollte ggf. mithilfe einfacher Experimente erfahrbar und durch Modellbetrachtungen anschaulich gemacht werden. Enthalpie und Entropie werden schließlich in der Freien Enthalpie zusammengeführt, die über die Freiwilligkeit einer Reaktion entscheidet.

In der BPE 9.2 werden energetische Umsetzungen im Kontext der Elektrochemie behandelt. Nach der allgemeinen Einführung der galvanischen Zelle und der Elektrolyse sollen solche Batterien und Akkumulatoren im Fokus stehen, deren Technologie zur Unterrichtszeit gerade im Alltag aktuell ist und ggf. in den Medien diskutiert wird.

VIP-Stunden können auch dazu verwendet werden, um Experimente durchzuführen oder/und gesellschaftlich relevante Themen zum Thema Elektrochemie zu recherchieren, zu vertiefen und unter Berücksichtigung der Chemie-Kenntnisse zu diskutieren.

Das in diesem Bildungsplan neue Thema Korrosion und Korrosionsschutz soll – wenn möglich – unter Zuhilfenahme von Experimenten behandelt werden (s. 3.3.5 Weiterführende Hinweise/Links).

### 3.3.3 KOMPETENZORIENTIERUNG

Schülerinnen und Schüler vertiefen in der gesamten Bildungsplaneinheit ihre Erfahrungen, dass Energie bei Reaktionsabläufen eine wichtige Rolle spielt. In der BPE 9.1 erwerben sie Sachkompetenz dadurch, dass sie Reaktionsabläufe unter energetischen Gesichtspunkten – experimentell, rechnerisch und im Modell – untersuchen. Sie vertiefen dadurch ihre Erkenntnisgewinnungskompetenz und entwickeln im chemisch richtigen Kommunizieren ihre fachsprachliche Kompetenz (z. B. im Concept Cartoon) weiter.

In der BPE 9.2 wird besonders die Erkenntnisgewinnungskompetenz gefördert, indem die Schülerinnen und Schüler Experimente zum Thema Elektrochemie eventuell planen, durchführen und auswerten. Durch das Beschreiben und Erklären der chemischen Sachverhalte – auch mithilfe von Modellen und Animationen – wird zudem die Fachsprache gefördert, die besonders bei chemischen Sachverhalten, die vom Alltag bekannt sind, bewusst von der Alltagssprache unterschieden werden muss.

Die Bewertungskompetenz kann in dieser BPE besonders dadurch gefördert werden, dass die Schülerinnen und Schüler chemische Sachverhalte in lebensweltbezogenen Zusammenhängen erkennen und multiperspektivisch betrachten lernen. Außerdem werden bei chemischen Themen zur Elektrochemie, wie z. B. Elektromobilität, Lithiumressourcen in der Welt, Recycling von Akkumulatoren, Pro- und Contra-Argumente unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte verglichen. Die Schülerinnen und Schüler diskutieren und bewerten persönlich oder gesellschaftlich relevante Themen aus unterschiedlichen Perspektiven unter Berücksichtigung ihrer neuen Chemie-Kenntnisse.

Generell soll die Bedeutung der Wissenschaft Chemie und der chemischen Industrie in lebensweltlichen Bezügen in der BPE 9.2 besonders hervorgehoben werden.

### 3.3.4 METHODISCH-DIDAKTISCHE HINWEISE

In der BPE 9.1 geht es zunächst um die quantitative Erfassung und Berechnung von Reaktionswärmern. Reaktionswärmern bzw. Enthalpie können jedoch nur indirekt über die Änderung der Temperatur einer genau bekannten Wasserportion gemessen werden. Diese Methode sollten die Schülerinnen und Schüler möglichst in einem Schülerexperiment zur Wärmekapazität von Wasser kennenlernen.

Schülerinnen und Schüler antworten auf die Frage „Wann läuft eine Reaktion spontan ab?“ oft mit der – falschen – Antwort „Wenn sie exotherm ist“. Dies führt zur Einführung der Entropie. Die Hinführung zu dieser neuen Größe kann mit einem einfachen Experiment eingeleitet werden, dem Auflösen von Salzen. Da die Entropie für viele schwer zu fassen ist, eignet sich ein Würfelexperiment, das die statistische Interpretation der Entropie als Maß für die Wahrscheinlichkeit veranschaulicht.

Ein Concept Cartoon kann dazu dienen, das Verständnis für das komplexe Zusammenwirken von Enthalpie und Entropie zu überprüfen und durch Diskussion zu vertiefen.

Die Frage, unter welchen Bedingungen eine chemische Reaktion Energie liefert und wie diese chemische Energie in elektrische umgewandelt werden kann, wird in der folgenden BPE 9.2 behandelt. Dabei kommen den Experimenten (wenn möglich Schülerexperimente) und der Verknüpfung zur Le-

benswelt der Schülerinnen und Schüler (Batterien, Akkumulatoren im Handy und im Auto, Korrosion) eine besondere Rolle zu.

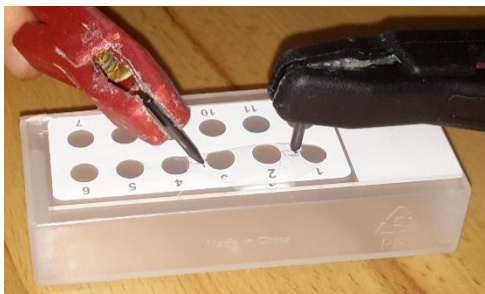
Die Einführung in die Elektrochemie gelingt mit einem einfachen Experiment: An einen Zungenrand wird ein Teelöffel gehalten und an den anderen ein Stück gerollte Aluminiumfolie. Teelöffel und Aluminiumfolie werden kurzzeitig in Kontakt gebracht.

Das Experiment kann mit einer Obst- oder Gemüse-Batterie erweitert werden. Informationen über bedeutende Forscherpersönlichkeiten wie z. B. Luigi Galvani und Alessandro Volta (z. B. durch Videos zu ihrem Leben und ihren Entdeckungen) stellen eine Verbindung zum Experiment mit dem Teelöffel und der Aluminiumfolie her, da es Ende des 18. Jahrhunderts noch keine Spannungsmessgeräte gab und der italienische Physiker Alessandro Volta eine vorläufige Spannungsreihe der Metalle mithilfe seiner Zunge aufstellte.

Die Schülerinnen und Schüler können anschließend eine Spannungsreihe mithilfe des Experiments: Redoxreihe der Metalle aufstellen.

Die theoretischen Inhalte zur galvanischen Zelle, Brennstoffzelle und Elektrolyse werden durch Experimente erschlossen und durch Animationen veranschaulicht.

Einfache Schülerexperimente mit wenig Materialverbrauch und geringer Gefährdung können in Wassertropfen durchgeführt werden (siehe S. Matussek, „Lab in a drop“, <https://lab-in-a-drop.de/> oder auch „Low cost Brennstoffzelle“, [https://lehrerfortbildung-bw.de/u\\_matnatech/chemie/gym/bp2004/fb3/modul1/2\\_mat\\_4/e4\\_290/](https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/gym/bp2004/fb3/modul1/2_mat_4/e4_290/)).



