

Wissenschaftliche Hausarbeit

im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien im Fach Chemie,
eingereicht der Hessischen Lehrkräfteakademie, Prüfungsstelle Marburg

Chemie ohne Experimente?

Nein, danke! – Möglichkeiten für Experimente im Distanzunterricht und danach

Verfasserin: Cora Schäfer

Gutachter: Herr Dr. Philipp Reiß

Philipps-Universität Marburg

Juni 2021

„Nur ein Narr macht keine Experimente.“

– Charles Darwin

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	vii
Abkürzungsverzeichnis	viii
Einleitung	1
Theoretischer Hintergrund	3
Corona-Pandemie	3
Auswirkungen der Corona-Pandemie auf das Schulwesen.....	4
Das Experiment im Chemieunterricht	14
Funktionen des Experiments	14
Auswahlkriterien für Experimente	21
Ausführungsformen des Experiments	23
Alternativen zum klassischen Unterrichtsexperiment	28
Heimexperimente	28
Gründe für den Einsatz von Heimexperimenten	30
Anforderungen an Heimexperimente	34
Anlässe für Heimexperimente	34
Rechtliche Grundlagen	36
Vorbereitung.....	39
Durchführung	44
Dokumentation und Nachbereitung.....	45
Videoexperimente	49
Anlässe für den Einsatz von Videoexperimenten.....	50
Anforderungen an Videoexperimente	52
Vorbereitung.....	54
Durchführung und Nachbereitung.....	55
Virtuelle Experimente	57

Recherche und curriculare Einordnung der Rechercheergebnisse	62
Heimexperimente	62
Videoexperimente	64
Virtuelle Experimente	66
Einordnung der Rechercheergebnisse in das Kerncurriculum Hessen	67
Ausblick.....	69
Literaturverzeichnis.....	73
Anhangsverzeichnis.....	87
Anhang	90
Eidesstattliche Versicherung	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wege der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung 16

Abbildung 2: Didaktisch reduzierte Form des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs..... 16

Abkürzungsverzeichnis

ArbSchG.....	<i>Arbeitsschutzgesetz</i>
Aufs VO	<i>Aufsichtsverordnung</i>
BGB	<i>Bundesgesetzbuch</i>
BSG	<i>Bundessozialgericht</i>
ChidS	<i>Chemie in der Schule</i>
COVID-19	<i>Coronavirus Disease 2019</i>
DEGAM	<i>Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin</i>
D-GISS	<i>Deutsches Gefahrstoff-Informationssystem Schule</i>
DGUV	<i>Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V.</i>
EMA	<i>Europäische Arzneimittel-Agentur</i>
E-Phase	<i>Einführungsphase</i>
FWU	<i>Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht gGmbH</i>
GG	<i>Grundgesetz</i>
HessGISS.....	<i>Hessisches Gefahrstoff-Informationssystem Schule</i>
HKM.....	<i>Hessisches Kultusministerium</i>
HSchG	<i>Hessisches Schulgesetz</i>
IJSO	<i>Internationale JuniorScienceOlympiade</i>
ILRI	<i>International Livestock Research Institute</i>
IVEX	<i>Interaktive Videoexperimente</i>
KCGO.....	<i>Kerncurriculum gymnasiale Oberstufe</i>
KCH.....	<i>Kerncurriculum Hessen</i>
KMK.....	<i>Kultusministerkonferenz</i>
MDR.....	<i>Mitteldeutscher Rundfunk</i>
NDR.....	<i>Norddeutscher Rundfunk</i>
Q-Phase	<i>Qualifikationsphase</i>

RiSU	<i>Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht</i>
RKI	<i>Robert Koch-Institut</i>
SARS-CoV-2	<i>Severe acute respiratory syndrome coronavirus type 2</i>
Sek I	<i>Sekundarstufe I</i>
Sek II	<i>Sekundarstufe II</i>
STIKO	<i>Ständige Impfkommission</i>
UKH	<i>Unfallkasse Hessen</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
VCI	<i>Verband der Chemischen Industrie e.V.</i>
VOGSV	<i>Verordnung zur Gestaltung des Schulverhältnisses</i>
WHA	<i>Wissenschaftliche Hausarbeit</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>

Einleitung

Chemieunterricht ohne Experimente? Wohl kaum!

Schließlich ist die Chemie – und somit auch der Chemieunterricht – untrennbar mit Experimenten verbunden. Dies geht nicht zuletzt aus den Bildungsstandards des Faches Chemie für die Allgemeine Hochschulreife hervor, die auf Beschluss der Kultusministerkonferenz (KMK) im Juni 2020 veröffentlicht wurden. So lauten die ersten beiden Sätze zum Bildungsbeitrag des Faches Chemie: „Die Naturwissenschaft Chemie beschäftigt sich mit dem Aufbau, den Eigenschaften und der Umwandlung von Stoffen auch unter energetischen Aspekten. Das **Experiment** ist dabei von zentraler Bedeutung.“ (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2020, S. 11). Diese Schlüsselrolle des chemischen Experiments ergibt sich aus seinen vielfältigen fachdidaktischen Funktionen, die teils der Fachwissenschaft entspringen, teils aber auch keine Entsprechung in der Fachwissenschaft haben (Barke et al., 2018, S. 204f.).

Die Corona-Pandemie führt uns aktuell jedoch vor Augen, dass Chemieunterricht ohne Experimente durchaus Wirklichkeit werden kann. Distanzunterricht infolge von Schulschließungen oder Aussetzungen der Präsenzplicht, Präsenzunterricht unter Einhaltung von Abstandsregeln oder im Klassen- statt im Fachraum sowie die Notwendigkeit, Inhalte des Distanzunterrichts nach- und aufzuarbeiten, sorgen dafür, dass das Experimentieren im Chemieunterricht – abgesehen von gelegentlichen Lehrer:innendemonstrationsexperimenten – seit mehr als einem Jahr deutlich eingeschränkt oder ganz verhindert wird (Störmer-Häußler, 2020).

Muss in diesen Zeiten also auf chemische Experimente verzichtet werden? – Ich denke nicht. Im Rahmen dieser Arbeit möchte ich daher – auf Grundlage eines im Oktober 2020 erschienenen Artikels von Petra Wlotzka – Alternativen zum klassischen Experiment im Chemieunterricht vorstellen, die in Zeiten des Distanzunterrichts zum Einsatz kommen können. Dazu zählen chemische **Heimexperimente**, die von den Schüler:innen unter Verwendung von Alltagsstoffen zuhause durchgeführt werden, **Videoexperimente**, die von der Lehrkraft selbst

erstellt oder geeigneten Internetseiten entnommen werden, und **virtuelle Experimente** (Wlotzka, 2020). Der Fokus soll dabei insbesondere auf den Heimexperimenten als Alternative zum unterrichtlichen Schüler:innenexperiment liegen, da die damit verbundene Eigentätigkeit der Schüler:innen mit diversen positiven Effekten assoziiert ist. Dazu zählt nicht nur eine Besserung der Lern- und Behaltensleistung, sondern auch eine Steigerung der Lernmotivation (Wlotzka, 2020, S. 1). Um den Einsatz von existierenden Videoexperimenten, virtuellen Experimenten und vor allem Heimexperimenten im Chemieunterricht zu erleichtern, habe ich geeignete Quellen herausgesucht und diese systematisch den Themenbereichen und inhaltlichen Schwerpunkten des Kerncurriculums Hessen (KCH) zugeordnet.

Nicht ohne Grund lautet der Titel meiner Arbeit aber „Chemie ohne Experimente? Nein, danke! – Möglichkeiten für Experimente im Distanzunterricht und danach“. Eines meiner zentralen Anliegen ist es, aufzuzeigen, dass die genannten Alternativen zum klassischen Unterrichtsexperiment keinesfalls „Notfallmaßnahmen“ für die Dauer des Distanzunterrichts sind, sondern auch darüber hinaus eine Bereicherung des Chemieunterrichts darstellen können. Der Mehrwert dieser Alternativen wird deutlich, wenn man sich vor Augen führt, dass das Experimentieren innerhalb des Chemieunterrichts keineswegs nur durch Ausnahmesituationen wie die momentane Corona-Pandemie eingeschränkt wird, sondern auch innerhalb des „normalen“ Unterrichtsalltags regelmäßig Beschränkungen erfährt – sowohl durch die Knappheit von Ressourcen wie Zeit, Chemikalien oder Materialien als auch durch Gefahrenpotentiale und Sicherheitsvorgaben, aber auch durch unzureichende räumliche Gegebenheiten (z. B. nicht ausreichend Fachräume mit Möglichkeiten zur Durchführung von Schüler:innenexperimenten) (Heinrich, 2006, S. 11).

Theoretischer Hintergrund

Corona-Pandemie

Ehe nun auf die Bedeutung des Experiments im Chemieunterricht eingegangen wird und anschließend die bereits genannten Alternativen zum klassischen Unterrichtsexperiment in der Chemie vor- und ihre Eignung für den Distanzunterricht und darüber hinaus herausgestellt werden, möchte ich zunächst noch auf die Corona-Pandemie sowie deren Auswirkungen auf das Schulwesen und die Digitalisierung der Schulen eingehen. Da all diese Aspekte ursächlich zur Entstehung meiner Arbeit beigetragen haben, sollte sie auch in diesem Kontext betrachtet werden.

Am 31. Dezember 2019 wurde das Landesbüro der World Health Organization (WHO) in China über eine Häufung von Lungenentzündungen in Wuhan, einer Stadt in der Provinz Hubei, informiert (WHO Regional Office for Europe, 2021, p. 6). Diese Erkrankungen konnten zu Beginn des Jahres 2020 auf Infektionen mit dem neuartigen Coronavirus „Severe acute respiratory syndrome coronavirus type 2“ (SARS-CoV-2) zurückgeführt werden und werden seitdem mit dem Namen „Coronavirus Disease 2019“ (COVID-19) bezeichnet (WHO Regional Office for Europe, 2021, p. 15). Von Wuhan aus verbreitete sich SARS-CoV-2 innerhalb kurzer Zeit in der ganzen Welt (Baader, 2021). So erfolgte in Deutschland die erste Meldung einer Infektion mit SARS-CoV-2 am 27. Januar (Kautz, 2021). Drei Tage später bezeichnete die WHO das Infektionsgeschehen bereits als internationale Gesundheitsnotlage und stufte es am 11. März schließlich als pandemisch ein (WHO Regional Office for Europe, 2021, p. 11+22). Nicht ohne Grund verkündete die deutsche Bundeskanzlerin Angela Merkel am 18. März 2020 in ihrer Fernsehansprache, dass die Corona-Pandemie – vor allem im Hinblick auf solidarisches Handeln – die größte Herausforderung für Deutschland seit dem Zweiten Weltkrieg darstelle (Merkel, 2020). Denn auch heute, fast ein- einhalb Jahre nach dem Auftreten der ersten SARS-CoV-2-Infektionen, hält das Virus die Welt noch in Schach – mit einschneidenden Veränderungen für das Leben, wie wir es kennen.

Insgesamt sind weltweit bereits mehr als 174 Millionen Menschen an COVID-19 erkrankt, fast 3,8 Millionen davon sind an oder mit der Erkrankung verstorben (Stand 11.06.2021; Dong et al., 2021).

