

Experimentell-praktischen Kompetenzen von Studierenden des Lehramts Chemie nach Abschluss der universitären Ausbildung

Die Arbeitsgruppe Experimentalunterricht hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Bedeutung und Wertstellung von Experimenten im Chemieunterricht deutlich zu machen und zu stärken. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass in der Tendenz ein Rückgang eines experimentell ausgerichteten Chemieunterrichts zu verzeichnen ist und stattdessen der Einsatz von textlastigen Materialien in verschiedensten methodischen Varianten sowie Videoclips von Versuchsdurchführungen vermehrt Einzug in den Chemieunterricht gehalten hat.

Mit Hilfe eines online-Fragebogens ist erhoben worden, wie Fachleiter¹ und Fachberater den Ausbildungsstand der Referendare zu Beginn des Referendariats beurteilen und welche Anforderungen und Wünsche sie im Experimentalbereich an die Hochschulausbildung stellen. Der Fragebogen umfasste sowohl geschlossene als auch offene Fragestellungen zu den Bereichen „Status Quo der Experimentierkompetenz bei Referendaren“ sowie „Anforderungen an die Experimentierkompetenz einer Lehrkraft im Chemieunterricht“ andererseits.

Die Auswertung dieser Befragung zeigt deutlich, dass den Referendaren erhebliche Defizite sowohl bei der realen Durchführung von Experimenten im Unterricht als auch hinsichtlich der didaktischen Verortung von Experimenten innerhalb einer Unterrichtsstunde/Unterrichtseinheit attestiert werden.

Bei den offenen Fragestellungen der Umfrage ist aus der Vielzahl der Antworten eine Kategorisierung vorgenommen worden. Es lassen sich für den Bereich Wissen und Fähigkeiten/Fertigkeiten im Wesentlichen vier große Kategorien herausstellen, die offensichtlich als relevante Grundvoraussetzungen für einen erfolgreichen experimentbasierten Chemieunterricht gefordert werden:

- I. Grundkanon von Experimenten
- II. Didaktische Funktionen von Experimenten
- III. Methodik des Experimentierens
- IV. Sicherheit beim Experimentieren / Sicherheitsgerechtes Experimentieren

Die Arbeitsgruppe Experimentalunterricht hat daraufhin einen Katalog von experimentell-praktischen Kompetenzen zusammengestellt, über die Absolventinnen und Absolventen des Lehramts Chemie nach Abschluss ihrer universitären Ausbildung verfügen müssen. Diese Kompetenzen müssen von allen in der Chemielehrer-Ausbildung involvierten Kolleginnen und

¹ J. Friedrich, Gefahrstoffe und Experimentalkompetenz in der Schule. Nachrichten aus der Chemie| 64 | Februar 2016 | www.gdch.de/nachrichten
Zur einfacheren Lesbarkeit wird im gesamten Text die maskuline Form gewählt. Selbstverständlich sind dadurch alle Geschlechter eingeschlossen.

Kollegen der Universitäten und Hochschulen vermittelt werden. Das bedeutet, dass hierfür nicht nur die Fachdidaktik Chemie verantwortlich ist, sondern auch die Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer aus den Bereichen der Anorganischen, Organischen und Physikalischen Chemie. Eine solide, auf den unten aufgeführten Kompetenzen beruhende Ausbildung soll sicherstellen dass diejenigen Lehrkräfte, die Chemie unterrichten, über die notwendige Fachkunde verfügen, um im Unterrichtsalltag erfolgreich und sicher agieren zu können. Nur so lassen sich auch zukünftige Chemie-Studierende mit hinreichendem Fachwissen und experimentellen Fertigkeiten gewinnen.

Diese Kompetenzen sind unterteilt in die Bereiche „Fachdidaktik“ und „Arbeitssicherheit“ und diesbezüglich mit entsprechenden Indikatoren zur Konkretisierung versehen. Zusätzlich sind obligatorische Inhalte des Lehramtsstudiums Chemie formuliert worden, die grundlegende Fähigkeiten und Fertigkeiten beim Experimentieren beschreiben, die am Ende des Studiums beherrscht werden sollen.

Ziel der experimentellen Lehramtsausbildung Chemie muss es sein, die Studierenden mit einer soliden Experimentierkompetenz auszustatten, die sie dazu befähigt,

- diese Experimentierkompetenz nach Abschluss der universitären Ausbildungsphase weiterentwickeln zu können,
- sich ihre Freude am Experimentieren zu erhalten
- für und mit Lernenden sicherheitsgerecht zu experimentieren.