*Abbildung: Wasserelektrolyse mit Grafitelektroden. Anschließend kann man mit dem gebildeten Wasserstoff und Sauerstoff das Prinzip einer Brennstoffzelle zeigen (siehe S. Matussek, „Lab in a drop“, <https://lab-in-a-drop.de/>)*

Nach jeder Einheit sollte zur Vertiefung der Lerninhalte eine Übungsphase eingeplant werden. Für eine schnelle Übung können die REWUEs eingesetzt werden.

Die Selbstlernkompetenz wird durch die Verwendung von Selbsteinschätzungsbögen am Ende jeder Einheit oder vor der Klassenarbeit trainiert. Dadurch erkennen die Schülerinnen und Schüler ihren eigenen Lernstand und stärken die Eigenverantwortung für das Lernen. Die fachlichen Inhalte, die für die Klassenarbeit benötigt werden, müssen auch im Selbstdiagnosebogen aufgelistet sein.


### 3.3.5 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

#### Übersicht:

|  | <b>Seitenzahl</b> |
|--|-------------------|
| 1. „Das weiß ich schon!“ – Energiediagramme und Redoxreaktionen      | 55                |
| 2. Experiment: Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser | 57                |
| 3. Experiment: Lösen von Salzen                                      | 59                |
| 4. Entropie und Wahrscheinlichkeit                                   | 60                |
| 5. Concept Cartoon: Wann läuft eine Reaktion freiwillig ab?          | 61                |
| 6. Selbstdiagnosebogen: Energieumsatz                                | 62                |
| 7. REWUE: Energie-Konzept – Energieumsatz (mit Lösungen)             | 63                |
| 8. Selbstdiagnosebogen: Elektrochemie                                | 65                |
| 9. Experiment: Redoxreihe der Metalle                                | 66                |
| 10. Experiment: Strom ohne Steckdose?                                | 67                |
| 11. Lernzirkel: Batterien und Akkumulatoren – mögliche Quellen       | 68                |
| 12. Vergleich einer galvanischen Zelle und einer Elektrolysezelle    | 69                |
| 13. Concept Cartoon: Elektrochemie                                   | 70                |
| 14. REWUE: Energie-Konzept – Elektrochemie (mit Lösungen)            | 72                |

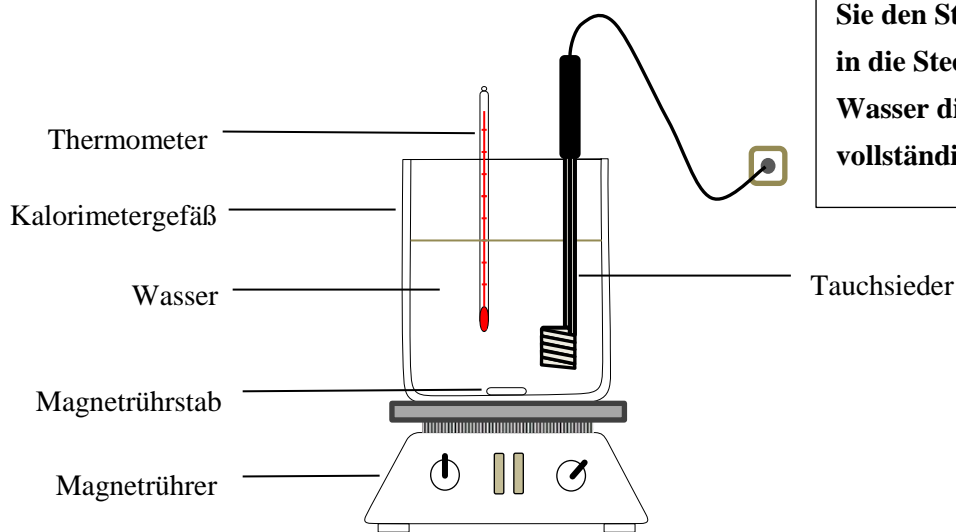


**„Das weiß ich schon!“ – Energiediagramme und Redoxreaktionen**

| <b>Ich kann schon:</b>  | <b>Hier können Sie bei Bedarf üben:</b>   |
|--|---|
| die Begriffe endotherme und exotherme Reaktion erklären.   | <a href="http://www.chemiebruecke.de">www.chemiebruecke.de</a> → Themenbereich: Chemische Reaktion und ihre Energie → Level 2 → Infotexte → „Energie bei chemischen Reaktionen – Gewinn oder Verlust“ |
| Energie-Reaktionsverlauf-Diagramme für endo- und exotherme Reaktionen interpretieren oder zeichnen.      | <a href="http://www.chemiebruecke.de">www.chemiebruecke.de</a> → Themenbereich: Chemische Reaktion und ihre Energie → Level 2 → Infotexte → „Energie bei chemischen Reaktionen – Gewinn oder Verlust“ |
| Oxidationszahlen ermitteln.  | <a href="http://de.wikihow.com/Oxidationszahlen-bestimmen">de.wikihow.com/Oxidationszahlen-bestimmen</a><br>s. Chemie-Unterlagen J1 (BPE 5)   |
| Reaktionsgleichungen für Redoxreaktionen formulieren.  | s. Chemie-Unterlagen J1 (BPE 5)   |
| bei Redoxreaktionen die Anzahl der fließenden Elektronen angeben.  | s. Chemie-Unterlagen J1 (BPE 5)   |
| bei Redoxreaktionen Reduktions- und Oxidationsmittel angeben.  | s. Chemie-Unterlagen J1 (BPE 5)   |
| einfache Formeln „umformen“.   | s. Mathematik-Unterricht  |

**Experiment: Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität von Wasser**
**Chemikalien und Geräte:**

|                  |                |                          |
|------------------|----------------|--------------------------|
| Kalorimetergefäß | Tauchsieder    | demineralisiertes Wasser |
| Thermometer      | Waage          |                          |
| Magnetrührstab   | Stoppuhr       |                          |
| Magnetrührer     | Stativmaterial |                          |

**Skizze:**

**ACHTUNG:**

**Ein Tauchsieder hat keinen Ein-/Ausschalter. Stecken Sie den Stecker erst dann in die Steckdose, wenn das Wasser die Heizwendel vollständig bedeckt.**

**Durchführung:**

Wiegen Sie das trockene Kalorimetergefäß. Geben Sie anschließend so viel destilliertes Wasser (Raumtemperatur) in das Kalorimetergefäß, dass der Wasserspiegel zwischen Mindesthöhe und Maximalhöhe der Tauchsiedermarkierung steht. Achten Sie darauf, dass der Tauchsieder dabei den Boden des Kalorimeters nicht berührt. Bestimmen Sie die Masse  $m_w$  des destillierten Wassers durch erneutes Wiegen und messen Sie die Temperatur  $\vartheta_1$ . Tauchen Sie den Tauchsieder in das Wasser ein und starten Sie gleichzeitig mit dem Aufheizen die Zeitmessung.