Bisher konnte nicht abschließend geklärt werden, woher SARS-CoV-2 ursprünglich stammt. Das mit der Untersuchung beauftragte internationale Forschungsteam der WHO kommt zu dem Schluss, dass die SARS-CoV-2-Infektionen aller Wahrscheinlichkeit nach zoonotischen Ursprungs sind, dass also auf natürlichem Weg eine Übertragung vom Tier auf den Menschen stattgefunden hat (Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, n. d.; WHO, 2021, p. 9). Dies ist keineswegs selten: Etwa drei Viertel aller menschlichen Infektionskrankheiten haben ihren Ursprung in der Tierwelt (WHO, 2021, p. 92). Jedoch konnte auch die Theorie, dass SARS-CoV-2 bei einem Laborunfall in Wuhan freigesetzt wurde, bisher nicht abschließend widerlegt werden – auch wenn dieses Szenario laut WHO-Bericht als äußerst unwahrscheinlich gilt (Bloom et al., 2021; WHO, 2021, p. 9). Allerdings forderte der Generaldirektor der WHO, Tedros Adhanom Ghebreyesus, bereits unmittelbar nach der Veröffentlichung dieses Berichts, dass die zweite Hypothese noch gründlicher untersucht werden müsse, ehe man sie ausschließen könne (Ghebreyesus, 2021). Im Mai diesen Jahres sorgte dann ein von 18 internationalen Wissenschaftler:innen verfasster Brief in der renommierten naturwissenschaftlichen Fachzeitschrift *Science* für Aufsehen, in dem die Untersuchung der WHO als einseitig kritisiert und eine transparente und objektive Untersuchung beider Hypothesen gefordert wurde (Bloom et al., 2021).

Auswirkungen der Corona-Pandemie auf das Schulwesen

Die Corona-Pandemie selbst sowie die Bemühungen, diese einzudämmen, haben unser Leben in den vergangenen eineinhalb Jahren in vielerlei Hinsicht verändert: So stellt die Corona-Pandemie nicht nur eine Herausforderung für das Gesundheitssystem, die Wirtschaft und das politische, gesellschaftliche sowie kulturelle Leben dar, sondern auch für das Bildungs- und Schulwesen – und damit deutschlandweit für knapp 800.000 Lehrer:innen sowie 10,9 Millionen Schüler:innen (und deren Eltern) (Stand Schuljahr 2019/2020 bzw. 2020/2021; Rudnicka, 2020; Rudnicka, 2021).

Zur Illustration soll im Folgenden ein Überblick über die Entwicklung des Infektionsgeschehens und die Auswirkungen auf die Schulen seit dem Frühjahr 2020 gegeben werden. Da es in diesem Zusammenhang kein bundeseinheitliches Vorgehen gegeben hat – schließlich ist Bildung Ländersache –, beziehe ich mich vor allem auf die Entwicklungen in Hessen.

Chronik

Im Frühjahr 2020 war in Deutschland erstmals ein exponentieller Anstieg des Infektionsgeschehens zu verzeichnen, der den Beginn der ersten Erkrankungswelle markierte. Um die Ausbreitung des Virus zu verlangsamen und eine Überforderung des Gesundheitssystems – wie beispielsweise in Italien – zu vermeiden, wurde ein bundesweiter Lockdown verhängt, welcher u. a. mit der Einstellung des Präsenzunterrichts an den Schulen einherging (Imöhl & Ivanov, 2021; Jungblut, 2020). Zum Weiterbetrieb des Unterrichts sollten die Lehrer:innen die Möglichkeiten digitalen Unterrichts nutzen, wann immer es die technischen und pädagogischen Voraussetzungen zuließen (Lorz, 2020a). Da die ergriffenen Maßnahmen zu einer Verlangsamung des Infektionsgeschehens führten, konnte der Schulbetrieb im Zeitraum zwischen Oster- und Sommerferien schrittweise wiederaufgenommen werden (Jungblut, 2020). Zur Einhaltung der Hygienepläne¹ mussten allerdings z. T. Klassen geteilt und der Präsenzunterricht auf bestimmte Fächer (v. a. Haupt- und Prüfungsfächer), Wochentage und feste Lerngruppen beschränkt werden (Lorz, 2020b).

Nach den Sommerferien erfolgte aufgrund niedriger Fallzahlen die Rückkehr zum regulären Schulbetrieb, womit u. a. Präsenzunterricht an fünf Tagen wöchentlich für alle Schüler:innen, eine Aufhebung des Abstandsgebots im Klassenraum und die Rückkehr zum gewohnten Klassen- und Kurssystem verbunden waren – wenn auch unter weiterer Einhaltung grundlegender Hygieneregeln. Um aus den Erfahrungen des ersten Lockdowns zu lernen und auf erneuten Distanzunterricht besser vorbereitet zu sein, sollte parallel die Digitalisierung von Lehren und Lernen vorangetrieben werden (KMK, 2020a).

Anfang Oktober war jedoch wieder ein exponentielles Ansteigen der Fallzahlen zu beobachten und die zweite Infektionswelle kündigte sich an. Mitte des Monats überschritt die Zahl der gemeldeten Neuinfektionen innerhalb eines Tages erstmals den bisherigen Höchstwert aus dem Frühjahr und es wurden Überlegungen laut zu Maßnahmen in den Schulen wie „Sollen die Schulen wieder

¹ Aktuelle Fassung des hessischen Hygieneplans: Hessisches Kultusministerium. (2021). *Hygieneplan Corona für die Schulen in Hessen (Stand 11. Februar 2021)*. Hessisches Kultusministerium. https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/hkn/hygieneplan_7.0.pdf, Abrufdatum 29.03.2021

geschlossen werden?“ oder „Sollen die Weihnachtsferien verlängert oder vorgezogen werden?“ (Jungblut, 2020). Anfang November wurde dann aufgrund der zunehmenden Dynamik des Infektionsgeschehens ein Teil-Lockdown angeordnet, woraufhin auch der Schulbetrieb angepasst werden musste (Mitteldeutscher Rundfunk (MDR), 2020). In Hessen erfolgte beispielsweise der Übergang von Stufe 1 (angepasster Regelbetrieb) in Stufe 2 (eingeschränkter Regelbetrieb) der insgesamt vier vom Infektionsgeschehen abhängigen Stufen im Leitfaden für den Schulbetrieb im Schuljahr 2020/21 (Hessisches Kultusministerium (HKM), 2020b, S. 4; Lorz, 2020c). Dies hatte u. a. eine Ausweitung der Maskenpflicht auf den Unterricht ab der Jahrgangsstufe 5, eine Beschulung in konstanten Lerngruppen und eine Aussetzung von Arbeitsgemeinschaften zur Folge (Lorz, 2020c). Schulschließungen sollten jedoch vermieden werden, da sich das Recht auf Bildung im Präsenzunterricht am besten verwirklichen lasse, zumal sich Kinder und jüngere Jugendliche laut Einschätzung des Robert Koch-Instituts (RKI) ohnehin seltener mit COVID-19 infizierten und daher keine Treiber der Pandemie seien (KMK, 2020b; RKI, 2020, S. 2).

Leider zeigten die Maßnahmen des Teil-Lockdowns nicht die gewünschte Wirkung und hinzu kamen beunruhigende Meldungen über die Ausbreitung einer SARS-CoV-2-Mutante mit erhöhter Infektiosität in Großbritannien (MDR, 2020). Daher wurde der Teil-Lockdown zunächst verlängert und Mitte Dezember auf einen erneuten harten Lockdown ausgeweitet, weshalb an den letzten Unterrichtstagen vor den Weihnachtsferien die Schulen geschlossen wurden bzw. die Präsenzpflcht an den Schulen ausgesetzt wurde (Tagesschau, 2020). Einziger Hoffnungsschimmer angesichts der sich verschärfenden Infektionslage war die Zulassung des ersten Corona-Impfstoffs und der Beginn der Impfkampagne am 27. Dezember (MDR, 2020).

Auf Beschluss der KMK vom 4. Januar 2021 sollte die schrittweise Rückkehr der Schüler:innen in den Präsenzunterricht nach den Weihnachtsferien oberste Priorität haben, sobald die Infektionslage eine Lockerung des Lockdowns ermögliche (KMK, 2021a).

Leider konnte der Schulbetrieb nur sehr langsam wiederaufgenommen werden, denn aufgrund der raschen Ausbreitung der britischen SARS-CoV-2-Mutante (mittlerweile: Alpha) einerseits und des schleppenden Starts der Impfkampagne

andererseits schlitterte Deutschland in eine dritte Erkrankungswelle, bevor die zweite Welle vollständig abgeklungen war (Fischer & Schulz, 2021; Norddeutscher Rundfunk (NDR), 2021). Hinzu kam, dass nun auch unter Kindern und Jugendlichen ein rasanter Anstieg der Inzidenzen zu beobachten war (Tageschau, 2021). So dauerte es bis einige Zeit nach den Osterferien, ehe die Lockdown-Maßnahmen und Fortschritte bei der SARS-CoV-2-Impfung Früchte trugen und – in Verbindung mit einer umfangreichen Teststrategie – tatsächlich wieder alle Schüler:innen an die Schulen zurückkehren konnten, wenn auch zunächst nur im Wechselunterricht (KMK, 2021b; Lorz, 2021a; Lorz, 2021b). Insbesondere Schüler:innen ab der 7. Jahrgangsstufe, die weder zu den Abschlussklassen noch den Abiturjahrgängen gehörten, hatten die Schule wohlgemerkt zuletzt vor den vorgezogenen Weihnachtsferien von innen gesehen!

Nachdem Anfang Juni die Impfpriorisierung aufgehoben wurde, können sich nun alle Bürger:innen ab 16 Jahren für eine Impfung registrieren (Bundesregierung, 2021). In der verbleibenden Zeit bis zu den Sommerferien sollen auch Jugendliche im Alter von 12 bis 15 Jahren in die Impfkampagne einbezogen werden – in der Hoffnung, dass dies für das kommende Schuljahr mehr Sicherheit und Normalität zur Folge haben wird (HKM, 2021). Zwar liegt die Zulassung der Europäischen Arzneimittel-Agentur (EMA) vor, die Ständige Impfkommision (STIKO) erteilt jedoch keine allgemeine Impfempfehlung, sondern spricht sich lediglich für eine Indikationsimpfung aus (Committee for Medicinal Products for Human Use, 2021; RKI, 2021, S. 3f.). Indiziert ist die Impfung in dieser Altersgruppe laut Einschätzung der STIKO nur bei chronischen Vorerkrankungen oder beim Zusammenleben mit Personen, die eine hohe Gefährdung für einen schweren COVID-19-Verlauf haben, selbst jedoch nicht geimpft werden können (RKI, 2021, S. 3f.). Die STIKO-Empfehlung ist rechtlich allerdings nicht bindend, weshalb eine Impfung von 12- bis 15-Jährigen ohne Vorerkrankungen „nach ärztlicher Aufklärung und bei individuellem Wunsch und Risikoakzeptanz des Kindes oder Jugendlichen bzw. der Sorgeberechtigten“ möglich ist (RKI, 2021, S. 4). Die Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin (DEGAM) äußerte sich bereits im Vorfeld kritisch zu einem solchen Hinwegsetzen über die Entscheidung der STIKO und sprach sich für eine Besinnung auf die etablierte Praxis aus, der STIKO-Empfehlung zu vertrauen (DEGAM, 2021).

Digitalisierungsschub an Schulen durch die Corona-Pandemie?

Aus obiger Schilderung der Auswirkungen der Corona-Pandemie auf den Verlauf der Schuljahre 2019/20 und 2020/21 geht hervor, dass sowohl Lehrer:innen als auch Schüler:innen und Eltern seit dem Frühjahr 2020 mit einer neuartigen und außergewöhnlichen Situation konfrontiert sind. Durch die Schulschließungen im Rahmen der Lockdown-Maßnahmen sowie durch Quarantänemaßnahmen in Phasen des Präsenzunterrichts müssen sich alle Beteiligten wiederholt mit digitalem Lernen und Distanzunterricht auseinandersetzen. Im Folgenden soll aufgezeigt werden, welche Auswirkungen die oben beschriebenen Entwicklungen seit Beginn der Corona-Pandemie auf die Digitalisierung an Schulen hatten.