**1. Experimentell-praktische Kompetenzen, über die Absolventinnen und Absolventen des Lehramts Chemie nach Abschluss ihrer universitären Ausbildung verfügen müssen
Die Absolventinnen und Absolventen...**

Dimension	Kompetenzen	Indikatoren
<p>Fachdidaktik</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. wenden den Weg des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns an und kategorisieren vorgegebene Schulexperimente im Hinblick auf ihre Stellung im Unterricht. 2. integrieren zentrale Schulexperimente zu relevanten Themenfeldern der Chemie bei der Behandlung von Stoffen und ihren Eigenschaften, chemischen Reaktionen, Gesetzen und Theorien, chemiehistorischen Sachverhalten, technologischen Verfahren und fachspezifischen Methoden sachgerecht in den Unterricht. 3. nutzen geeignete Informationsquellen, um Schulexperimente themenbezogen zu recherchieren und gegebenenfalls zu modifizieren, um diese in ihrer Unterrichtsplanung didaktisch begründet umzusetzen. 4. erkennen Fachzusammenhänge der relevanten Schulexperimente, verankern sie curricular und führen eine adressatengerechte didaktische Reduktion durch. 5. zeigen zu relevanten Schulexperimenten alltagsbezogene und historische Anknüpfungspunkte auf. 6. protokollieren und bewerten selbstständig durchgeführte Schulexperimente fachlich, fachdidaktisch und methodisch. 	<ul style="list-style-type: none"> • ordnen vorgegebene Schulexperimente an geeigneter Stelle in den naturwissenschaftlichen Weg des Erkenntnisgewinns ein. • planen den Einsatz von Schulexperimenten im Unterricht erkenntnisprozessgerecht. • wählen Experimente didaktisch begründet aus und führen sie sicherheitsgerecht nach Vorschrift durch. • entwickeln Anleitungen zu Schulexperimenten, indem sie z.B. den Maßstab oder die Sozialform je nach räumlicher oder unterrichtlicher Situation variieren. • erstellen Protokolle unter Berücksichtigung der experimentellen Erkenntnismethode. • fertigen beschriftete Schnittskizzen der Versuchsaufbauten an. • analysieren und bewerten eigene und fremde Versuchsprotokolle aus fachlicher und fachdidaktischer Sicht. • demonstrieren Schulexperimente sach- und sicherheitsgerecht. • variieren den Offenheitsgrad experimenteller Aufgabenstellungen.

		<ul style="list-style-type: none"> • variieren Experimentieranleitungen für den Einsatz als Lehrerdemonstrations-, als auch als Schülerexperimente. • zeigen an konkreten Experimenten Möglichkeiten der curricularen Einordnung und didaktischen Reduktion auf. • nutzen geeignete Experimente zur Erzeugung kognitiver Konflikte.
<p>Arbeitssicherheit</p>	<ol style="list-style-type: none"> 7. verfügen über grundlegendes Wissen zu schulrelevanten Gefahrstoffen (u.a. GHS-System, Expositionspfade) und Gefährdungen (u.a. Recherche in Gefahrstoffdatenbanken). 8. Informieren sich im Vorfeld über die Einstufung und Eigenschaften der mit dem jeweiligen Experiment in Zusammenhang stehenden Stoffe und deren Expositionspfade und leiten daraus Maßnahmen zum sicherheitsgerechten Umgang ab. 9. nutzen Vorschriften und qualitätsgesicherte Informationsquellen zu Vorschriften im Umgang mit Gefahrstoffen im Unterricht und setzen diese beim experimentellen Arbeiten inhaltsbezogen und situationsgerecht um 10. haben die Fachkunde, Gefährdungsbeurteilungen für ihren Unterricht mit Gefahrstoffen durchzuführen. 11. optimieren traditionelle Experimente anhand von Substitutionsprüfungen (Ersatzstoff- und Ersatzverfahrensprüfungen) entsprechend dem aktuellen Stand der Wissenschaft und entwickeln neue Experimente oder modifizieren bestehende Experimente zur Erhöhung der Sicherheit. 12. kennen die Anforderungen und die Vorgehensweise bei Notfällen und reagieren im Ernstfall sachgerecht und angemessen. 	<ul style="list-style-type: none"> • entnehmen gezielt Informationen aus den Vorschriften der DGUV bzw. der RISU zum Umgang mit gefährlichen Stoffen in Schulen. • setzen die beim Experimentieren erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen vorschriftsmäßig um. • minimieren entsprechend dem Spaltenmodell der TRGS 600 die physikalisch-chemischen Gefahren und die Gefahren beim Einatmen und Hautkontakt². • erstellen für Schulexperimente die Gefährdungsbeurteilungen unter Nutzung geeigneter Online-Datenbanken. • Prüfen vorhandene Versuchsbeschreibungen und Gefährdungsbeurteilungen hinsichtlich ihrer Verwertbarkeit bei der Erstellung eigener Gefährdungsbeurteilungen. • Wenden das STOP-Prinzip³ an, um die Notwendigkeit von persönlicher Schutzausrüstung abzuschätzen. • Recyceln, verwerten oder entsorgen die nach einem Experiment vorhandenen Reaktionsprodukte und