Heizen Sie das Wasser unter ständigem Rühren auf. Messen Sie dabei alle 30 Sekunden die Temperatur bis ca. 50 °C. Bestimmen Sie dann Ihre Endtemperatur  $\vartheta_2$ .

**Theoretische Grundlagen:**

Durch die Heizwendel des Tauchsieders der Leistung  $P$  fließt Strom während der Zeit  $\Delta t$ . Dabei wird die Wärme  $\Delta Q$  an das Wasser abgegeben. Die Wärmezufuhr beträgt:

$$\Delta Q = P \cdot \Delta t$$

Die Zufuhr der Wärme  $\Delta Q$  führt zur Erhöhung der Temperatur des Wassers um  $\Delta\vartheta$  vom Anfangswert  $\vartheta_1$  auf die Endtemperatur  $\vartheta_2$ :

$$\Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1$$

Da die Temperaturdifferenzen auf der Celsius- und auf der Kelvinskala gleich groß sind, kann man den Zahlenwert der Temperaturdifferenz in Grad Celsius als Temperaturdifferenz in Kelvin schreiben:

$$\Delta T = \Delta\vartheta \cdot \frac{K}{^\circ C}$$

Die zugeführte Wärme  $\Delta Q$  hängt mit der Temperaturdifferenz  $\Delta T$  folgendermaßen zusammen:

$$\Delta Q = c_W \cdot m_W \cdot \Delta T$$

Dabei ist  $c_W$  die spezifische Wärmekapazität von Wasser. Sie gibt an, wie viel Wärme einem Kilogramm Wasser zugeführt werden muss, um seine Temperatur um 1 Kelvin zu erhöhen.

**Aufgaben:**

1. Berechnen Sie die spezifische Wärmekapazität von Wasser aus Ihren Messdaten.
2. Vergleichen Sie den von Ihnen ermittelten Wert mit dem Literaturwert der spezifischen Wärmekapazität von Wasser. Diskutieren Sie mögliche Ursachen für die Abweichung.

**Experiment: Lösen von Salzen – Hinweise für die Lehrkraft**

Mit dem Experiment kann zum Begriff Entropie hingeführt werden. Nachdem Reaktionsenthalpien eingeführt wurden, antworten Schülerinnen und Schüler auf die Frage „Wann läuft eine Reaktion freiwillig ab?“ häufig mit „Wenn sie exotherm ist.“

Das Experiment zeigt jedoch, dass es auch Reaktionen bzw. Vorgänge gibt, die ablaufen, obwohl sie endotherm sind. Nur die Enthalpie einer Reaktion zu betrachten, reicht also nicht aus, um eine Aussage darüber treffen zu können, ob sie freiwillig abläuft, sondern es muss noch weitere Einflussgrößen geben.

Die Salze in diesem Schülerexperiment lösen sich nicht nur unter Abkühlung, sondern teilweise unter Erwärmung. Hier kann auf das Verhältnis von Gitter- und Hydratationsenthalpie eingegangen werden.

Technisch werden exotherme Lösungsvorgänge beispielsweise genutzt, um Behälter für sogenannte selbsterhitzende Mahlzeiten und Getränke herzustellen. Endotherme Lösungsvorgänge hingegen werden in Kältesofortkompressen verwendet, die endotherme Verdampfung von Wasser in Kombination mit der exothermen Adsorption von Wasser in Zeolithen für selbstkühlende Bierfässer.

**Experiment: Lösen von Salzen, zu erwartende Messergebnisse**

| Salz                      | Formel                                 | m in g | $\vartheta_{\text{End}}$ in °C | $\Delta\vartheta$ in °C |
|---------------------------|--|--------|--------------------------------|-------------------------|
| Ammoniumchlorid           | NH <sub>4</sub> Cl                     | 2,7    |                                | Abnahme                 |
| Natriumchlorid            | NaCl                                   | 2,9    |                                | Abnahme                 |
| Ammoniumnitrat            | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>        | 4,0    |                                | Abnahme                 |
| Kaliumnitrat              | KNO <sub>3</sub>                       | 5,1    |                                | Abnahme                 |
| Calciumchlorid            | CaCl <sub>2</sub>                      | 5,5    |                                | Zunahme                 |
| Calciumchlorid-Hexahydrat | CaCl <sub>2</sub> · 6 H <sub>2</sub> O | 11,0   |                                | Abnahme                 |

**Experiment: Lösen von Salzen**
**Chemikalien und Geräte:**

|                |                           |
|----------------|---------------------------|
| 6 Bechergläser | Ammoniumchlorid           |
| Spatel         | Natriumchlorid            |
| Thermometer    | Ammoniumnitrat            |
| Messzylinder   | Kaliumnitrat              |
| Waage          | Calciumchlorid            |
|                | Calciumchlorid-Hexahydrat |
|                | demineralisiertes Wasser  |

**Durchführung:**

Geben Sie in die Bechergläser jeweils 50 mL destilliertes Wasser und messen Sie die Temperatur. Fügen Sie anschließend je 0,05 mol des jeweiligen Salzes hinzu, rühren um und messen während des Lösens und danach die Temperatur.

**Messergebnisse:**
 $\vartheta_{\text{Anfang}} =$ 

| Salz                      | Formel | m in g | $\vartheta_{\text{End}}$ in °C | $\Delta\vartheta$ in °C |
|---------------------------|--------|--------|--------------------------------|-------------------------|
| Ammoniumchlorid           |        |        |                                |                         |
| Natriumchlorid            |        |        |                                |                         |
| Ammoniumnitrat            |        |        |                                |                         |
| Kaliumnitrat              |        |        |                                |                         |
| Calciumchlorid            |        |        |                                |                         |
| Calciumchlorid-Hexahydrat |        |        |                                |                         |

**Aufgaben:**

1. Erklären Sie Ihre Messergebnisse.
2. Sie möchten bei einem Outdoor-Trip Ihre mitgenommenen Getränke kühlen bzw. erhitzen. Stellen Sie dar, wie Sie ein entsprechendes Behältnis konstruieren würden.

### Entropie und Wahrscheinlichkeit – Hinweise für die Lehrkraft

Die schwer fassbare Größe Entropie wird oft als Maß für die Unordnung in einem System betrachtet, oder vielleicht besser formuliert, als ein Maß für die Unumkehrbarkeit eines Vorgangs.

Es gibt aber auch einen durchaus anschaulichen Zugang, der sich aus der Wahrscheinlichkeit eines Zustandes ableitet. Je höher die Anzahl der Realisierungsmöglichkeiten eines ganz bestimmten Zustands ist, desto wahrscheinlicher ist er – und desto größer ist seine Entropie. Ein System, das bei gleichem Energiegehalt in verschiedenen Zuständen vorliegen kann, wird am ehesten in einem Zustand mit den meisten Realisierungsmöglichkeiten vorliegen.