Im Mai 2019 wurde der DigitalPakt Schule von Bund und Ländern beschlossen. Er besagt, dass den Ländern und Gemeinden vom Bund über einen Zeitraum von fünf Jahren insgesamt 5 Milliarden Euro zur Verfügung gestellt werden sollen, um die Digitalisierung an den Schulen voranzutreiben und die Schulen so zukunftsfähig zu machen. Ziel ist es, „lernförderliche und belastbare, interoperable digitale technische Infrastrukturen sowie Lehr-Lern-Infrastrukturen zu etablieren sowie vorhandene Strukturen zu optimieren“ (Karliczek et al., 2019, § 2). Zu den förderfähigen Investitionen zählen u. a. der Aufbau und die Weiterentwicklung von Lernplattformen, aber auch die Einrichtung schulischen WLANs oder die Beschaffung schulgebundener mobiler Endgeräte (Karliczek et al., 2019, § 3).

Zu diesem Zeitpunkt konnte natürlich noch niemand ahnen, dass der Digitalisierungsstand und -fortschritt der Schulen zehn Monate später durch die Corona-Pandemie und die damit einhergehenden Schulschließungen auf den Prüfstand gestellt werden würden.

Um die Erfahrungen im Fernunterricht zu erfassen und daraus Ansatzpunkte für Verbesserungsmöglichkeiten abzuleiten, wurden während der Schulschließungen und des Distanzunterrichts im ersten Lockdown mehrere Umfragen durchgeführt. Im Folgenden möchte ich auf die Ergebnisse von zwei großen Umfragen eingehen:

- das Deutsche Schulbarometer (2.-8.4.2020), das von der forsa Politik- und Sozialforschung GmbH im Auftrag der Robert Bosch Stiftung durchgeführt wurde und an dem 1.031 Lehrer:innen an allgemeinbildenden Schulen (repräsentative Stichprobe) teilgenommen haben (forsa, 2020a),
und
- das Schul-Barometer in Deutschland, Österreich und der Schweiz (23.3.-6.4.2020), an dem insgesamt 7.100 Personen teilgenommen haben, darunter Schulleitungen, Lehrer:innen, Eltern und Schüler:innen (Huber et al., 2020).

Was die Schulschließungen im ersten Lockdown aufzeigen, sind nicht zuletzt die Versäumnisse der vorherigen Jahre. Laut Deutschem Schulbarometer gaben beispielsweise zwei Drittel der befragten Lehrpersonen an, dass ihre Schule im Hinblick auf die Ausstattung mit digitalen Medien und technischen Voraussetzungen weniger gut oder gar schlecht auf den Fernunterricht vorbereitet war (forsa, 2020a, S. 4). Das Schul-Barometer in Deutschland, Österreich und der Schweiz bestätigte diese teils schwierigen Voraussetzungen und zeigte überdies auf, dass die technische Ausstattung in Deutschland im Vergleich zu den beiden Nachbarländern unterdurchschnittlich war (Huber et al., 2020, S. 36). Auch, was die Kompetenz von Lehrer:innen für den Einsatz digitaler Lehr-Lern-Formen angeht, schnitten deutsche Lehrer:innen sowohl in der Selbst- als auch in der Fremdeinschätzung durch Eltern und Schüler:innen schlechter ab als die Kolleg:innen in Österreich und der Schweiz (Huber et al., 2020, S. 36). Beim Deutschen Schulbarometer gaben in diesem Zusammenhang 69 % der befragten Lehrer:innen an, dass sie bei der eigenen Kompetenz im Umgang mit digitalen Lernformaten Verbesserungsbedarf sehen (forsa, 2020a, S. 22). So ist es nicht verwunderlich, dass das Erstellen und die Vermittlung digitaler Unterrichtsinhalte zu den Herausforderungen im Fernunterricht zählen, die am zweithäufigsten genannt wurden. Nur die Herausforderung, die die mangelnde digitale Ausstattung der Schüler:innen darstellt, wurde von den befragten Lehrer:innen noch öfter genannt (forsa, 2020a, S. 3).

Auf die Frage, welche Aufgaben- und Unterrichtsformate sie während der Schulschließungen eingesetzt haben, nannten 84 % der befragten Lehrer:innen das

Arbeitsblatt. Alle übrigen Formate wurden von weniger als der Hälfte der Befragten eingesetzt: Erklärvideos verwendeten zumindest noch 39 % der Lehrer:innen, gefolgt von Präsentationen (17 %) und Videokonferenzen (14 %). Alle weiteren Formate wurden von weniger als 10 % der befragten Lehrkräfte genutzt (forsa, 2020a, S. 16). Wer diese Fokussierung auf das altbewährte Arbeitsblatt einzig und allein auf eine Fortschrittsverweigerung der Lehrer:innen oder deren unzureichende Kompetenz im Umgang mit digitalen Medien zurückführt, tut ihnen jedoch Unrecht. Häufig spielen beispielsweise auch Unsicherheiten und Überforderung angesichts datenschutzrechtlicher Fragen und bürokratischer Hürden eine Rolle (Lichtenberg, 2021).

Als Reaktion auf diese zum Teil ernüchternden Erfahrungen im ersten Lockdown wurde der DigitalPakt Schule zunächst um zwei Zusatzvereinbarungen erweitert. Durch die erste Zusatzvereinbarung wurden zusätzliche 500 Millionen Euro Bundesmittel für ein Sofortausstattungsprogramm bereitgestellt (Karliczek et al., 2020a, § 1). Diese Finanzhilfe sollte dazu aufgewendet werden, zügig schulgebundene mobile Endgeräte (Laptops, Notebooks und Tablets) für Schüler:innen anzuschaffen, die Ausstattung der Schulen mit Hard- und Software für die Erstellung von Online-Lehrmaterial zu fördern sowie erforderliche Schulungen der Lehrer:innen zu ermöglichen (Karliczek et al., 2020a, §§ 2, 3). Darüber hinaus wurden weitere 500 Millionen Euro zur Ausbildung und Finanzierung von IT-Administrator:innen für die Schulen bewilligt (Karliczek et al., 2020b, §§ 1, 2).

Wichtig zu betonen ist jedoch, dass die Umfragen anlässlich der Schulschließungen im ersten Lockdown nicht nur Missstände und Versäumnisse aufdeckten, sondern auch Grund zur Hoffnung gaben: Knapp 60 % der befragten Lehrer:innen stellten fest, dass die Erfahrungen im ersten Lockdown bereits zum Befragungszeitpunkt ein Katalysator für den weiteren Digitalisierungsprozess an der eigenen Schule gewesen seien. Etwa die Hälfte der Befragten äußerte zudem den Vorsatz, in Zukunft digitale Lernformate in den eigenen Unterricht zu integrieren (forsa, 2020a, S. 23). Auch die Befragung von Mitgliedern der Schulleitung und -verwaltung ergab, dass die erforderliche Umstellung auf digitales Lernen zur Folge hatte, dass die Lehrer:innen sich mit Mut und Engagement in die aktive Auseinandersetzung mit digitalen Lehr-Lern-Formaten begeben hätten (Huber et al., 2020, S. 25). Unter diesem Blickwinkel ist die Corona-Pandemie also

nicht nur eine Herausforderung für das Schulsystem, sondern eben auch eine Chance. Und auch unter den Schüler:innen gab bereits während des ersten Lockdowns etwa ein Viertel der Befragten an, während der Schulschließungen mehr zu lernen als im normalen Unterricht (Huber et al., 2020, S. 49). Als Vorteil des Distanzlernens wurde von den Schüler:innen beispielsweise die Möglichkeit zu selbstständigem und selbstverantwortlichem Lernen genannt, welche mit einer Verstärkung der intrinsischen Motivation einherging. Zudem würden das eigene Lerntempo sowie individuelle Lernweisen und -methoden stärkere Berücksichtigung finden als im regulären Unterricht (Huber et al., 2020, S. 49f.).

Kurz vor dem zweiten Lockdown zum Jahresende 2020 wurde vom 9. bis 15. Dezember dann eine Folgebefragung zum Deutschen Schulbarometer durchgeführt, an der 1.015 Lehrer:innen an allgemeinbildenden Schulen teilnahmen (forsa, 2020b). Damit sollte u. a. in einem längsschnittlichen Vergleich herausgefunden werden, welche Fortschritte in diesen gut acht Monaten zwischen den beiden Befragungen im Bereich der Digitalisierung der Schulen eingetreten sind. Die Umfrage ergab, dass die Bereitschaft der Lehrer:innen zum Einsatz digitaler Lernformate im Fernunterricht nach wie vor hoch war – weniger als ein Viertel der Befragten sahen hier noch Verbesserungsbedarf (forsa, 2020b, S. 19). Auch die Vielfalt der Einsatzgebiete hatte zwischen den beiden Befragungen zugenommen. So ergab die Folgebefragung, dass – obwohl seit den Sommerferien ja größtenteils Präsenzunterricht stattgefunden hatte – digitale Möglichkeiten nun deutlich häufiger für den Einsatz von Erklärvideos, Lernapps oder Videokonferenzen, die Kommunikation mit Schüler:innen und Kolleg:innen sowie die Bereitstellung von Materialien eingesetzt wurden als vor der Corona-Krise (forsa, 2020b, S. 41f.).

Allerdings ergab die Umfrage einen nach wie vor erheblichen Verbesserungsbedarf hinsichtlich der technischen Ausstattung der Schüler:innen (80 %) sowie der Lehrer:innen und Schulen (jeweils 58 %) (forsa, 2020b, S. 19). 61 % der Befragten beurteilten die Vorbereitung ihrer Schulen auf den Fernunterricht als weniger gut oder sogar schlecht, was die Ausstattung mit digitalen Medien und die technischen Voraussetzungen angeht (forsa, 2020b, S. 17). Dies sind nur 5 % weniger als bei der ersten Befragung mehr als acht Monate zuvor, wobei diese Verbesserung einzig die weniger gut vorbereiteten Schulen betrifft –

der Prozentsatz der schlecht vorbereiteten Schulen beträgt in beiden Umfragen 29 % (forsa, 2020b, S. 17). Zumindest gaben aber 78 % der im Rahmen der zweiten Umfrage befragten Lehrer:innen an, dass ihre Schule über eine digitale Lern- und Arbeitsplattform verfügt, über die mit den Schüler:innen kommuniziert werden kann sowie Aufgaben gestellt und bewertet werden können (forsa, 2020b, S. 21).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Lehrer:innen Motivation und Engagement in der Auseinandersetzung mit und beim Einsatz von digitalen Medien und Lernformaten zeigen und sich dabei innerhalb des Kollegiums unterstützen und austauschen, wobei sie sich durchaus eingestehen, dass es auch in diesem Bereich noch Verbesserungsbedarf gibt (forsa, 2020b) – insgesamt also durchaus eine Grundlage, auf der sich zukünftig aufbauen lässt.

Dagegen hat sich im Hinblick auf die technische Ausstattung von Schulen, Schüler:innen und Lehrkräften für den Fernunterricht in dem Zeitraum zwischen den Befragungen zu wenig getan, woraus hervorgeht, dass die Zusatzvereinbarungen des DigitalPakts Schule zwar gut gemeint waren, aber (noch) nicht zu der erwünschten Verbesserung geführt haben. Dies hängt nicht zuletzt damit zusammen, dass angesichts der Entspannung der Infektionslage in den Sommermonaten der Wunsch nach Normalität in den Vordergrund rückte und die Vorbereitung auf erneute Schulschließungen und die Schaffung technischer Voraussetzungen für den Fernunterricht vernachlässigt wurden (Richter, 2021). Bis zum Jahresende 2020 wurden aber zumindest 376 der 500 Millionen Euro aus dem Sofortausstattungsprogramm für Schüler:innen abgerufen (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2021). Zudem brachten Bund und Länder Anfang 2021 eine dritte Zusatzvereinbarung zum DigitalPakt Schule auf den Weg, so dass weitere 500 Millionen Euro zur Verfügung standen, um auch für Lehrer:innen zügig schulgebundene mobile Endgeräte anzuschaffen (Karliczek et al., 2021, § 3).