² GHS-Spaltenmodell: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3736>

³ STOP-Prinzip: TRGS 500, Substitution, technische und organisatorische Maßnahmen, persönliche Schutzausrüstung; https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/pdf/TRGS-500.pdf?__blob=publicationFile&v=4

		Reststoffe sach-, sicherheits- und umweltgerecht.
--	--	--

2. Obligatorische Inhalte der experimentell-praktischen Schulchemie, die von Studierenden des Lehramts Chemie nach Abschluss der universitären Ausbildung beherrscht werden müssen

obligatorische Inhalte	Beispiele zu den Inhalten
Experimentelle Methode	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeiten mit Referenzproben (positive / negative Kontrolle, Eichkurven), • Naturwissenschaftliche Fragestellung, experimentell prüfbar Hypothesen, Trennung von Beobachtung und Deutung, keine (100%ige) Verifizierung, nur Falsifizierung
Optimierung der Präsentationstechnik beim Experimentieren	<ul style="list-style-type: none"> • u.a. Kontrasthintergrund, Beleuchtungsmaßnahmen, Einsatz digitaler Präsentationstechniken, Beschriftung
Gerätekunde, Gerätetechniken	<ul style="list-style-type: none"> • Laborgeräte für Mikro-, Halbmikro- und Makrotechnik und deren Funktion kennen, funktional auswählen und sachgerecht einsetzen • Gerätetechniken (u.a. Küvetten-, Medizin-, Tüpfeltechnik) kennen, funktional auswählen und sicherheits- sowie sachgerecht einsetzen • Computergestützte Messsysteme gewinnbringend und effizient einsetzen
grundlegende handwerkliche Fertigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Umgang mit verschiedenen Brennern und sonstigen Heizquellen (u.a. auch Heizpilze, Heißluftgebläse, Mikrowellengeräte) • Bearbeitung von Glasrohren (Glasrohr schneiden, Kanten rund schmelzen, Winkel biegen, Pipette ziehen) • Herstellen von Lösungen definierter Konzentration und Reagenzien • Verwenden digitaler Messwerterfassungssysteme
Montage/Demontage von Versuchsapparaturen	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigen der Gestaltungsgesetze • standsicherer und spannungsfreier Aufbau • Nutzung von Stativen und Magnettafeln • Prüfen auf Gasdichtheit
Sicherer Umgang mit Geräten, Apparaten und Apparaturen	<ul style="list-style-type: none"> • Umgang mit Druckgasflaschen, • Umgang mit Gasentwicklern, • Auffangen und Transport von Gasen, • Experimentieren u.a. in geschlossenen Apparaturen, Arbeiten im Abzug, mit

	<ul style="list-style-type: none"> • übelriechenden und/oder giftigen Gasen, • Einsatz von Aktivkohle-Adsorptionsröhrchen, Absorber-Flüssigkeiten, Blasenzählern, Rückschlagsicherung, Schutzscheibe.
Synthetisieren und sicheres Handhaben von ausgewählten Gasen	<ul style="list-style-type: none"> • u.a. Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid, Schwefeldioxid, Ammoniak, Chlor, Wasserstoffchlorid, Isobuten, Ethin.
Lagerung und sachgerechtes Handhaben von Stoffen	<ul style="list-style-type: none"> • vorschriftsmäßige Etikettierung, Aufbewahrung und Lagerung • Demonstrieren der Brennbarkeit von Stoffen, insbesondere von Gasen • Umgang mit Gefahrstoffen z. B. Knallgas, Metallpulver, Alkalimetalle, Halogene (auch Brom), leichtentzündliche und selbstentzündliche Stoffe.
Umgang mit Strom- und Spannungsquellen	<ul style="list-style-type: none"> • Apparaturen zur Elektrolyse, zu Batterien, Akkumulatoren, Brennstoffzellen betreiben • einfache Schaltpläne lesen und zeichnen, • eine Apparatur anhand eines einfachen Schaltplans aufbauen, • Strom- und Spannungsmessungen durchführen.
Umgang mit Lichtquellen	<ul style="list-style-type: none"> • Lichtquellen mit verschiedenen Leistungen und Wellenlängenbereichen (u.a. LED-Lampen, Laserpointer, UV-Lampen).
Sachgerechte Entsorgung	<ul style="list-style-type: none"> • saure, basische und schwermetall-ionenhaltige wässrige Lösungen, • organische Flüssigkeiten, • Feststoffe, • einfache Aufarbeitungsmaßnahmen.