Dies soll hier in einem Experiment mit einem „System“ veranschaulicht werden, das aus zwei Würfeln besteht. Diese können zusammen die Augenzahlen („Zustände“) 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 und 12 haben, jeder einzelne Würfel jeweils mit der Augenzahl von 1 bis 6. Solange die Würfel nicht „gezinkt“ sind, kann jeder Würfel mit der gleichen Wahrscheinlichkeit die 1 bis 6 anzeigen. Die Augenzahlen fallen ganz zufällig, nur die Wahrscheinlichkeiten für die einzelnen Zustände 2 bis 12 bestimmen, welche Gesamtaugenzahl die beiden Würfel am ehesten anzeigen werden.

Welche Gesamtaugenzahl kann man nun für die beiden Würfel erwarten? Der Zustand „Augenzahl 7“ ist wahrscheinlicher als der Zustand „Augenzahl 2“. Für den Zustand „Augenzahl 2“ gibt es nur eine Realisierungsmöglichkeit: Beide Würfel zeigen eine 1. Der Zustand „Augenzahl 7“ kann jedoch in sechserlei Weise realisiert werden: Würfel eins zeigt eine 1 und Würfel zwei eine 6, Würfel eins eine 2 und Würfel zwei eine 5 usw. Es gibt also die Kombinationen 1/6, 2/5, 3/4, 4/3, 5/2 und 6/1.

Bei einer geringen Anzahl von Würfeln ist dies häufig noch nicht klar erkennbar. Um das Würfelexperiment mit vielen Würfeln dennoch relativ schnell durchzuführen, kann die Lerngruppe in kleine Gruppen eingeteilt werden. Jedes Gruppenmitglied würfelt zunächst für sich, dann werden die Ergebnisse der Kleingruppe und schließlich der ganzen Lerngruppe zusammengezählt.

**Entropie und Wahrscheinlichkeit****Material:**

2 Würfel

**Durchführung:**

Würfeln Sie 25-mal mit beiden Würfeln, machen Sie für jede gewürfelte Augenzahl einen Strich. Fassen Sie danach zuerst die Ergebnisse Ihrer Gruppe zusammen, dann die der ganzen Klasse.

**Ergebnisse:**

| Augenzahl           | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| Striche             |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Häufigkeit (eigene) |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Häufigkeit (Gruppe) |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| Häufigkeit (Klasse) |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

**Auswertung:**

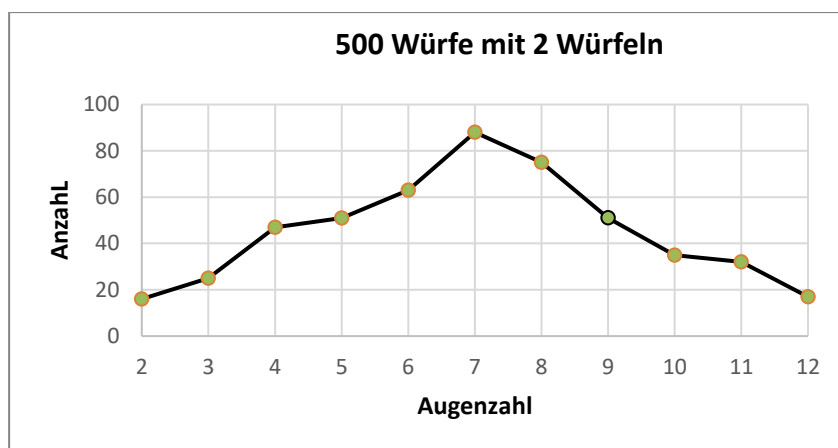
1. Tragen Sie in einem Diagramm die von der Klasse ermittelte Häufigkeit gegen die Augenzahl auf.
2. Interpretieren Sie Ihre Ergebnisse.

**Entropie und Wahrscheinlichkeit – Lösungsvorschlag**
**Ergebnisse:**

|                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Augenzahl           | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Striche             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Häufigkeit (eigene) | 0  | 1  | 2  | 1  | 6  | 6  | 4  | 2  | 1  | 1  | 1  |
| Häufigkeit (Gruppe) | 0  | 5  | 8  | 12 | 19 | 20 | 15 | 7  | 6  | 4  | 4  |
| Häufigkeit (Klasse) | 16 | 25 | 47 | 51 | 63 | 88 | 75 | 51 | 35 | 32 | 17 |

**Auswertung:**


1. Tragen Sie in einem Diagramm die von der Klasse ermittelte Häufigkeit gegen die Augenzahl auf.



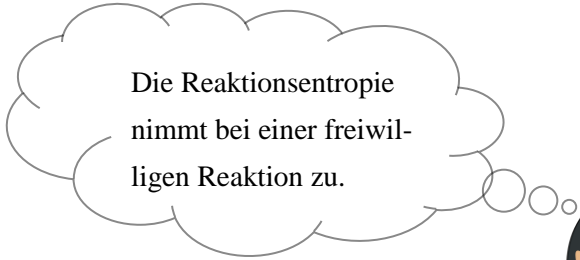
2. Interpretieren Sie Ihre Ergebnisse.

Der Zustand „Augenzahl 7“ kann durch sechs verschiedene Kombinationen der Augenzahlen der einzelnen Würfel realisiert werden. Für die anderen Zustände gibt es weniger Realisierungsmöglichkeiten. „Augenzahl 7“ ist der wahrscheinlichste Zustand.

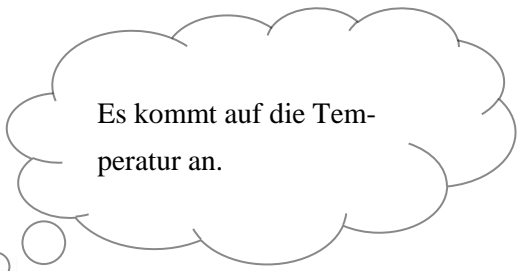


**Concept Cartoon: Wann läuft eine Reaktion freiwillig ab?**

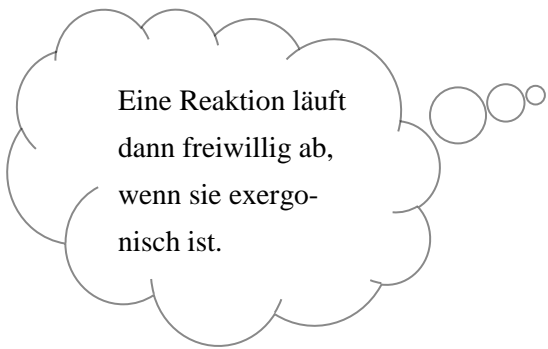
Exotherme Reaktionen sind freiwillig!



Die Reaktionsentropie nimmt bei einer freiwilligen Reaktion zu.



Es kommt auf die Temperatur an.







Eine Reaktion läuft dann freiwillig ab, wenn sie exergonisch ist.



Was denken Sie?