Eine wichtige Frage im Hinblick auf die Digitalisierung der Schulen ist, was passiert, sobald im Unterricht wirklich wieder „Normalität“ einkehrt. Expert:innen befürchten, dass viele Lehrer:innen dann wieder zu den altbewährten Unterrichtsformen zurückkehren werden, weil sie sich damit schlichtweg sicherer fühlen als mit den digitalen Formaten, die sie sich „aus der Not heraus“ angeeignet

haben. Damit der Digitalisierungsschub sich nachhaltig auf den zukünftigen Unterricht auswirkt, raten Expert:innen daher zu einer breiten, verpflichtenden und längst überfälligen (!) Fortbildungsoffensive, die dazu beiträgt, dass die Lehrkräfte fundiertes Wissen und Sicherheit im Umgang mit digitalen Lehr-Lernformaten erwerben. Auf diese Weise kann ein Bewusstseinswandel herbeigeführt werden, der ermöglicht, dass die Errungenschaften aus dem Distanzunterricht auch über die Corona-Krise hinaus Eingang in den Unterricht finden (Knopf, 2020). Darüber hinaus sollten Erfahrungen der Lehrer:innen und Schüler:innen aus der Zeit des Distanzunterrichts aufgearbeitet und genutzt werden, um die weitere Schulentwicklung darauf abzustimmen (Schratz, 2020).

Das Experiment im Chemieunterricht

Ausgangspunkt dieser Arbeit war die Frage, wie sich das Experiment im Chemieunterricht in Zeiten der Corona-Pandemie angesichts der zuvor geschilderten Einschränkungen des regulären Schulunterrichts „retten“ lässt und wie die sich aus diesen Überlegungen ergebenden Alternativen auch in Zukunft den Chemieunterricht bereichern können. In diesem Zusammenhang soll außerdem dargestellt werden, inwiefern der Digitalisierungsschub dabei von Nutzen sein kann.

Doch um zu verstehen, weshalb das Streichen chemischer Experimente in Zeiten des Distanzunterrichts oder aber aufgrund der Knappheit von Zeit, Chemikalien oder Materialien im Präsenzunterricht keine Option sein darf und daher Überlegungen zu Alternativen angebracht sind, muss zuerst die Bedeutung des Experiments im Chemieunterricht herausgearbeitet werden. Dazu wird im Folgenden ein Einblick in die vielfältigen unterrichtlichen Funktionen und Ausführungsformen des Experiments gegeben. Außerdem wird dargestellt, welchen Anforderungen ein im Unterricht eingesetztes Experiment genügen sollte.

Funktionen des Experiments

Die im Folgenden vorgestellten Funktionen des Experiments im Chemieunterricht werden in der fachdidaktischen Literatur auch als didaktischer Ort des Experiments bezeichnet (Sommer et al., 2018, S. 467). Während einige der Funktionen ihren Ursprung in der Fachwissenschaft Chemie haben und auf den Schulunterricht übertragen werden, sind andere Funktionen spezifisch für die Schulchemie und verfügen daher nicht über eine fachwissenschaftliche Entsprechung (Barke et al., 2018, S. 204f.).

Das Einstiegsexperiment

Das Einstiegsexperiment wird je nach Autor:in auch als Einführungsexperiment oder Problemexperiment bezeichnet, ist spezifisch für die Schulchemie und wird typischerweise zu Beginn einer Unterrichtsstunde von der Lehrperson durchgeführt (Barke et al., 2018, S. 205; Spieß, 2008; Sommer et al., 2018, S. 467). Außerdem sollte es einen möglichst geringen Zeit- und Materialaufwand haben und – was besonders wichtig ist – einen überraschenden Effekt zeigen. Denn Letzteres sorgt bei den Schüler:innen für die Entstehung eines kognitiven Konflikts

zwischen Erwartung und bisherigen Erfahrungen einerseits und beobachtetem Ergebnis andererseits (Sommer et al., 2018, S. 467). Auf diese Weise können sachbezogene Motivation und Interesse bei den Schüler:innen geweckt, eine Fragestellung hervorgerufen und ein Unterrichtsgespräch angeregt werden (Barke et al., S. 205; Sommer et al., 2018, S. 467).

Das Experiment als Teil der Problemlösestrategie

Wird das Experiment als Teil der Problemlösestrategie durchgeführt, dient es der Überprüfung von Hypothesen – d. h. wissenschaftlich begründeten Vermutungen (Sommer et al., 2018, S. 72+468).

Im Gegensatz zum Einstiegsexperiment hat diese Funktion des Experiments ihren Ursprung in der Fachwissenschaft (Barke et al., 2018, S. 194). Die Chemie ist – ebenso wie alle anderen Naturwissenschaften – eine empirische Wissenschaft, d. h. Wissen wird aus der Erfahrung und der Beobachtung gewonnen (Sommer et al., 2018, S. 70f.). Daher trägt das Experiment – aufgefasst als „ein planmäßig ausgelöster und durchgeführter Vorgang zum Zweck der Beobachtung“ (Sommer et al., 2018, S. 71) – wesentlich zur Erkenntnisgewinnung in der Chemie bei, steht dabei jedoch nicht für sich allein, sondern ist eingebettet in den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg, dessen Schrittfolge in Abbildung 1 idealisiert dargestellt ist und dessen Zentrum die Entwicklung von Hypothesen und deren Überprüfung im Experiment bilden (Sommer et al., 2018, S. 71).

Dass der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg und mit ihm das Instrument des chemischen Experiments nicht nur in der Fachwissenschaft, sondern auch in der Schule zentral sind, wird bei der Betrachtung der Bildungsstandards für das Fach Chemie deutlich. So bildet die Erkenntnisgewinnung einen der vier Kompetenzbereiche im Fach Chemie und zieht sich somit durch die gesamte schulische Chemielaufbahn. Es sollte daher ein Anliegen des Chemieunterrichts sein, den Lernenden einen Einblick in den Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zu geben und zu veranschaulichen, wie Experiment und Erkenntnis ineinandergreifen (Sommer et al., 2018, S. 155). Konkret soll der Chemieunterricht die Schüler:innen dazu befähigen, experimentelle und andere

Untersuchungsmethoden sowie Modelle zur Erkenntnisgewinnung zu nutzen (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2004, S. 7; Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2020, S. 15). Auf diese Weise schlüpfen die Schüler:innen gewissermaßen in die Rolle von Forscher:innen (Sommer et al., 2018, S. 468).

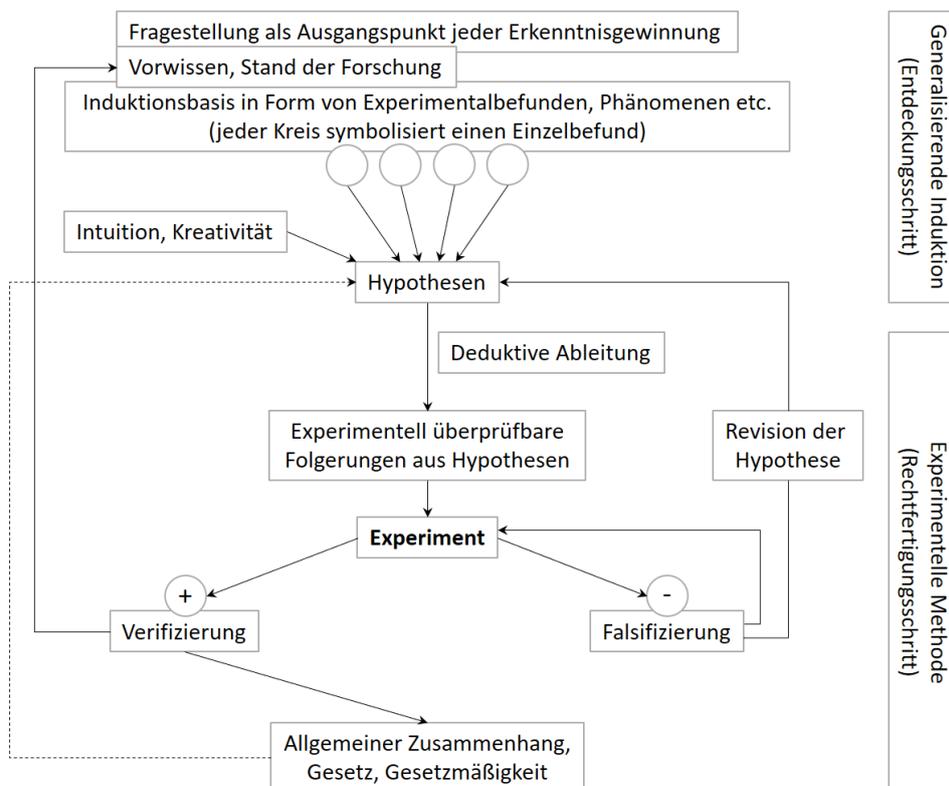


Abbildung 1: Wege der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung
Quelle: In Anlehnung an Sommer et al., 2018, S. 72

Jedoch kann der Chemieunterricht den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg nicht in seiner ganzen Komplexität abbilden, er muss daher didaktisch reduziert und rekonstruiert werden (Sommer et al., 2018, S. 155). Abbildung 2 zeigt eine typische Abfolge der wichtigsten Phasen im Chemieunterricht.

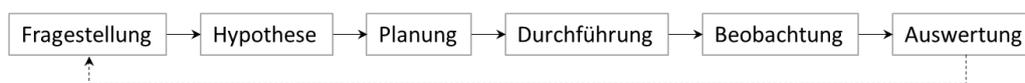


Abbildung 2: Didaktisch reduzierte Form des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs
Quelle: Eigene Darstellung

Ausgehend von einer Fragestellung werden Hypothesen generiert, die experimentell überprüft werden sollen. Das Experiment selbst umfasst dann die Phasen der Planung, Durchführung, Beobachtung und Auswertung (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2020, S. 15; Sommer et al., 2018, S. 156). Der gestrichelte Pfeil in Abbildung 2 deutet an, dass am Ende zur Fragestellung zurückgekehrt werden sollte – entweder, um diese zu beantworten, oder, um den Erkenntnisweg erneut zu durchlaufen, weil die Hypothese falsifiziert werden musste oder die Fragestellung nicht beantwortet werden konnte (Sommer et al., 2018, S. 155f.).

Die Gefahr dieser didaktischen Reduktion ist, dass im Unterricht schnell der Eindruck entstehen kann, Erkenntnisse ließen sich einfach, geradlinig und stets induktiv gewinnen. Hinzu kommt, dass im Schulunterricht häufig aus Einzelbeobachtungen allgemeine Erkenntnisse abgeleitet werden, weil bspw. die Ressourcen (Zeit, Chemikalien und/oder Materialien) zur Durchführung mehrerer Experimente fehlen. Dies kann falsche Vorstellungen von naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung hervorrufen und sollte daher nicht die Regel sein (Sommer et al., 2018, S. 83). Ein weiteres Problem ist, dass die im Unterricht durchgeführten Experimente fast ausschließlich der Bestätigung einer Hypothese dienen, weshalb Experimente als Teil der Problemlösestrategie mitunter als Bestätigungsexperimente bezeichnet werden (Spieß, 2008). Damit der im Unterricht vermittelte Einblick in den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess realistisch ist, sollten unbedingt auch Experimente durchgeführt werden, die zur Falsifizierung von Hypothesen führen (Sommer et al., 2018, S. 468).