Durch Umsetzung der o.g. Ausbildungsinhalte wird erreicht, dass die Studierenden des Lehramts Chemie am Ende ihrer ersten Ausbildungsphase über ein umfassendes Portfolio mit Experimentieranleitungen und Protokollen zu den von ihnen erprobten Schulexperimenten aus schulrelevanten Bereichen der Anorganische, Physikalische und Organische Chemie und deren alltagsorientierter Verortung verfügen. Sie sind in der Lage, die Experimente in verschiedenen Organisationsformen durchzuführen und sie fachdidaktisch zu analysieren sowie zu reflektieren. Darüber hinaus entnehmen die Studierenden aus den Vorschriften der DGUV bzw. der RISU gezielt Informationen zum Umgang mit Gefahrstoffen in Schulen, setzen

diese sachgerecht um und erstellen für relevante Schulexperimente Gefährdungsbeurteilungen.

Der Arbeitsgruppe Experimentalunterricht ist es vorderstes Anliegen, dass auch künftig das Schulexperiment die Basis der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht ist und bleibt. Sie setzt sich dafür ein, dass auf der Basis der oben dargestellten Inhalte ein Konsens gefunden wird, damit es gelingt, ein Mindestmaß an Ausbildungsinhalten und Basiskompetenzen zu definieren, die verlässliche Ausbildungsbestandteile an allen Ausbildungseinrichtungen der ersten Phase sind. Dadurch wird erreicht, dass die Ausbilderinnen und Ausbilder in den Studienseminaren ein Grundniveau an experimentell-praktischen Basiskompetenzen bei den Hochschulabsolventinnen und -absolventen vorfinden und sicher und verlässlich darauf aufbauen können. Es wird so die nötige Solidität der experimentell-praktischen Ausbildung in den Chemie-Lehramtsstudiengängen erzielt, die in der Schulpraxis gefordert ist.

Strukturmodell und Kompetenzraster

Beispiele von bedeutsamen Unterrichtsinhalten und deren experimentelle Erarbeitung

Die Arbeitsgruppe Experimentalunterricht hat darüber hinaus das Ziel verfolgt, verschiedene Anforderungsprofile an das Experiment im Chemieunterricht anhand beispielhafter (Schlüssel)Experimente zu konkretisieren. Dazu wurde ein Strukturmodell entwickelt, in dem ausgewählte Experimente zu bestimmten und besonders bedeutsamen Unterrichtsinhalten prägnant beschrieben sind. Hierbei sind nur einige Beispiele genannt, natürlich sind auch eine Vielzahl anderer Experimente möglich! Diese Beschreibungen implizieren die im Kompetenzraster benannten Kompetenzen zum experimentellen Arbeiten und die didaktischen Prinzipien (Basiskonzepte, Lernvoraussetzungen, Schülervorstellungen etc.).

Dieses Strukturmodell soll im Folgenden am ersten Beispiel dem Unterrichtsinhalt *Massenerhalt vs. Massenänderung* bei chemischen Reaktionen kurz erläutert werden, in den Strukturmodellen werden weitere Beispiele ausgeführt:

Der Massenerhalt ist neben der Bildung neuer Stoffe und des Energieumsatzes ein grundlegendes Kennzeichen für chemische Reaktionen und somit ein zentrales Thema im einführenden Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Untersuchungen der von chemischen Reaktionen ableitbaren Gesetzmäßigkeiten des Massenerhalts und der konstanten Massenverhältnisse nehmen daher im Unterricht eine zentrale Stellung ein und lassen sich in den Basiskonzepten *Stoff-Teilchen*, *Energieumsatz* und *Chemische Reaktion* verorten.