**Selbstdiagnosebogen: Energieumsatz**

| <b>Ich kann ...</b>   | <br>trifft<br>völlig zu | <br>trifft eher<br>zu | <br>trifft we-<br>niger zu | <br>trifft gar<br>nicht zu |
|---|--|---|---|---|
| den Begriff Enthalpie erklären.   |  |   |   |   |
| die Standardreaktionsenthalpie aus den Bildungsstandardenthalpien berechnen.                        |  |   |   |   |
| die Reaktionsenthalpie aus kalorimetrischen Messungen berechnen.                                    |  |   |   |   |
| den Begriff Entropie erklären.  |  |   |   |   |
| angeben, ob bei einer Reaktion die Entropie zu- oder abnimmt (s. Aggregatzustand und Teilchenzahl). |  |   |   |   |
| den Begriff freie Enthalpie erklären.   |  |   |   |   |
| die Begriffe exergonisch und endergonisch erklären.   |  |   |   |   |
| mithilfe der Gibbs-Helmholtz-Gleichung beurteilen, ob eine Reaktion freiwillig abläuft.             |  |   |   |   |
| berechnen, ab welcher Temperatur eine Reaktion freiwillig abläuft.                                  |  |   |   |   |

**Hier kann ich nachschlagen:**

**REWUE: Energie-Konzept – Energieumsatz (= REgelmäßig Wiederholen und UEben)**

Name: \_\_\_\_\_

Anzahl: 22

Richtig sind: \_\_\_\_\_

**Aufgabe 1 (6 Punkte)**

Welches Formelzeichen und welche Einheit gehören zu welcher physikalischen Größe?

|              |              |
|--------------|--------------|
| $\Delta_r S$ | $\Delta_r G$ |
| kJ/mol       | kJ/mol       |
| $\Delta_r H$ | J/(mol·K)    |

| Größe | Formelzeichen | Einheit |
|-------|---------------|---------|
|       |               |         |
|       |               |         |
|       |               |         |

**Aufgabe 2 (6 Punkte)**

Verbinden Sie die zusammengehörigen Einträge der rechten und linken Spalte der folgenden Tabelle.

|   |                  |
|---|------------------|
| $\Delta_r H$ bei endothermen Reaktionen | $\Delta_r H < 0$ |
| $\Delta_r H$ bei exothermen Reaktionen  | $\Delta_r G < 0$ |
| Die Entropie nimmt zu.                  | $\Delta_r G > 0$ |
| Die Entropie nimmt ab.                  | $\Delta_r S < 0$ |
| Endergonische Reaktion                  | $\Delta_r H > 0$ |
| exergonische Reaktion                   | $\Delta_r S > 0$ |

**Aufgabe 3 (3 Punkte)**

Geben Sie an, ob die Entropie bei folgenden Reaktionen zu- oder abnimmt.

|  | Nimmt zu                 | Nimmt ab                 |
|--|--------------------------|--------------------------|
| $\text{CO}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| $2 \text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{CO}(\text{g}) + 4 \text{H}_2(\text{g})$                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| $2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO}_2(\text{g})$   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**Aufgabe 4 (6 Punkte)**

 Berechnen Sie mithilfe von Tabellenwerten  $\Delta_r H$  und  $\Delta_r S$  für folgende Reaktion und daraus  $\Delta_r G$ . Geben Sie an, ob die Reaktion bei 25 °C freiwillig abläuft.

 Reaktion:  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$ 
 $\Delta_r H =$  \_\_\_\_\_

 $\Delta_r G =$  \_\_\_\_\_

 $\Delta_r S =$  \_\_\_\_\_

 endergonisch     exergonisch

**Aufgabe 5 (1 Punkte)**

 Geben Sie an, ab welcher Temperatur eine Reaktion mit  $\Delta_r H = 200 \text{ kJ/mol}$  und  $\Delta_r S = 0,9 \text{ kJ/(mol·K)}$  freiwillig abläuft.

T = \_\_\_\_\_

**REWUE: Energie-Konzept – Energieumsatz – Lösungen**

Name:

Anzahl: 22

Richtig sind:

**Aufgabe 1 (6 Punkte)**

Welches Formelzeichen und welche Einheit gehören zu welcher physikalischen Größe?

| Größe                    | Formelzeichen | Einheit    |
|--------------------------|---------------|------------|
| Reaktionsenthalpie       | $\Delta_r H$  | kJ/mol     |
| Reaktionsentropie        | $\Delta_r S$  | kJ/(mol·K) |
| Freie Reaktionsenthalpie | $\Delta_r G$  | kJ/mol     |

**Aufgabe 2 (6 Punkte)**

Verbinden Sie die zusammengehörigen Einträge der rechten und linken Spalte der folgenden Tabelle.

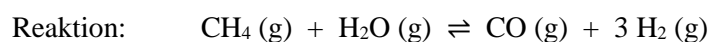
|   |                  |
|---|------------------|
| $\Delta_r H$ bei endothermen Reaktionen | $\Delta_r H < 0$ |
| $\Delta_r H$ bei exothermen Reaktionen  | $\Delta_r G < 0$ |
| Die Entropie nimmt zu.                  | $\Delta_r G > 0$ |
| Die Entropie nimmt ab.                  | $\Delta_r S < 0$ |
| endergonische Reaktion                  | $\Delta_r H > 0$ |
| exergonische Reaktion                   | $\Delta_r S > 0$ |

**Aufgabe 3 (3 Punkte)**

Geben Sie an, ob die Entropie bei folgenden Reaktionen zu- oder abnimmt.

|  | nimmt zu                            | nimmt ab                            |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| $\text{CO}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} (\text{l}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$ | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| $2 \text{CH}_4 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{CO} (\text{g}) + 4 \text{H}_2 (\text{g})$                | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| $2 \text{NO} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO}_2 (\text{g})$  | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |

**Aufgabe 4 (6 Punkte)**

 Berechnen Sie für folgende Reaktion  $\Delta_r G$ . Geben Sie an, ob die Reaktion bei 25 °C freiwillig abläuft.


$$\Delta_r H = +206 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_r G = 141,6 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_r S = +216 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$$




 X endergonisch     exergonisch

**Aufgabe 5 (1 Punkt)**

 Geben Sie an, ab welcher Temperatur eine Reaktion mit  $\Delta_r H = 200 \text{ kJ/mol}$  und  $\Delta_r S = 0,9 \text{ kJ/(mol}\cdot\text{K)}$  freiwillig abläuft.

$$T = 222,2 \text{ K}$$

**Selbstdiagnosebogen: Elektrochemie**

| Ich kann ...  | <br>trifft<br>völlig zu | <br>trifft eher<br>zu | <br>trifft we-<br>niger zu | <br>trifft gar<br>nicht zu |
|---|--|---|---|---|
| den Aufbau eines galvanischen Elements beschreiben und skizzieren.                                |  |   |   |   |
| die in einem galvanischen Element ablaufenden Redoxreaktionen formulieren.                        |  |   |   |   |
| bei einem galvanischen Element die Begriffe Minuspol, Pluspol, Anode, Kathode den Polen zuordnen. |  |   |   |   |
| die Spannungen von galvanischen Elementen bei Standardbedingungen berechnen.                      |  |   |   |   |
| die Standardbedingungen angeben.  |  |   |   |   |
| den Aufbau der Standard-Wasserstoff-Halbzelle erläutern.  |  |   |   |   |
| ein Experiment zur Bestimmung des Standardpotenzials beschreiben.                                 |  |   |   |   |
| die Tabelle der Standardpotenziale zur Vorhersage von elektrochemischen Reaktionen anwenden.      |  |   |   |   |
| den Aufbau einer Elektrolysezelle beschreiben und skizzieren.                                     |  |   |   |   |
| die bei einer Elektrolyse ablaufenden Redoxreaktionen formulieren.                                |  |   |   |   |
| bei einer Elektrolyse die Begriffe Minuspol, Pluspol, Anode, Kathode den Polen zuordnen.          |  |   |   |   |
| die Reaktion angeben, die bei einer Brennstoffzelle abläuft.                                      |  |   |   |   |