Des Weiteren ist anzumerken, dass der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung für den Chemieunterricht zwar äußerst bedeutsam ist, der Chemieunterricht aber keineswegs neues Fachwissen generieren kann und soll. In aller Regel sind bereits optimierte Versuchsanleitungen vorhanden und die Lehrer:innen kennen die Ergebnisse des Experiments bereits im Vorfeld (Sommer et al., 2018, S. 78+463). Gleiches gilt, wenn den Schüler:innen die Planung eines Experiments überlassen wird, während die Lehrperson im Grunde schon weiß, wie das Experiment letztendlich aussehen wird. Entscheidend ist jedoch, dass das Wissen, das durch den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg und die innerhalb dessen durchgeführten Experimente hervorgebracht wird, für die Schüler:innen subjektiv neu ist (Sommer et al., 2018, S. 463).

Das Erarbeitungsexperiment

Erarbeitungsexperimente werden eingesetzt, um einen unbekanntem Sachverhalt systematisch zu untersuchen (Sommer et al., 2018, S. 469). Zwar wird hierbei – wie bei Experimenten als Teil des Problemlöseprozesses auch – neues Wissen erworben, aber es geht nicht um die Beantwortung einer Problemfrage und die Überprüfung von Hypothesen, sondern um eine typischerweise lehrer:innen-zentrierte Erarbeitung neuer Fachinhalte, die durch Experimente begleitet und unterstützt wird. Häufig wird dabei induktiv vorgegangen, d. h. von Einzelbeobachtungen auf allgemeine Zusammenhänge geschlossen (Sommer et al., 2018, S. 469). Reiners (2018) nennt als Beispiel für solch eine generalisierende Induktion die Umsetzung verschiedener Metalle und Nichtmetalle zur Einführung des Salzbegriffs (S. 105).

Die Methode der generalisierenden Induktion ist auch in der Fachwissenschaft Chemie von Bedeutung. Auf Grundlage einzelner Experimentalbefunde können Hypothesen generiert und in weiteren Experimenten überprüft werden, um einen vermuteten Zusammenhang zu untersuchen und die Beobachtungen anschließend verallgemeinern zu können (vgl. Abbildung 1) (Sommer et al., 2018, S. 73f.).

Das Wiederholungsexperiment

Wiederholungs- oder Übungsexperimente sind Experimente, die den Schüler:innen vom grundsätzlichen Ablauf bekannt sind. Sie werden vor allem zur Anwendung und Vertiefung bereits bekannter Inhalte, aber auch zur Verbesserung der experimentellen Fertigkeiten der Schüler:innen eingesetzt. Insgesamt spielt diese Funktion des Experiments jedoch allein schon aus Zeitgründen eine eher untergeordnete Rolle im Chemieunterricht (Sommer et al., 2018, S. 496).

Das Experiment zur Leistungskontrolle

Der Chemieunterricht bietet die Möglichkeit, nicht nur das theoretische Verständnis der Unterrichtsinhalte zu überprüfen und bewerten, sondern auch die praktische Leistung in die Bewertung einfließen zu lassen. In diesem Kontext können Experimente zur Leistungskontrolle herangezogen werden.

Bewertungskriterien können dabei die Planung, Durchführung und Auswertung des Experiments sowie die Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten sein (Sommer et al., 2018, S. 270). Im Chemieunterricht werden Experimente de facto nur sehr selten zur Leistungskontrolle eingesetzt, denn es ist ein zeitintensives Unterfangen und für eine gerechte Bewertung müssen die Schüler:innen über genug Erfahrung im selbstständigen Experimentieren sowie mit der im konkreten Fall erforderlichen Arbeitstechnik verfügen. Außerdem muss eine Einzelbeobachtung durch die Lehrperson beim Experimentieren möglich sein (Spieß, 2008). Um Letzteres zu gewährleisten, schlagen Sommer et al. (2018) vor, eine Stationsarbeit mit nur einer Experimentierstation durchzuführen (S. 470).

In Niedersachsen haben Schüler:innen mit Chemieunterricht auf erhöhtem Anforderungsniveau seit 2013 sogar die Möglichkeit, in den schriftlichen Abiturprüfungen eine Aufgabe mit experimentellem Aufgabenteil zu wählen, der ein Fünftel der Gesamtaufgabe ausmacht (Niedersächsisches Kultusministerium, 2014).

Der Wunderversuch

Wunderversuche sind Experimente, „die für den Betrachter bei seinem momentan vorhandenen Wissen völlig unerklärliche Phänomene zeigen“ (Sommer et al., 2018, S. 470). Sie werden aufgrund des Showeffekts häufig bei Schulfesten oder dem Tag der offenen Tür sowie in Vertretungsstunden eingesetzt. Vom Einsatz im Chemieunterricht zur Unterhaltung oder Motivierung der Schüler:innen wird allerdings ausdrücklich abgeraten, sofern der auftretende Effekt nicht anschließend erklärt wird. Andernfalls drohen falsche Erwartungen und Vorstellungen von Experimenten in der Chemie (Sommer et al., 2018, S. 470).

Weitere Funktionen des Experiments

Barke et al. (2018) unterscheiden noch zwei weitere Funktionen des Experiments, welche ihren Ursprung in der Fachwissenschaft Chemie haben, nämlich den Einsatz von Experimenten zur Gewinnung von Daten sowie zur Synthese neuer Substanzen (Barke et al., 2018, S. 196+198).

Unter Experimenten zur Gewinnung von Daten verstehen die Autoren Experimente, die durchgeführt werden, um Substanzen und deren Eigenschaften oder

chemische Prozesse durch Messung von geeigneten Stoffeigenschaften und anderen Kenngrößen zu beschreiben und zu charakterisieren (Barke et al., 2018, S. 196f.). Im Grunde geht es dabei also vor allem um Fragen der analytischen Chemie. Dass diese Funktion des Experiments auch im schulischen Chemieunterricht eine Rolle spielt, geht aus den Bildungsstandards hervor. So soll innerhalb des Inhaltsbereiches „Arbeitsweisen“ eine Auseinandersetzung der Schüler:innen mit verschiedenen analytischen Verfahren erfolgen (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2020, S. 22). Im Chemieunterricht der Sekundarstufe I (Sek I) in Hessen lernen die Schüler:innen beispielsweise, Stoffe durch Untersuchung und Messung ihrer Stoffeigenschaften sowie durch Nachweisverfahren zu identifizieren (HKM, n. d., S. 22f.). Im Kerncurriculum gymnasiale Oberstufe (KCGO) des Landes Hessen für das Fach Chemie findet dieser Aspekt insbesondere im Wahlthema „Q4.5 Physikalische Methoden der Strukturaufklärung“ seinen Niederschlag, aber auch beim Kennenlernen der Titrimetrie als Verfahren der quantitativen Analyse (HKM, 2016, S. 38+42).

Wie bereits erwähnt, können Experimente außerdem der gezielten Herstellung von Substanzen dienen (Barke et al., 2018, S. 198). Während diese Funktion des Experiments in der chemischen Industrie selbstverständlich außerordentlich bedeutsam ist, wenn es um die Synthese von Medikamenten oder verschiedensten Werkstoffen geht, spielt sie im Chemieunterricht eine untergeordnete Rolle. Letzteres ist insofern naheliegend, als es im Unterricht ja nicht darum gehen kann, neuartige Verbindungen zu synthetisieren. Schließlich beruhen Experimente im Chemieunterricht in aller Regel auf bereits optimierten Versuchsanleitungen und ihr Ergebnis ist zumindest den Lehrer:innen schon im Vorfeld bekannt (Sommer et al., 2018, S. 78+463). Nichtsdestoweniger ist das Thema Synthese für den Chemieunterricht relevant. In der Sek I wird bei der Einführung der chemischen Reaktion der Unterschied zwischen der Synthese von Verbindungen aus den Elementen und der Zerlegung von Verbindungen in Elemente (Analyse) erarbeitet und daraus die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen abgeleitet (z. B. Asselborn et al., 2010, S. 100). Auch in der Sekundarstufe II (Sek II) ist das Thema der Synthese als Arbeitsweise in der Chemie präsent. So setzen sich die Schüler:innen beispielsweise mit der Estersynthese oder der Synthese verschiedener Kunststoffe auseinander und führen diese experimentell

durch (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2020, S. 22).

Darüber hinaus zählen Barke et al. (2018) noch das Veranschaulichen eines theoretischen Zusammenhangs, das Simulieren technischer Verfahren und das Nachvollziehen historischer Experimente zu den Funktionen des Experiments im Chemieunterricht (S. 208).

Auswahlkriterien für Experimente

Nicht jedes in der Literatur beschriebene Schulexperiment ist auch tatsächlich für den Einsatz im Chemieunterricht geeignet. Aus diesem Grund sollen im folgenden Auswahlkriterien vorgestellt werden, anhand derer ein Experiment auf seine Eignung für den unterrichtlichen Einsatz geprüft werden kann.

Didaktische „Ergiebigkeit“

Barke et al. (2018) verstehen unter der didaktischen Ergiebigkeit eines Schulexperiments, dass der Sachverhalt, der durch das Experiment erarbeitet, demonstriert oder eingeführt werden soll, für die Kompetenzentwicklung der Schüler:innen und ihren Wissenszuwachs auch tatsächlich bedeutsam ist (S. 210). Ein Experiment, das diesem Kriterium nicht genügt, ist a priori für den unterrichtlichen Einsatz ungeeignet.

Angemessenheit an die Altersstufe und das Vorwissen der Lernenden

Dass das Experiment einen für die Chemie bedeutsamen Sachverhalt behandelt, rechtfertigt dessen Durchführung im Unterricht noch nicht. Das Experiment muss außerdem dem Alter der Schüler:innen angemessen sein und an deren Vorwissen anknüpfen (Sommer et al., 2018, S. 465f.). Nur dann kann die Deutung der Ergebnisse und die damit verbundene Erkenntnisgewinnung sinnvoll erfolgen. Alter und Lernstand der Schüler:innen sind allerdings nicht nur im Hinblick auf die Deutung des Experiments relevant, sondern auch im Hinblick auf dessen Durchführung (Sommer et al., S. 466). Sind Alter und Vorerfahrung der Lernenden nicht angemessen für die Komplexität des Versuchsaufbaus und der Durchführung, droht die Gefahr, dass dafür bereits ein Großteil der kognitiven Kapazität aufgewendet werden muss oder die Schüler:innen die einzelnen Schritte der

Versuchsanleitung stur abarbeiten, ohne Einsicht in deren Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit zu erlangen (Sommer et al., 2018, S. 465).

Deutliche Effekte

Damit ein Experiment die Schüler:innen überzeugt, sollte es Effekte hervorrufen, die deutlich wahrgenommen werden können. Dies können sowohl optische Effekte, wie z. B. ein Farbumschlag oder das Ausfallen eines Feststoffes, als auch akustische Effekte sein. Treten bei einem Schulexperiment nicht unmittelbar deutliche Effekte auf, so kann die Überzeugungskraft hergestellt werden, indem beispielsweise im Anschluss eine geeignete Nachweisreaktion durchgeführt oder eine Änderung der Eigenschaften aufgezeigt wird (Sommer et al., 2018, S. 646f.).

Arbeitssicherheit und Gefährdungsbeurteilung

Ein weiteres Kriterium, das Berücksichtigung finden muss, wenn die Eignung eines Experiments als Schulexperiment beurteilt werden soll, ist dessen Gefahrenpotential. Dazu müssen im Vorfeld sowohl die von der Art und Menge der verwendeten Chemikalien ausgehende Gefährdung als auch das Sicherheitsrisiko, das der Versuchsaufbau birgt, beurteilt werden (Sommer et al., 2018, S. 466). Auf dieses Thema wird im Kontext der Vorbereitung chemischer Heimexperimente auf S. 42 noch einmal näher eingegangen.