Das erstmals von *M. W. Lomonossow* beschriebene und später von *Lavoisier* verfeinerte Phänomen der Massenerhaltung bei chemischen Reaktionen beruht auf der experimentellen Vorgehensweise von R. BOYLE, der die Reaktion von Zinn und Blei mit Sauerstoff aus der Luft in einer geschlossenen Apparatur untersuchte. *J. L. Proust* postulierte schließlich die Erkenntnis, dass bei chemischen Reaktionen die beteiligten Elemente in einem bestimmten Massenverhältnis miteinander reagieren. Auf der Basis dieser Ergebnisse fußt die Lehre von den Atomen, die *J. Dalton* 1803 begründete. Die große Leistung *Daltons* war dabei aber nicht die „Wiederentdeckung“ der Atome, sondern die Verknüpfung des Elementbegriffes mit dem Atombegriff, wodurch er die Massenkonstanz bei chemischen Reaktionen sowie das Zusammentreten der Atome in bestimmten Zahlenverhältnissen postulierte und damit viele der experimentellen Ergebnisse *Lomonossows*, *Lavoisiers* und *Prousts* erklären konnte.

Im Unterricht wird man der Schwierigkeit begegnen, dass für Schüler der Gedanke, von der Erhaltung der Masse auf die Erhaltung der Atome zu

schließen, keineswegs zwingend ist. Als wichtige Lernvoraussetzungen in einem spiralcurricular angelegten Unterricht sind daher das Teilchenmodell, Verbrennungsreaktionen, das Dalton-Atommodell sowie das Formulieren von Reaktionsgleichungen zu nennen.

Für eine problemorientierte Hinführung zum Gesetz der Massenerhaltung lassen sich verschiedene experimentelle Varianten heranziehen; so lässt sich beispielsweise Eisenwolle, die sich an einer austarierten Balkenwaage befindet, verbrennen. Alternativ kann dies auch auf einer hitzefesten Unterlage auf einer 0,01 g genauen Digitalwaage erfolgen. Unterrichtserfahrungen zeigen, dass die Mehrheit der Schüler eine Massenabnahme statt -zunahme erwartet. Der Grund für diese Fehlannahme liegt darin begründet, dass Schüler ihre Erklärungen auf die eigenen Beobachtungen von Verbrennungsvorgängen aus dem Alltag stützen. So scheint die zuvor „schwere“ Holzkohle beim Grillen bis auf einen Rest an Asche zu „verschwinden“.

Bezugnehmend auf die oben angesprochenen Schülervorstellungen zu Verbrennungsvorgängen lässt sich eine stärker an der Alltagswelt der Schüler orientierte Variante des Boyle-Versuches – die Verbrennung von Kohlenstoff in einem verschlossenen und mit Sauerstoff gefüllten Rundkolben – als Lehrerdemonstrations-Versuch heranziehen. Neben dem ästhetischen Reiz durch den während des Versuchs hell aufglühenden Kohlenstoff, liefert diese Variante vor allem auch das für Schüler überraschende Moment, dass der scheinbar leere Rundkolben nach der Reaktion noch die gleiche Masse aufweist wie vor der Reaktion. Eine besondere Bedeutung der Experimente liegt damit in der Tatsache begründet, dass das Ergebnis der Massenbestimmung des vermeintlich leeren Rundkolbens wider jeglicher Erwartungen der Schüler steht (Schülervorstellungen), kognitive Konflikte auslöst und mit Hilfe eines moderat-konstruktivistischen Ansatz zu einem vertieften Verständnis zur Massenerhaltung der chemischen Reaktion beitragen kann. Gleichsam lässt sich die Verbrennung von Kohlenstoff mit Sauerstoff im Sinne einer Variation des Experimentier-Maßstabs auch in einer Schülervariante im Reagenzglas oder in einer Quarzrohr-Spritzen-Apparatur durchführen, die den kognitiven Konflikt dadurch steigert, dass neben dem Massenerhalt auch noch eine Volumenerhalt diagnostiziert werden kann. Neben diesen Experimenten bietet sich eine Vielzahl weiterer Experimentiermöglichkeiten wie die Verbrennung einer Kerze ohne/mit Gas auffang auf der Waage) an, um den Massenerhalt als ein wesentliches Kriterium chemischer Reaktionen kognitiv zu festigen.