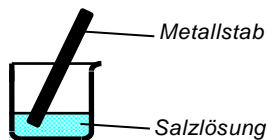
**Hier kann ich nachschlagen:**

**Experiment: Redoxreihe der Metalle**
**Chemikalien und Geräte:**

|                          |               |              |
|--------------------------|---------------|--------------|
| vier kleine Bechergläser | Eisennagel    | Eisensulfat  |
| Spatel                   | Magnesiumband | Kupfersulfat |
| Schmirgelpapier          | Kupferblech   | Silbernitrat |
| destilliertes Wasser     | Zinkstab      | Zinksulfat   |

**Durchführung:**

In je einem kleinen Becherglas stellt man eine Kupfersulfat-, Eisensulfat-, Silbernitrat- und Zinksulfat-Lösung her. In jedes Becherglas taucht man nacheinander zunächst einen blankgescheuerten Eisennagel und beobachtet jeweils eine Minute lang. Das Experiment wird in der gleichen Weise mit einem Stück Magnesiumband, einem Kupferblechstreifen und einem Zinkstab wiederholt.



**Die Schwermetallsalzlösungen in die Flasche für Schwermetalle entsorgen!**

**Beobachtungen:**

Wenn eine Reaktion stattfindet: „+“ in die Tabelle eintragen

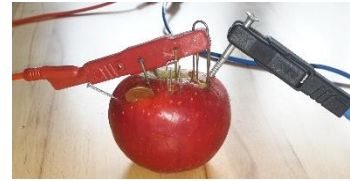
Wenn keine Reaktion stattfindet: „-“ in die Tabelle eintragen

| Metall in: | CuSO <sub>4</sub> -Lösung | FeSO <sub>4</sub> -Lösung | AgNO <sub>3</sub> -Lösung | ZnSO <sub>4</sub> -Lösung |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Fe</b>  |                           |                           |                           |                           |
| <b>Cu</b>  |                           |                           |                           |                           |
| <b>Mg</b>  |                           |                           |                           |                           |
| <b>Zn</b>  |                           |                           |                           |                           |

**Auswertung:**

In manchen Gefäßen findet eine Reaktion statt, in anderen nicht. Wenn eine Reaktion stattfindet, heißt es, dass das Metall oxidiert wurde und die Ionen in der Lösung reduziert wurden.

- Geben Sie an, welche Metalle leicht oxidiert werden, welche leicht reduziert werden.
- Ordnen Sie die Metalle nach ihrer Fähigkeit, die Ionen anderer Metalle zu reduzieren.

**Experiment: Strom ohne Steckdose?**
**Aufgabe:** Bau einer Batterie mit Obst und Gemüse

**Geräte und Materialien:** Obst und Gemüse (z. B. Zitrone, Gurke, Kartoffel, Apfel), verschiedene Metalle: Nägel, Schrauben, Münzen, Kupferstab, Zinkstab, Eisenstab usw., Voltmeter (Messbereich 1 V-), eventuell Kopfhörer (z. B. vom Handy)

**Durchführung:**

Die Metallstücke werden in z. B. den Apfel dicht nebeneinander gesteckt. Immer jeweils zwei Metallstücke werden mit dem Messgerät verbunden. Die Spannung zwischen den zwei Metallen wird gemessen und unten in der Tabelle notiert. Kombinieren Sie unterschiedliche und gleiche Metallsorten.

Sie können auch Kopfhörer nehmen und zwei Metalle mit den beiden Polen des Kopfhörersteckers berühren.



**Nach dem Experiment sind das Obst und das Gemüse nicht mehr zum Verzehr geeignet!**

**Ergebnisse:**

| Metallkombination | gemessene Spannung in Volt |
|-------------------|----------------------------|
|                   |                            |
|                   |                            |
|                   |                            |
|                   |                            |
|                   |                            |

**Ergebnisse mit den Kopfhörern:**

Bei unterschiedlichen Metallen:

Bei gleichen Metallsorten:

**Schlussfolgerung:**

### Lernzirkel: Batterien und Akkumulatoren – mögliche Quellen

Stationen für einen Lernzirkel über Batterien finden Sie in den üblichen Schulbüchern oder z. B. bei:

- [http://chemieunterricht-interaktiv.de/lerneinheiten/bleiakku/start\\_temperatur.html](http://chemieunterricht-interaktiv.de/lerneinheiten/bleiakku/start_temperatur.html)  
(Lerneinheit „Der Blei-Akkumulator“ von Hannes Meyer)
- [http://chemieunterricht-interaktiv.de/seiten/animationen/weitere\\_animationen.html](http://chemieunterricht-interaktiv.de/seiten/animationen/weitere_animationen.html):
  - Der Blei-Akkumulator
  - Das Daniell-Element
  - Eine antike Batterie
  - Voltaelement-Versuch und Infotext
- Kuballe: „Strom durch Chemie – Chemie im Kontext Sek. I“, 2014, Cornelsen Schulverlag GmbH, Berlin
- „Chemie heute SI – Kontextorientierte Lehrmaterialien Teil 2“, 2010, Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH, Braunschweig
- Video: „Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik – Alessandro Volta und die Batterie“
- Video: „Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik – William Robert Grove und die Brennstoffzelle“
- Animation zur Brennstoffzelle: <https://www.br.de/telekolleg/faecher/informatik/tk-technologie-4-energie102.html>



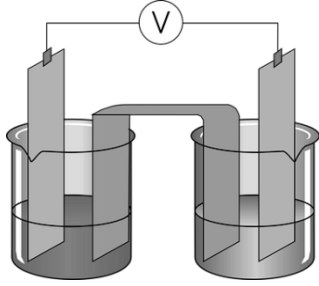
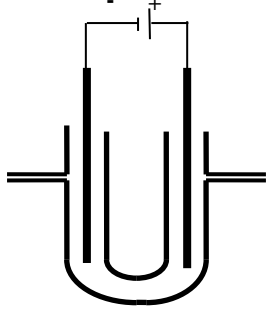
**Vergleich einer galvanischen Zelle und einer Elektrolysezelle**