Erfolgreiche Durchführung

Darüber hinaus ist es wichtig, dass im Schulunterricht durchgeführte Experimente mit hoher Wahrscheinlichkeit gelingen, also tatsächlich das gewünschte Ergebnis zeigen. Aus diesem Grund müssen neue Versuchsanleitungen vor dem Einsatz im Unterricht immer ausprobiert werden. Für Berufseinsteiger:innen ist dieses Testen der Experimente und der Austausch mit erfahreneren Kolleg:innen grundsätzlich empfehlenswert, da es durchaus Experimente gibt, deren Zuverlässigkeit durch kleine Tricks gesteigert oder überhaupt erst hergestellt werden kann (Sommer et al., 2018, S. 465).

Zeitlicher Rahmen

Indem ein Experiment im Vorfeld durch die Lehrperson ausprobiert wird, kann außerdem dessen Zeitaufwand (inkl. Vor- und Nachbereitung) realistisch geschätzt werden (Reiners, 2017, S. 108). Auf diese Weise soll vermieden werden, dass die Unterrichtsstunde endet, ehe die Versuchsdurchführung und die Dokumentation der Beobachtungen abgeschlossen sind (Sommer et al., 2018, S. 466).

Räumliche Gegebenheiten und Ausstattung

Letztendlich kann ein Experiment im Chemieunterricht natürlich nur durchgeführt werden, wenn die räumlichen Gegebenheiten und die Ausstattung der Chemieräume dies auch zulassen. Dazu zählt u. a. das Vorhandensein der benötigten Chemikalien und Geräte (Sommer et al., 2018, S. 466).

Di Fuccia (2008) fasst die Situation treffend zusammen: „Eine geeignete Auswahl von Experimenten kann [...] nur im Spannungsfeld zwischen dem zu vermittelnden Fachinhalt, dem (experimentellen wie inhaltlichen) Vorwissen der Schüler sowie nicht zuletzt den organisatorischen Rahmenbedingungen vor Ort geschehen und Ihnen als verantwortliche Lehrkräfte daher nicht abgenommen werden.“

Ausführungsformen des Experiments

Die im Chemieunterricht durchgeführten Experimente können hinsichtlich ihrer Ausführungs- bzw. Organisationsform grob in Schüler:innenexperimente und Demonstrationsexperimente unterteilt werden (Barke et al., 2018, S. 211; Reiners, 2017, S. 109).

Schüler:innenexperimente

Als Schüler:innenexperimente werden Experimente bezeichnet, die die Schüler:innen typischerweise in Kleingruppen, ggf. aber auch einzeln durchführen (Reiners, 2017, S. 109). Sie sind für den Chemieunterricht aus erkenntnistheoretischer, lernpsychologischer, pädagogischer und vor allem fachdidaktischer Perspektive besonders wertvoll (Di Fuccia, 2008).

Die erkenntnistheoretische Bedeutung des Schüler:innenexperiments geht unmittelbar aus der Schlüsselrolle des Experiments innerhalb des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses hervor. Soll der Chemieunterricht den Lernenden einen Einblick in den Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung geben und sie dazu befähigen, experimentelle Untersuchungsmethoden zur Erkenntnisgewinnung zu nutzen – und genau das sieht der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung der Bildungsstandards vor! –, müssen die Schüler:innen natürlich auch die Gelegenheit erhalten, selbst Experimente durchzuführen (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2020, S. 15; Sommer et al., 2018, S. 155).

An das zuvor Beschriebene knüpft unmittelbar ein Aspekt der fachdidaktischen Bedeutung des Schüler:innenexperiments an, denn es bietet die Möglichkeit, alle in den Bildungsstandards festgelegten Kompetenzbereiche des Chemieunterrichts anzusprechen. Wird das Schüler:innenexperiment beispielsweise als Teil des Problemlöseprozesses durchgeführt, so können alle in Abbildung 2 aufgeführten Phasen des Erkenntnisprozesses offensichtlich einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“ leisten. Aber auch zu den übrigen drei Kompetenzbereichen lassen sich Anknüpfungspunkte finden und Lerngelegenheiten bieten. So ist die „Nutzung fachlicher Konzepte“ sowohl bei der Hypothesenbildung als auch der Planung des Experiments und der anschließenden Auswertung von Bedeutung. Darüber hinaus können gezielt die Kompetenzbereiche „Kommunikation“ und/oder „Bewertung“ gefördert werden, wenn es beispielsweise darum geht, ein Experiment zu planen und sich für ein bestimmtes Vorgehen zu entscheiden (Di Fuccia, 2008). Zweifellos kann man einwenden, dass all diese Möglichkeiten zur Förderung der vier Kompetenzbereiche auch bei Demonstrationsexperimenten bestehen. Allerdings ist die Verflechtung von fachlichem Denken und Handeln, die mit Schüler:innenexperimenten einhergeht, besonders bedeutsam für Kompetenzentwicklung der Lernenden (Di Fuccia, 2008) – zumal die einzelnen Schüler:innen beim eigenständigen Experimentieren, das meist in Kleingruppen erfolgt, auch tendenziell stärker gefordert sind als bei einem Demonstrationsexperiment, bei dem der Austausch häufig im Plenum erfolgt.

Hinzu kommen die positiven lernpsychologischen Konsequenzen, die sich aus der mit dem Schüler:innenexperiment verbundenen Selbsttätigkeit der Lernenden ergeben und grundsätzlich für handlungsorientierten Unterricht gelten. Durch die Selbsttätigkeit der Lernenden kann ein subjektives Autonomieerleben hervorgerufen werden, welches sich positiv auf die Lernmotivation und das Interesse der Schüler:innen auswirken und so die Lernbereitschaft der Schüler:innen erhöhen kann. Mindestens ebenso relevant ist der positive Einfluss der Selbsttätigkeit auf die Behaltensleistung und das Verständnis der Schüler:innen, denn situativ erworbenes Wissen kann besser in das individuelle Wissensnetz integriert werden (Di Fuccia, 2008; Sommer et al., 2018, S. 479).

Der pädagogische Wert von Schüler:innenexperimenten liegt vor allem in der Sozialform der Gruppenarbeit, in der Schüler:innenexperimente in aller Regel durchgeführt werden, denn die Arbeit in Kleingruppen trägt zur Weiterentwicklung der Sozialkompetenz der Lernenden bei (Di Fuccia, 2008). Damit das Experimentieren gelingt, müssen die Schüler:innen miteinander kooperieren, sich untereinander verständigen und die Arbeit untereinander aufteilen, sie müssen Verantwortung für die Gruppe über- und Rücksicht aufeinander nehmen, aber auch mit Konflikten oder Meinungsverschiedenheiten umgehen und diese lösen (HKM, n. d., S. 9-11). Zudem fördern Schüler:innenexperimente – unabhängig davon, ob in Gruppen- oder Einzelarbeit durchgeführt – die Weiterentwicklung der Lernkompetenz, denn eigenständiges Experimentieren erfordert nicht zuletzt eine gute Organisation und sinnvolle Zeiteinteilung (HKM, n. d., S. 10f.). Selbstverständlich können die genannten Kompetenzen in jedem Fach gefördert werden – sie gehören schließlich zu den überfachlichen Kompetenzen –, aber der naturwissenschaftliche Unterricht bietet durch die Methode des Experiments zweifellos eine besondere Möglichkeit dazu.

Hinzu kommt, dass Schüler:innenexperimente zum Erwerb bzw. zur systematischen Verbesserung von experimentellen und psychomotorischen Fähigkeiten und Fertigkeiten beitragen (Barke et al., 2018, S. 211; Sommer et al., 2018, S. 480).

Wichtig ist in diesem Zusammenhang zu betonen, dass es bei Schüler:innenexperimenten nicht allein darum geht, dass die Schüler:innen das Experiment selbst durchführen. Damit sich der erkenntnistheoretische und fachdidaktische

Wert der Schüler:innenexperimente voll entfalten kann, sollten die Schüler:innen an geeigneten Stellen auch an der Planung des Experiments beteiligt sein. Dies hat den Vorteil, dass die Lernenden die Versuchsanleitung nicht als Eingabe von außen empfinden, die es in erster Linie „abzuarbeiten“ gilt. Stattdessen nehmen sie die Versuchsanleitung als Produkt eines gemeinsamen Erarbeitungsprozesses wahr und erkennen, warum die einzelnen Schritte überhaupt erforderlich sind und inwiefern das geplante Experiment der Überprüfung der aufgestellten Hypothese(n) dient (Di Fuccia, 2008). Gleichzeitig ist eine eigenständige Versuchsplanung aber nicht bei jedem Schüler:innenexperiment möglich. Welchen Beitrag zur Versuchsplanung die Lernenden leisten können, hängt von ihrem Alter und der Komplexität des Experiments ab (Sommer et al., 2018, S. 480). Darüber hinaus ist es sehr zeitintensiv, wenn Schüler:innen Experimente vollkommen eigenständig planen, weshalb es in der Realität eher eine Ausnahme im Unterricht darstellt. Sollen die Lernenden dennoch dazu angeregt werden, sich Gedanken über die Anleitung und das „Warum?“ der einzelnen Schritte zu machen, können die Versuchsanleitungen beispielsweise mit Lücken versehen werden (Di Fuccia, 2008).

Trotz all der genannten positiven Aspekte von Schüler:innenexperimenten liegt es auf der Hand, dass nicht alle Experimente im Chemieunterricht in dieser Ausführungsform durchgeführt werden können. So sind Schüler:innenexperimente sowohl in der Vorbereitung als auch der Durchführung aufwendiger als Demonstrationsexperimente. Bei der Vorbereitung muss die Lehrperson beispielsweise nicht nur das eigentliche Experiment testen, sondern auch Anleitungen für die Schüler:innen erstellen. Außerdem erfordert die Durchführung eines Schüler:innenexperiments mehr Zeit und erheblich mehr Chemikalien, Materialien und Geräte als das entsprechende Demonstrationsexperiment (Reiners, 2017, S. 110). Neben Zeit-, Chemikalien- oder Materialmangel können auch die unzureichende Experimentiererfahrung der Schüler:innen, und/oder ein besonderes Gefahrenpotential gegen die Durchführung im Schüler:innenexperiment sprechen (Reiners, 2017, S. 109; Sommer et al., 2018, S. 467+469).

Demonstrationsexperimente

Demonstrationsexperimente werden typischerweise von der Lehrperson vorgeführt und anschließend gemeinsam mit den Schüler:innen ausgewertet. Man spricht dann auch von **Lehrer:innendemonstrationsexperimenten** (Barke et al., 2018, S. 211). Sie kommen u. a. bei Einstiegs- oder Erarbeitungsexperimenten zum Einsatz und auch dann, wenn die Durchführung von Schüler:innenexperimenten aus den oben genannten Gründen nicht in Frage kommt (Reiners, 2017, S. 109; Sommer et al., 2018, S. 467+469). Sofern aufgrund von Zeit-, Chemikalien- und/oder Materialmangel auf das Schüler:innenexperiment verzichtet wird, können Demonstrationsexperimente jedoch auch als **Schüler:innendemonstrationsexperimente** von einzelnen Schüler:innen oder Kleingruppen – ggf. mit Unterstützung durch die Lehrperson – durchgeführt werden (Reiners, 2017, S. 109).

Beim Versuchsaufbau von Demonstrationsexperimenten sollten die gestaltpsychologischen Kriterien nach Schmidkunz (1983) berücksichtigt werden, um die Anschaulichkeit und Wahrnehmung des Experiments zu verbessern (Reiners, 2017, S. 110). Außerdem muss bei Demonstrationsexperimenten sichergestellt werden, dass alle Schüler:innen die Durchführung auch tatsächlich beobachten können. Zu diesem Zweck können der Einsatz einer Schwanenhalskamera in Kombination mit einem Beamer oder die Verwendung eines Overheadprojektors empfehlenswert sein (Sommer et al., 2018, S. 476f.).