An diesem Unterrichtsbaustein können verschiedenste Kompetenzen verortet werden. Beispielsweise lässt sich problemlos der Weg des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns anwenden (1) und Schulexperimente im Hinblick auf ihren didaktischen und methodischen

Wert zu relevanten Themenfeldern der Chemie bei der Behandlung von Stoffen, chemischen Reaktionen, Gesetzen und Theorien, chemiehistorischen Sachverhalten kategorisieren (2). Zudem können sich diese vor dem Hintergrund des erzeugten kognitiven Konflikts fachlich und fachdidaktisch in besonderem Maß analysiert und bewertet werden (6). Eine detaillierte Zuordnung der Kompetenzen zu diesem Themenfeld ist in dem Strukturmodell vorgenommen worden.

Unterrichtsinhalt	Variationen eines Experimentes (evtl. mit Quellenangabe)	Experimentelles Arbeiten (Notwendige Kompetenzen und obligatorische Inhalte)		Fachdidaktik		
		„Handwerk“ und Sicherheit (Nummernzuordnung aus dem Kompetenzraster)	Zugehörige Inhalte	Basis-konzepte	Lernvoraussetzungen, spiral-curriculare Anbindung, Alltagsbezug	Stolpersteine (Schülervorstellungen, Fachsprache),
Massenerhaltung versus Massenänderung	<ul style="list-style-type: none"> • (Balken-)Waagen-Versuch: offenes vs. geschlossenes System, • Boyle-Versuch mit Kohlenstoff (LD oder SV) • Verbrennung von Kohle oder Diamant in der Kolbenprober-Apparatur (Quarzrohr mit zwei Spritzen, eine Spritze mit Sauerstoff gefüllt) • Glühlampen-Versuch • Kerzenverbrennung auf der Waage ohne/mit Gas auffang • Evtl. wasserfreies CuSO_4 vs wasserhaltiges CuSO_4 auf der Waage • Evtl. Abscheidung von elementarem Kupfer am Eisen-Nagel aus CuSO_4-Lsg. 	Erkenntnis-gewinnung (1), Themenfelder (2), Recherche (3), Curriculare Verankerung und didakt. Reduktion (4) Protokollieren und bewerten (6)	Experimentier-techniken; Arbeiten in geschlossenen Systemen; Optimale Präsentation; Evtl. Gefährdungen Schülervorstellungen und Kognitive Konflikte; Weiterentwicklung von Modellen	Stoff-Teilchen, Chemische Reaktion, Energie	Stoff-Teilchenmodell, Verbrennungsreaktionen, Reaktionsgleichungen, Zusammensetzung der Luft, Atommodell nach Dalton	Kognitiver Konflikt: bei Verbrennungen (im offenen System) erfolgt eine Massenabnahme (gasförmiges Produkt) oder eine Massenzunahme (Feststoffoxid) Weiterentwicklung der erworbenen Vorstellungen/Kompetenzen beim den Themenbereichen Redoxreihe, Fällungsreihe etc....

Unterrichtsinhalt	Variationen eines Experimentes (evtl. mit Quellenangabe)	Experimentelles Arbeiten (Notwendige Kompetenzen und obligatorische Inhalte)		Fachdidaktik		
		„Handwerk“ und Sicherheit (Nummernzuordnung aus dem Kompetenzraster)	Zugehörige Inhalte	Basis- konzepte	Lernvoraussetzungen, spiral-curriculare Anbindung, Alltagsbezug	Stolpersteine (Schülervorstellungen, Fachsprache),
Lösen / Reagieren von Gasen	<ul style="list-style-type: none"> • Springbrunnenexperiment <ul style="list-style-type: none"> ○ Gase: Butan oder Wasserstoffchlorid, und Ammoniak ○ verschiedene Größen: Makro, Halbmikro, Mikro; ○ Glasbehälter / dünnwandige PET-Flasche ○ Variation des Indikators ○ Variation des Lösemittels (Wasser/Octan) und des zu lösenden Gases (Butan/Wasserstoffchlorid/Ammoniak) • Aufleiten / Einleiten von Gasen in <ul style="list-style-type: none"> ○ Wasser / Benzin ○ Temperaturänderung ○ Leitfähigkeitsänderung ○ pH-Änderung ○ Nachweis der Produkte durch <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fällung AgCl ▪ Indikatorfarbe ○ Lösen von Kohlenstoffdioxid in Wasser <ul style="list-style-type: none"> ○ Variation von Temperatur und pH-Wert ○ Veränderung des Lösemittels (Salzgehalt) 	Erkenntnisgewinnung (1) Themenfelder (2) Historische Anknüpfungspunkte (5) Gefahrstoffe und Gefährdung (7)-(12) Wechselwirkungen Donator-Akzeptor-Reaktionen	Stellung des Experiments im Erkenntnisweg; Hypothesenbildung; Arrhenius/Broensted; Optimale Präsentation und Größe; Gasentwicklung, Giftige Gase und MAK-Werte Aktivkohle-Adsorptionsröhrchen; Experimentier-techniken; Entsorgung	Stoff-Teilchen, Chemische Reaktion, Donator-Akzeptor (Protonenübergänge), Struktur-Eigenschaft	Molekulpolarität, Elektronenpaarbindung, Wechselwirkungen zwischen Molekülen Indikatorfarben, Heterolyse von Bindungen Leitfähigkeit und Ionen, Nachweis von Chlorid-Ionen Saure und basische Lösungen; Broensted Säure-Base-Konzept => klare Trennung zwischen Stoff- und Teilchenebene	Lösen / reagieren Säure / saure Lösung Base / Lauge / basische Lösung Stoffebene/Teilchenebene, keine Eigenschaftsübertragung