Ergänzen Sie folgende Tabelle:

|  | galvanische Zelle | Elektrolysezelle |
|--|-------------------|------------------|
| <b>Skizze</b>  |                   |                  |
| <b>Ort der Oxidation</b>   |                   |                  |
| <b>Ort der Reduktion</b>   |                   |                  |
| <b>Die Anode ist der .....-Pol.</b>  |                   |                  |
| <b>Die Kathode ist der .....-Pol.</b>  |                   |                  |
| <b>Die Elektronen wandern von der ..... zur .....</b>  |                   |                  |
| <b>..... Energie wird in<br/>..... Energie umgewandelt.</b>  |                   |                  |
| <b>Das Stoffpaar mit dem<br/>..... Standardpotenzi-<br/>al gibt Elektronen ab, das<br/>Stoffpaar mit dem<br/>..... Standardpotenzi-<br/>al nimmt Elektronen auf.</b> |                   |                  |

**Vergleich einer galvanischen Zelle und einer Elektrolysezelle – Lösung**

Ergänzen Sie folgende Tabelle:

|  | <b>galvanische Zelle</b>   | <b>Elektrolysezelle</b>  |
|--|--|--|
| <b>Skizze</b>  |   |   |
| <b>Ort der Oxidation</b>   | <i>Anode</i>   | <i>Anode</i>   |
| <b>Ort der Reduktion</b>   | <i>Kathode</i>   | <i>Kathode</i>   |
| <b>Die Anode ist der .....-Pol.</b>  | <i>Minuspole</i>   | <i>Pluspol</i>   |
| <b>Die Kathode ist der .....-Pol.</b>  | <i>Pluspol</i>   | <i>Minuspole</i>   |
| <b>Die Elektronen wandern von der ..... zur .....</b>  | <i>Von der Anode zur Kathode</i>   | <i>Von der Anode zur Kathode</i>   |
| <b>..... Energie wird in ..... Energie umgewandelt.</b>  | <i>Chemische Energie wird in elektrische Energie umgewandelt.</i>  | <i>Elektrische Energie wird in chemische Energie umgewandelt.</i>  |
| <b>Das Stoffpaar mit dem ..... Standardpotenzial gibt Elektronen ab, das Stoffpaar mit dem ..... Standardpotenzial nimmt Elektronen auf.</b> | <i>Das Stoffpaar mit dem niedrigeren Standardpotenzial gibt Elektronen ab, das Stoffpaar mit dem höheren Standardpotenzial nimmt Elektronen auf.</i> | <i>Das Stoffpaar mit dem höheren Standardpotenzial gibt Elektronen ab, das Stoffpaar mit dem niedrigeren Standardpotenzial nimmt Elektronen auf.</i> |

## Concept Cartoon: Elektrochemie



**Wer hat Recht? Begründen Sie Ihren Standpunkt!**

**REWUE: Energie-Konzept – Elektrochemie (= REGelmäßig Wiederholen und UEBen)**

Name:

Anzahl: 17

Richtig sind:

**Aufgabe 1 (3 Punkte)**

Geben Sie an, bei welchen der folgenden Ansätze eine Reaktion stattfindet.

| Ansatz                        | Eine Reaktion findet statt | Keine Reaktion           |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Eisen(II)-Ionen + Kupferblech | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> |
| Silberionen + Magnesiumband   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> |
| Silber + Zinkionen            | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/> |

**Aufgabe 2 (5 Punkte)**

 Sie haben folgende galvanische Zelle:  $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}//\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ . Geben Sie an, ob folgende Aussagen richtig oder falsch sind.

|   |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Die Zellspannung unter Standardbedingungen beträgt 0,42 V.        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Kupfer wird oxidiert.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Zink wird oxidiert.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Die Elektronen fließen von der Zinkelektrode zur Kupferelektrode. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Zinkionen werden reduziert.                                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**Aufgabe 3 (7 Punkte)**

Geben Sie an, ob bei der Elektrolyse von Zinkiodid folgende Aussagen richtig oder falsch sind:

|   |                          |                          |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Zink-Ionen werden oxidiert.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Iodid-Ionen werden oxidiert.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Die Elektronen fließen von der Anode zur Kathode.                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Der Pluspol ist die Anode.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Der Minuspol ist die Kathode.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Die bei der Elektrolyse ablaufende Reaktion läuft freiwillig ab.      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Die Elektrolyse wird durch die Zufuhr elektrischer Energie erzwungen. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**Aufgabe 4 (1 Punkt)**

Folgende Reaktion läuft in einer Brennstoffzelle ab: \_\_\_\_\_

**Aufgabe 5 (1 Punkt)**

Standardbedingungen heißt:

1. Temperatur = \_\_\_\_\_

2. Druck = \_\_\_\_\_

**REWUE: Energie-Konzept – Elektrochemie – Lösungen**

Name:

Anzahl: 17

Richtig sind:

**Aufgabe 1 (3 Punkte)**

Bei welchen der folgenden Ansätze findet eine Reaktion statt?

| Ansatz                        | Eine Reaktion findet statt | Keine Reaktion           |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Eisen(II)-Ionen + Kupferblech | <input type="checkbox"/>   | x                        |
| Silberionen + Magnesiumband   | x                          | <input type="checkbox"/> |
| Silber + Zinkionen            | <input type="checkbox"/>   | x                        |

**Aufgabe 2 (5 Punkte)**

 Sie haben folgende galvanische Zelle:  $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+} // \text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ . Geben Sie an, ob folgende Aussagen richtig oder falsch sind.

|   |                                     |   |                          |   |
|---|-------------------------------------|---|--------------------------|---|
| Die Zellspannung unter Standardbedingungen beträgt 0,42 V.        | <input type="checkbox"/>            | r | <input type="checkbox"/> | x |
| Kupfer wird oxidiert.   | <input type="checkbox"/>            | r | <input type="checkbox"/> | x |
| Zink wird oxidiert.   | <input checked="" type="checkbox"/> | x | <input type="checkbox"/> | f |
| Die Elektronen fließen von der Zinkelektrode zur Kupferelektrode. | <input checked="" type="checkbox"/> | x | <input type="checkbox"/> | f |
| Zinkionen werden reduziert.                                       | <input type="checkbox"/>            | r | <input type="checkbox"/> | x |

**Aufgabe 3 (7 Punkte)**

Geben Sie an, ob bei der Elektrolyse von Zinkiodid folgende Aussagen richtig oder falsch sind:

|   |                                     |   |                          |   |
|---|-------------------------------------|---|--------------------------|---|
| Zink-Ionen werden oxidiert.   | <input type="checkbox"/>            | r | <input type="checkbox"/> | x |
| Iodid-Ionen werden oxidiert.  | <input checked="" type="checkbox"/> | x | <input type="checkbox"/> | f |
| Die Elektronen fließen von der Anode zur Kathode.                     | <input checked="" type="checkbox"/> | x | <input type="checkbox"/> | f |
| Der Pluspol ist die Anode.  | <input checked="" type="checkbox"/> | x | <input type="checkbox"/> | f |
| Der Minuspol ist die Kathode.   | <input checked="" type="checkbox"/> | x | <input type="checkbox"/> | f |
| Die bei der Elektrolyse ablaufende Reaktion läuft freiwillig ab.      | <input type="checkbox"/>            | r | <input type="checkbox"/> | x |
| Die Elektrolyse wird durch die Zufuhr elektrischer Energie erzwungen. | <input checked="" type="checkbox"/> | x | <input type="checkbox"/> | f |