Alternativen zum klassischen Unterrichtsexperiment

Aus den zuvor geschilderten vielfältigen unterrichtlichen Funktionen des Experiments geht hervor, dass Experimente für den Chemieunterricht überaus bedeutsam sind und daher nicht ersatzlos gestrichen werden können – weder aufgrund von (pandemiebedingtem) Distanzunterricht noch aufgrund von Zeit-, Chemikalien- oder Materialmangel im regulären Präsenzunterricht.

Im Folgenden sollen daher die bereits in der Einleitung genannten Alternativen zum klassischen Unterrichtsexperiment – also chemische Heimexperimente, Videoexperimente und virtuelle Experimente – vorgestellt werden. Dabei soll insbesondere herausgestellt werden, inwiefern sie den Funktionen des Experiments gerecht werden, worin ihr Mehrwert liegt und wie der unterrichtliche Einsatz konkret aussehen kann.

Heimexperimente

Wer kennt es nicht? Im Chemieunterricht soll ein Schüler:innenexperiment durchgeführt werden, die Versuchsanleitungen sind natürlich schon vorbereitet – für die eigenständige Planung reicht die Zeit nun wirklich nicht! – und auch Chemikalien und Geräte stehen bereit. Trotzdem gibt es erst einmal Chaos, ehe auch tatsächlich alle anfangen zu experimentieren. Experiment durchführen, hinterher schnell aufräumen und die Geräte zumindest grob säubern, aber für das Erstellen des Versuchsprotokolls reicht die Zeit dann leider nicht mehr. Die Reaktion der Lehrkraft: „Das macht ihr dann einfach als Hausaufgabe (fertig)!“.

Dass dieses dem Zeitmangel im Unterricht geschuldete Vorgehen tatsächlich typisch für den Chemieunterricht ist, legt eine Erhebung von Corinna Kieren (2008) nahe. Bei etwa einem Viertel der im Chemieunterricht gestellten Hausaufgaben sollen Versuchsprotokolle vervollständigt oder – in extremen Fällen – gar erst angefertigt werden (Kieren, 2008, S. 40) – und das, obwohl eigentlich davon abgeraten wird, die Unterrichtsstunde zu beenden, ehe zumindest die Dokumentation der Beobachtungen abgeschlossen ist (Sommer et al., 2018, S. 466).

Durch die Corona-Pandemie muss diese Abfolge aus Experimentieren im Unterricht und Protokollieren als Hausaufgabe notgedrungen überdacht werden,

denn die Durchführung von Schüler:innenexperimenten im Chemieunterricht ist kaum noch möglich.

Selbst wenn die Lernenden die Schule im Wechsel- oder Präsenzunterricht besuchen, ist das für Schüler:innenexperimente typische Arbeiten in Kleingruppen nur schwer mit den geltenden Infektionsschutz- und Hygieneregeln zu vereinbaren (Lühken, 2020). Daher können entweder nur noch Demonstrationsexperimente gezeigt oder die Schüler:innenexperimente müssen in Einzelarbeit durchgeführt werden. Letzteres ist allerdings mit einem deutlich erhöhten Bedarf an Chemikalien, Materialien und Geräten verbunden. Hinzu kommt ein enormer organisatorischer Aufwand, denn im Grunde muss für jede:n Schüler:in bereits im Vorfeld eine Kiste mit allen erforderlichen Utensilien, insbesondere vorab abgefüllten Chemikalien, zusammengestellt werden, um zu verhindern, dass während der Vorbereitung des Experiments alle Schüler:innen im Fachraum herumlaufen und Chemikalienflaschen untereinander austauschen etc. Der Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) bietet allerdings an, dass Fördergelder aus einer bestehenden Unterrichtsförderung umgewidmet werden können, um davon Gegenstände für Einzelexperimente oder zusätzlich benötigte Schutzausrüstung erwerben zu können (Störmer-Häußler, 2020).

Den Schüler:innen im Distanzunterricht bleibt aber auch diese Möglichkeit zur Durchführung von Schüler:innenexperimenten verwehrt. Sofern ihnen die mit dem selbsttätigen Experimentieren verbundenen Vorteile nicht gänzlich vorenthalten werden sollen, stellen chemische Heimexperimente – also Experimente, die Schüler:innen unter Verwendung von Alltagsstoffen zuhause durchführen – die einzig verbleibende Alternative zum unterrichtlichen Schüler:innenexperiment dar (Wlotzka, 2020, S. 2). Aus diesem Grund kann beim VCI eine Sonderförderung zur Beschaffung von Gegenständen für Experimente im häuslichen Umfeld beantragt werden (Wessel & Romanowski, 2020).

Die Idee von chemischen Heimexperimenten existiert aber keinesfalls erst seit der Corona-Pandemie. Michael Kratz hat bereits in den 90er Jahren experimentelle Hausaufgaben – also Heimexperimente, die die Schüler:innen im Rahmen einer Hausaufgabe durchführen – für die naturwissenschaftlichen Fächer Physik,

Chemie und Biologie ausgearbeitet.² Seitdem liegen einige Veröffentlichungen zu diesem Thema vor, darunter wissenschaftliche Hausarbeiten, Dissertationen, Bücher und Artikel in Fachzeitschriften, und es wurden auch mehrere Projekte mit chemischen Heimexperimenten durchgeführt.³ Die Befunde aus Corinna Kierens Dissertation deuten jedoch darauf hin, dass experimentelle Hausaufgaben zumindest bis 2008 noch nicht in die Unterrichtspraxis vorgedrungen waren, denn in ihrer Erhebung zu den Arten von Hausaufgaben konnten keinerlei experimentelle Aufgabenstellungen beobachtet werden (Kieren, 2008, S. 40). Dabei spielen gewiss nicht zuletzt Unsicherheiten der Lehrkräfte im Hinblick auf Sicherheits- und Versicherungsfragen bei Heimexperimenten eine Rolle. Ab S. 36 werde ich daher noch einmal ausführlich auf die rechtlichen Grundlagen eingehen.

Im Folgenden soll nun aber erst einmal dargestellt werden, warum und zu welchen Anlässen der Einsatz chemischer Heimexperimente – unabhängig von Distanzunterricht – attraktiv und lohnenswert ist und welchen Anforderungen chemische Heimexperimente genügen müssen.

Gründe für den Einsatz von Heimexperimenten

Wie bereits mehrfach erwähnt, herrscht in der Schule und somit auch im Chemieunterricht oft und spürbar Zeitdruck. Auch bei Schüler:innenexperimenten ist es daher keine Seltenheit, dass die Lehrkraft mit einem Auge stets die Uhr im Blick behält und die Schüler:innen dazu antreibt, langsam zum Ende zu kommen, denn schließlich muss ja auch noch aufgeräumt und sauber gemacht werden. Der Zeitmangel trägt außerdem dazu bei, dass die Vorgaben bei Schüler:innenexperimenten häufig relativ eng gesteckt werden, denn weniger Spielraum macht die Durchführung von Experimenten natürlich effizienter. Dies ist allerdings ungünstig für eine vertiefte Auseinandersetzung mit chemischen Sachinhalten und Methoden und wird von Schüler:innen durchaus kritisiert (de Vries et al., 2006, S. 175). Beim heimischen Experimentieren hingegen sind die Schüler:innen frei in ihrer Zeiteinteilung und somit frei von Zeitdruck. Hinzu kommt,

² Für Chemie siehe Kratz (1995)

³ Siehe bspw. de Vries et al. (2006), Efing et al. (2015), Heinrich (2006), Kieren (2008), Konen (2011), Nicolai (2005), Sgoff & Bader (1996)

dass bei der Durchführung von Heimexperimenten eine vergleichsweise ruhige und ungestörte Lern- und Arbeitsumgebung vorherrscht. Es ist also nicht überraschend, dass Lernende die äußeren Rahmenbedingungen beim heimischen Experimentieren nachweislich als positiv empfinden und zu schätzen wissen (de Vries et al., 2006, S. 175; Heinrich, 2006, S. 28).

Darüber hinaus verlangt die Durchführung von Heimexperimenten den Lernenden ein höheres Maß an Selbstständigkeit ab. Bei Schüler:innenexperimenten im Unterricht übernimmt die Lehrkraft in aller Regel die Vorbereitung, so dass die benötigten Chemikalien, Materialien und Geräte bereits zur Verfügung stehen. Auch der räumliche und zeitliche Rahmen unterrichtlichen Experimentierens ist stets klar umrissen. Bei Heimexperimenten hingegen obliegt sowohl die zeitliche und räumliche Planung der Experimente als auch die Organisation aller erforderlichen Utensilien den Schüler:innen selbst. Infolgedessen können und müssen die Schüler:innen eigenverantwortlich handeln und arbeiten, wodurch wertvolle überfachliche Kompetenzen gefördert werden (Heinrich, 2006, S. 27; HKM, n. d., S. 9f.)

Hinzu kommt, dass durch „Auslagerung“ des praktischen Experimentierens in den Heimbereich im schulischen Unterricht mehr Zeit für die theoretische Aufarbeitung der Versuche bleibt. Die Untersuchung von de Vries et al. (2006) legt nahe, dass in diesem Kontext vor allem eher zurückhaltende Schüler:innen vom heimischen Experimentieren profitieren können, denn sie zeigten in anschließenden Auswertungsphasen eine wesentlich stärkere Beteiligung als im sonstigen Unterrichtsgespräch (S. 176).

Ein weiterer Vorteil von Heimexperimenten ist, dass sie – im Gegensatz zu Schüler:innenexperimenten im Unterricht – flexibel im Hinblick auf die Sozialform sind. Sie können sowohl in Kleingruppen als auch in Einzelarbeit durchgeführt werden, wenn man einmal vom Einsatz im pandemiebedingten Distanzunterricht absieht, für den verständlicherweise nur die Einzelarbeit in Frage kommt. Im Chemieunterricht dagegen werden Schüler:innenexperimente aufgrund der begrenzten Ressourcen (Chemikalien, Geräte, Material) fast ausschließlich als Gruppenexperimente durchgeführt. Zudem dürfen bei experimentellen Übungen und Untersuchungen im Chemieunterricht ohnehin maximal 16 Schüler:innen oder acht Kleingruppen gleichzeitig arbeiten (HKM, 2006, S. 4).

Schüler:innenexperimente in Einzelarbeit müssten daher in den meisten Klassen bzw. Kursen in zwei Durchgängen erfolgen, wodurch der Zeitbedarf für das Experimentieren annähernd verdoppelt würde. Werden Experimente jedoch immer nur in Gruppen durchgeführt, besteht die Gefahr, dass einzelne Schüler:innen nicht zum Zug kommen (de Vries et al., 2006, S. 171) – sei es, weil sie sich besonders zurückhalten, oder weil andere Gruppenmitglieder sehr dominant sind. Insofern bieten experimentelle Hausaufgaben in Einzelarbeit die einzigartige Gelegenheit, alle Schüler:innen zu aktivieren und ihnen die Erfahrung eigenständigen und eigenverantwortlichen Experimentierens zu ermöglichen (Sommer et al., 2018, S. 353+487) – zumal Einzelarbeit einen zentralen Beitrag zur Differenzierung und Individualisierung des Unterrichts leistet, weil dabei die Leistungsfähigkeit, das Arbeitstempo und die Interessen der einzelnen Schüler:innen Berücksichtigung erfahren (Sommer et al., 2018, S. 352).