Unterrichtsinhalt	Variationen eines Experimentes (evtl. mit Quellenangabe)	Experimentelles Arbeiten (Notwendige Kompetenzen und obligatorische Inhalte)		Fachdidaktik		
		„Handwerk“ und Sicherheit (Nummernzuordnung aus dem Kompetenzraster)	Zugehörige Inhalte	Basis-konzepte	Lernvoraussetzungen, spiral-curriculare Anbindung, Alltagsbezug	Stolpersteine (Schülervorstellungen, Fachsprache),
Bromierung	<ul style="list-style-type: none"> • Geschlossene / partiell offene Apparatur (Erlenmeyerkolben/Tropftrichter); • Petrischale + Projektion, Projektionsversuch im Reagenzglas / Magnettafel oder Diaprojektor, • Sprizentechnik, Pipettenhütchen, Alginatperlen • Sicherheitsgerechte Auswahl und Variation des Reaktionspartners • Vergleichende Gefahrstoffbetrachtung diverse Alkane/Alkene/Aromaten • Chlor/Brom/Iod, Brom versus Bromwasser • Belichtung (Farbfilterplättchen, Laserpointer, Halogen-Lampe) • Katalysator (Aluminiumchlorid, Eisen-Pulver) 	Themenfelder (2), Recherche (3), Curriculare Verankerung und didakt. Reduktion (4) Protokollieren und bewerten (6) Gefahrstoffe (7-12)	quasi-geschlossenes System durch Sprizentechnik oder Pipettenhütchen -Technik; Schliffapparat; Petrischalen-experiment; Projektions-techniken; Methoden der Bromwasser-Herstellung; sicherheitsgerechter Umgang mit Brom, Bromwasser und halogenierten Kohlenwasserstoffen, Ersatzstoffprüfung und Substitution; Sicherheitsmaßnahmen, Durchführung im Abzug oder quasi geschlossenen System; Minimierung und Entsorgung.	Chemische Reaktion, Energie (Katalyse, Wellenlänge u. Energie; Stabilität von Zwischenstufen)	Homolyse (Radikale), Heterolyse (Ionen); Energie und Wellenlänge; Kohlenwasserstoffe und Aromaten; CFKW Nachweisreaktionen (pH-Test, Nachweis von Halogenid-Ionen)	Symbolschreibweise für „Elektronenwanderungen“; Darstellungsformen und Darstellungsformwechsel bei Molekülen; Trennung von Atombindungen (Homolyse, Heterolyse)