**Aufgabe 4 (1 Punkt)**

 Folgende Reaktion läuft in einer Brennstoffzelle ab:  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ 
**Aufgabe 5 (1 Punkt)**

Standardbedingungen heißt:

1. Temperatur = 25 °C
2. Druck = 1013 hPa

### 3.3.6 WEITERFÜHRENDE HINWEISE/LINKS

Interessante Links für die Vertiefung bzw. Übung der Inhalte der BPE 9 finden sich z. B. auf folgenden Internetseiten:

| Thema  | Internetseite   | QR-Code   |
|--|---|---|
| Animation der Oxidation von Eisen durch Kupferionen  | <a href="http://chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_eisen_kupfersulfat.swf">http://chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_eisen_kupfersulfat.swf</a>   |    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Virtuelle Versuche zur Ermittlung einer Redoxreihe</li> <li>• Interaktive Aufgaben zu galvanischen Elementen</li> </ul> | <a href="http://www.chemie-interaktiv.net/flashfilme.htm">http://www.chemie-interaktiv.net/flashfilme.htm</a>   |    |
| galvanische Zellen und Batterien   | <a href="https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektrische-grundgroessen/ausblick/galvanische-zellen-und-batterien">https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektrische-grundgroessen/ausblick/galvanische-zellen-und-batterien</a> |    |
| Animation Daniell-Element  | <a href="http://chemieunterricht-interaktiv.de/animationen/elektrochemie/daniell_element/daniell.html">http://chemieunterricht-interaktiv.de/animationen/elektrochemie/daniell_element/daniell.html</a>   |   |
| Aufgaben Elektrochemie 1   | <a href="http://chemieunterricht-interaktiv.de/aufgaben/elektrochemie_1/start_elektrochemie1.html">http://chemieunterricht-interaktiv.de/aufgaben/elektrochemie_1/start_elektrochemie1.html</a>   |  |
| Aufgaben Elektrochemie 2   | <a href="http://chemieunterricht-interaktiv.de/aufgaben/elektrochemie_2/start_elektrochemie2.html">http://chemieunterricht-interaktiv.de/aufgaben/elektrochemie_2/start_elektrochemie2.html</a>   |  |
| Potenzial Rechner  | <a href="http://www.kappenberg.com/akminilabor/apps/potrechner.html">http://www.kappenberg.com/akminilabor/apps/potrechner.html</a>   |  |
| Versuche zur Korrosion und Korrosionsschutz  | <a href="http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-155.pdf">http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-155.pdf</a>   |  |
| Galvanisieren  | <a href="http://chemie-interaktiv.net/html5_flash/a180.html">http://chemie-interaktiv.net/html5_flash/a180.html</a>   |  |

## 4 Umsetzungsbeispiele für Vertiefung – individualisiertes Lernen – Projektunterricht (VIP)

### Übersicht:

| <b>Thema/Aufgabe/Methode</b>   | <b>Bezug zur BPE</b>  | <b>Seite</b> |
|--|---|--------------|
| Concept Cartoon: Welchen Treibstoff würden Sie empfehlen?                          | BPE 9: Bewertungskompetenz                                    | 78           |
| Das Mystery: eine geeignete Methode für den fächerübergreifenden Projektunterricht | BPE 1 (PSE) oder BPE 2.3 (Metallbindung): Bewertungskompetenz | 80           |

**Concept Cartoon: Welchen Treibstoff würden Sie empfehlen?**


**Was denken Sie? Recherchieren Sie Pro- und Contra-Argumente unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte und diskutieren Sie die Aussagen in den Sprechblasen in Ihrer Arbeitsgruppe.**

*Bilder von Miriam Armbruster, Mildred-Scheel-Schule, Böblingen*



Für die Bearbeitung des Concept Cartoons: „Welchen Treibstoff würden Sie empfehlen?“ kann man folgende Quelle verwenden:

Broschüre vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: „Wie umweltfreundlich sind Elektroautos?“ vom 1.10.2019:

[https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Verkehr/emob\\_umweltbilanz\\_2019\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/emob_umweltbilanz_2019_bf.pdf)



Die Broschüre zieht eine Bilanz in den Bereichen Klimafreundlichkeit, Lautstärke, Gesundheit, Ressourcen und Alternativen zum Elektrofahrzeug.



### Das Mystery – eine geeignete Methode für den fächerübergreifenden Projektunterricht


Ein Mystery ist eine spezifische Unterrichtsmethode, die eine Möglichkeit bietet, Alltagsfragestellungen mithilfe von strukturiertem Fachwissen zu diskutieren und zu beantworten. Sie zeigt, wie Verbindungen aus oft widersprüchlichen Kontexten hergestellt werden können, fördert dadurch das vernetzende und konzeptionelle Denken und trainiert kooperativ die Argumentationsfähigkeit innerhalb der Lerngruppe.

Insofern ist diese Methode besonders für Themenstellungen geeignet, die aus mehr als einer Perspektive betrachtet werden müssen, wie es z. B. im Kontext der „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ der Fall ist.

Der folgende Überblick zeigt einen kurzen Ablaufplan für eine ca. dreistündige Durchführung zum Thema Handy.

#### „Immer wieder das neueste Handy – was zahlen wir alle dafür?“

| Zeit | Inhalt/Vorgehen  | Materialien/Quelle  |
|------|--|---|
| 30'  | Einstimmung/Sensibilisierung:<br>Blut-Coltan: seltene Metalle aus Bürgerkriegsgebieten             | Film<br><a href="https://www.youtube.com/watch?v=Ndpu mjSKZxA">https://www.youtube.com/watch?v=Ndpu mjSKZxA</a><br>   |
| 20'  | Quiz: Was weißt du über dein Handy?<br>Hinweis auf verschiedene Stoffklassen<br>Hinweis auf Coltan | <a href="https://germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/publication/11036.pdf">https://germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/publication/11036.pdf</a><br><br>Quiz S. 16 |

|     |  |   |
|-----|--|---|
| 70' | Mystery:<br>Erklärung der Methode und<br>Durchführung in Gruppen (ca. 5 TN, 60') | Leitfrage, Arbeitsauftrag und Informationskarten<br><br><a href="https://www2.klett.de/sixcms/media.php/229/yj33qn_mystery_s2_handy.pdf">https://www2.klett.de/sixcms/media.php/229/yj33qn_mystery_s2_handy.pdf</a><br><br> |
| 15' | Präsentation/Beantwortung der Fragestellung und<br>Abschlussreflexion            | z. B. Gallery walk  |

Weiterführende Informationen und Links findet man auch unter:

<https://www.wia.epiz.de/seminare/bs-karlsruhe/modul-schule-und-unterricht.html>



## 5 Anhang

Hinweis auf illustrierende Lernaufgaben (IQB) [https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi\\_allg/chemie](https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/chemie)