Unterrichtsinhalt	Variationen eines Experimentes (evtl. mit Quellenangabe)	Experimentelles Arbeiten (Notwendige Kompetenzen und obligatorische Inhalte)		Fachdidaktik		
		„Handwerk“ und Sicherheit (Nummernzuordnung aus dem Kompetenzraster)	Zugehörige Inhalte	Basis-konzepte	Lernvoraussetzungen, spiral-curriculare Anbindung, Alltagsbezug	Stolpersteine (Schülervorstellungen, Fachsprache),
Analyse und Synthese von Wasser oder Wasserstoffoxid-Zerlegungsreaktion und Wasserstoffoxid-Bildungsreaktion	<ul style="list-style-type: none"> • Zerlegen von Wasser <ul style="list-style-type: none"> ○ Im Hofmanschen Zersetzungsapparat (Elektrolytlösung: Schwefelsäure) ○ Im „Low-Cost-Hofman“ (unter Verwendung von Na_2SO_4 oder Na_2CO_3 in der Elektrolytlösung) ○ Im Elektrolyseur (Elektrolyt: PEM) ○ Fotolyse und lichtabhängige Reaktion der Fotosynthese • Bildung von Wasser aus den Elementen <ul style="list-style-type: none"> ○ Knallgasreaktion im Reagenzglas ○ Knalldöschen ○ Explosion in der „Singenden Dose“ ○ Knallschaum ○ Knallgasreaktion <ul style="list-style-type: none"> ○ im Schlauch-Eudiometer ○ im Spritzen-Eudiometer ○ Kontrollierte Verbrennung mit Auffangen und Nachweis des Verbrennungsproduktes ○ Kontrollierte Reaktion „kalte Verbrennung“ in der Brennstoffzelle 	Erkenntnis-gewinnung (1) Themenfelder (2), Recherche (3), Curriculare Verankerung und didakt. Reduktion (4), Schulrelevante Gefahrstoffe (8, 9)	Sicherer Umgang mit Geräten; pneumat. Auffangen von Gasen und Auffangen von Gasen in Spritzen-technik; Synthese und Handhabung von Gasen; Umgang mit Strom- und Spannungs-quellen; Brennbarkeit von Stoffen; Arbeit mit Modellen.	Chemische Reaktion, Energie (Energie-entwertung, Katalyse), Donator-Akzeptor (Elektronen-übergänge)	stoffliche und energetische Merkmale der chemischen Reaktion Umkehrbarkeit von chemischen Reaktionen Atom- und Bindungsmodelle; Elektronenübergänge bei chemischen Reaktionen Energiespeicherung durch chemische Speichersysteme und Energiekonversion; Fotosynthese	Element und Verbindung; Redox-Begriff; Redox-Konzept; „Leitfähigkeit“ von Wasser; Wasser als „Wasserstoffoxid“; Oxidationszahl; Redoxpotential

Unterrichtsinhalt	Variationen eines Experimentes (evtl. mit Quellenangabe)	Experimentelles Arbeiten (Notwendige Kompetenzen und obligatorische Inhalte)		Fachdidaktik		
		„Handwerk“ und Sicherheit (Nummernzuordnung aus dem Kompetenzraster)	Zugehörige Inhalte	Basis-konzepte	Lernvoraussetzungen, spiral-curriculare Anbindung, Alltagsbezug	Stolpersteine (Schülvorstellungen, Fachsprache),
Dynamische Gleichgewichte	<p>Kohlenstoffdioxid-Kohlensäure-Carbonat-Gleichgewichte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser <ul style="list-style-type: none"> ○ Geschlossenes System: dünnwandige PET-Flasche, Variation der Temperatur ○ „Wassersprudler“ ○ Zusammensetzung des Lösemittels (Salzgehalt, pH-Wert) ○ Leitfähigkeitsänderung ○ pH-Änderung • Kalkwasser-Probe und CO₂-Einleitung • Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit (Erlenmeyerkolben mit Luftballon; Spritzentechnik; Carbonat-Hydrogencarbonat-Gleichgewicht) • Druckabhängigkeit (Spritze mit spritzigem Mineralwasser; Druckminderung und -erhöhung) • Titration verschiedener Mineralwasser • Puffersysteme • Computergestützte Messwerterfassung <ul style="list-style-type: none"> ○ pH-Messung ○ Leitfähigkeitsmessung ○ Druckmessung (Reaktionsgeschwindigkeit bei der Reaktion von Carbonaten mit saurer Lösung) 	<p>Erkenntnis-gewinnung (1) Themenfelder (2), Recherche (3), Curriculare Verankerung und didakt. Reduktion (4), Protokollieren und bewerten (6) Schulrelevante Gefahrstoffe (8)</p>	<p>Sicherer Umgang mit Geräten; Löslichkeit von CO₂; Spritzen-technik; Umgang mit Strom- und Spannungs-quellen; Arbeiten mit digitalen Messwerterfassungssystemen</p>	<p>Stoff-Teilchen, Chemische Reaktion, Donator-Akzeptor, Gleichgewicht</p>	<p>Treibhauseffekt; Kohlenstoffdioxid als Verbrennungs- und Atem(ab)gas; Kalkkreislauf; Kohlenstoffatom-Kreislauf.</p>	<p>Statisches vs. Dynamisches Gleichgewicht; „Kohlensäure“; Störung und Neueinstellung des Gleichgewichts; Veränderung der Gleichgewichtskonstanten bei Veränderung äußerer Parameter;</p>