Für die Durchführung chemischer Heimexperimente in Kleingruppen gibt es allerdings ebenfalls berechtigte Argumente. Offensichtlich kann durch das heimische Experimentieren in Kleingruppen – genau wie durch das unterrichtliche Gruppenexperiment – die (überfachliche) Sozialkompetenz der Lernenden weiterentwickelt werden (Di Fuccia, 2008). Während jedoch bei Konflikten oder Meinungsverschiedenheiten in der Schule die Lehrperson immer greifbar ist und vermittelnd einschreiten kann, sind die Gruppenmitglieder bei Heimexperimenten stärker auf sich allein gestellt, wodurch Teamfähigkeit und Kooperationsvermögen einen viel höheren Stellenwert erhalten. Darüber hinaus bietet die Gruppe den Lernenden einen Rückhalt bei Unsicherheiten (Heinrich, 2006, S. 27). Während beim heimischen Experimentieren in Einzelarbeit durchaus ein Gefühl von Überforderung entstehen kann, weil die Lernenden dabei ganz auf sich allein gestellt sind, bieten Kleingruppen stets die Möglichkeit zur gegenseitigen Unterstützung. Hinzu kommt, dass durch das gemeinsame heimische Experimentieren sowohl die fach- und sachbezogene Kommunikation als auch Motivation gefördert und außerdem denkwürdige Erinnerungen geschaffen werden können (Heinrich, 2006, S. 27). Zu den bisher genannten Argumenten für das heimische Experiment in Kleingruppen kommt noch ein pragmatischer Gesichtspunkt hinzu: Die gesetzliche Unfallversicherung von Schüler:innen weitet sich bei einer von der Lehrperson initiierten Gruppenarbeit auch auf den heimischen

Bereich aus (vgl. S. 37). Im Hinblick auf die Gestaltung heimischer Gruppenexperimente schlägt Heinrich (2006) vor, die Gruppengröße auf maximal drei Schüler:innen zu beschränken, die Gruppenzusammensetzung konstant zu lassen und innerhalb der Kleingruppen eine von Experiment zu Experiment rotierende Aufgabenverteilung (Experimentator:in, Sicherheitsbeauftragte:r, Organisator:in) vorzunehmen (S. 23+30).

Ein Problem des Chemieunterrichts ist, dass es ihm aufgrund seiner Wissenschaftsorientierung nicht gelingt, den Lernenden die Augen dafür zu öffnen, dass Chemie in ihrem Leben und Alltag überall vertreten ist (Sommer et al., 2018, S. 282). Dabei ist es ein zentrales Anliegen des Chemieunterrichts, die Lernenden zum Herstellen von Zusammenhängen zwischen chemischen Sachverhalten einerseits und Alltagserscheinungen andererseits zu befähigen (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2004, S. 13). Damit dies gelingt, muss der Chemieunterricht die Anschlussfähigkeit der Fachinhalte an die Lebenswelt der Schüler:innen nutzen und eine Praxisorientierung herstellen, und zwar, ohne dass die Theorie dabei auf der Strecke bleibt (Sommer et al., 2018, S. 282). Es liegt auf der Hand, dass chemische Heimexperimente, die curriculumorientiert ausgewählt werden und in denen ausschließlich Alltagsstoffe zum Einsatz kommen, dafür prädestiniert sind, lebendiges Wissen zu erzeugen, welches die Kluft zwischen Fachwissen und Lebenswelt überbrückt. Ohne Zweifel kann diese Verknüpfung von Fachwissen und Alltag grundsätzlich auch durch Einsatz von Alltagsstoffen im Unterricht erzeugt werden, aber beim Heimexperimenten kommt die Bedeutung situierten Lernens hinzu. Aus der Kognitionsforschung ist bekannt, dass Wissen im Kontext erworben und in seinem Erwerbssituationen abgespeichert wird (Studienseminar Koblenz, 2018, S. 2). Dies führt zu der Annahme, dass sich situativ erworbenes Wissen in Situationen, die der Erwerbssituation ähneln, leichter aktivieren und anwenden lässt (Studienseminar Koblenz, 2018, S. 1). Um den Schüler:innen die Präsenz und Bedeutung von Chemie in ihrem Alltag nachhaltig vor Augen zu führen, ist es von Vorteil, wenn der Wissenserwerb auch genau dort situiert erfolgt. Durch den Alltagsbezug kann darüber hinaus auch der Beitrag des Chemieunterrichts zur Allgemeinbildung und damit der Sinn des Chemieunterrichts viel deutlicher herausgearbeitet werden (Freienberg et al., 2001, S. 68; Heinrich, 2006, S. 28). Hinzu kommt, dass mit dem Alltagsbezug von

Heimexperimenten eine Steigerung der Motivation sowie eine verbesserte Einstellung der Schüler:innen zum Chemieunterricht einhergehen kann (Freienberg et al., 2001, S. 68). Der motivationale Effekt von Heimexperimenten geht allerdings nicht allein auf deren Lebensweltbezug zurück, sondern auch auf die mit dem eigenständigen Experimentieren verbundene Handlungsorientierung und die Abwechslung, die ein Heimexperiment im Vergleich zu sonstigen (Chemie-)Hausaufgaben darstellt (Barke et al., 2018, S. 71f.).

Anforderungen an Heimexperimente

Grundsätzlich kommen Heimexperimente immer dann in Frage, wenn sie mit Alltagsgeräten und -chemikalien durchgeführt werden können und einfache Versuchsaufbauten möglich sind (Wiese, 2014). Geräte und Chemikalien sollten dabei so gewählt sein, dass sie bestenfalls ohnehin im Haushalt vorhanden sind und andernfalls einfach und preiswert erworben werden können (Kratz, 1995, S. 13).

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist, dass die Durchführung weder eine Gefährdung für die Gesundheit der Lernenden noch für die Umwelt darstellt (Kratz, 1995, S. 13). Man könnte womöglich auf die Idee kommen, dieses Kriterium sei überflüssig, da ja ohnehin nur Haushaltschemikalien verwendet werden. Dem muss jedoch vehement entgegengestellt werden, dass zahlreiche Haushaltschemikalien durchaus ein Gefährdungspotential aufweisen, darunter etwa Reinigungsmitteln wie Rohrreiniger (Wiese, 2014).

Darüber hinaus sollten Heimexperimente interessante und fachlich bedeutsame Effekte zeigen (Kratz, 1995, S. 13), denn auch für Heimexperimente gelten die bereits vorgestellten Auswahlkriterien für Experimente. Experimente ohne Bezug zum Unterricht sind daher als Hausaufgabe ebenso wenig angebracht wie innerhalb des Unterrichts.

Anlässe für Heimexperimente

Im Kontext dieser Arbeit ist zunächst der Chemieunterricht in Zeiten der Corona-Pandemie – aber auch anderer, zukünftiger Pandemien – als Anlass zu nennen. Heimexperimente stellen im Distanzunterricht die einzige Option für Schüler:innenexperimente dar. Und auch im Präsenzunterricht, der die

Einhaltung von Abstands-, Hygiene und Infektionsschutzregeln erfordert, kommen neben organisatorisch schwer umzusetzenden Schüler:innenexperimenten in Einzelarbeit nur die Heimexperimente in Frage, wenn nicht gänzlich auf die lernpsychologischen Vorteile von Schüler:innenexperimenten verzichtet werden soll (Wlotzka, 2020, S. 2).

Tatsächlich ist dies aber nur einer von vielen Anlässen zum Einsatz von chemischen Heimexperimenten. Im Folgenden sollen daher weitere Anlässe genannt werden, die vollkommen unabhängig von Pandemien und Distanzunterricht sind.

Naheliegender ist es, Heimexperimente einzusetzen, wann immer Alltagsprodukte wie z. B. Lebensmittel, Koch- und Backzutaten oder Reinigungsmittel und deren Verwendung ohnehin Thema des Unterrichts sind (Wiese, 2014). Dafür sprechen die bereits genannten Erkenntnisse zum situierten Lernen.

Der Einsatz von Heimexperimenten ist aber auch im Falle von Experimenten sinnvoll, die mehrere Stunden oder gar Tage dauern (Kratz, 1995, S. 12). Deren Durchführung und Beobachtung innerhalb des Unterrichts ist organisatorisch problematisch. Mehrstündige Experimente können innerhalb von 45 oder maximal 90 Minuten offensichtlich kaum durchgeführt werden. Mehrtägige Experimente werden hingegen dadurch erschwert, dass die Schüler:innen je nach Jahrgangsstufe z. T. nur einmal pro Woche Chemieunterricht haben, weshalb die bei Langzeitexperimenten auftretenden Effekte nur im Sieben-Tages-Rhythmus beurteilt werden können – sofern der Unterricht nicht auch noch wegen eines Wander- oder Feiertags ausfällt. Bei Heimexperimenten dagegen können die Schüler:innen ohne Probleme regelmäßig einen Blick auf das Experiment werfen und die Beobachtungen dokumentieren.

Darüber hinaus können Heimexperimente mit Alltagsstoffen zu Beginn oder zum Abschluss einer Unterrichtseinheit eingesetzt werden (Kratz, 1995, S. 13). An dieser Stelle sei erwähnt, dass es in der Fachdidaktik unterschiedliche Standpunkte hinsichtlich der Positionierung von Alltagsbezügen innerhalb einer Unterrichtseinheit gibt. Der motivationale Effekt von Alltagsbezügen spricht dafür, die Kontextualisierung (und somit auch die Heimexperimente) an den Anfang einer Thematik zu stellen. Dem ist allerdings entgegenzuhalten, dass es sich bei Alltagschemikalien häufig um Stoffgemische statt Reinstoffe handelt und

dadurch die Thematik gleich zu Beginn „verkompliziert“ wird. Dieser Aspekt spricht daher eher für die Kontextualisierung am Ende einer Unterrichtseinheit, wo auf das Vorwissen der Schüler:innen aufgebaut und das Thema abgerundet werden kann. Letztlich können nur die Befunde noch ausstehender empirischer Langzeitstudien Aufschluss darüber geben, ob und inwiefern der eine Ansatz dem anderen überlegen ist (Barke et al., 2018, S. 356f.).

Das heimische Experimentieren kann außerdem dazu dienen, während einer Unterrichtseinheit Fachinhalte (oder seltener -methoden) zu wiederholen, zu üben zu festigen und zu vertiefen (Pross, 2007, S. 4). Dies ist insofern bedeutsam, als das Wiederholungsexperiment im Unterricht aus Zeitgründen häufig zu kurz kommt (Sommer et al., 2018, S. 496).

Des Weiteren können experimentelle Hausaufgaben eingesetzt werden, um den Unterricht vorzubereiten (Pross, 2007, S. 4). Indem das praktische Experimentieren in den Heimbereich ausgelagert wird, steht im Unterricht selbst mehr Zeit für die anschließende Erarbeitung und Erklärung der beobachteten Phänomene zur Verfügung (de Vries et al., 2006, S. 176).

Schließlich können Heimexperimente zur Weiterentwicklung des Verständnisses für naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen und damit u. a. zur Förderung problemlösender und verständnisorientierter Kompetenzen beitragen (Heinrich, 2006, S. 15+27).

Rechtliche Grundlagen

Die Haftungsfrage: Gesetzliche Unfallversicherung, Aufsichtserlass und Amtshaftung

Eine wichtige Frage, die sich Chemielehrer:innen gewiss stellen, wenn sie die Durchführung chemischer Heimexperimente erwägen, ist die der Haftung, falls es trotz sorgfältiger Vorbereitung und Belehrung der Schüler:innen über potentielle Gefahren zu Unfällen bei der Durchführung kommt. Wie im Folgenden dargelegt, gibt es jedoch leider nicht die *eine* Antwort auf die Haftungsfrage.

Grundsätzlich sind Unfälle von Schüler:innen während des Schulbesuchs durch die gesetzliche Unfallversicherung abgedeckt (§ 2 Abs. 1 Nr. 8 lit. b, § 7 SGB VII).

Unfallversicherungsträger sind die Unfallkassen der Länder (§ 128 Abs. 1 SGB VII), in Hessen folglich die Unfallkasse Hessen (UKH). Nach telefonischer Rücksprache mit Herrn Uwe Naujokat, einer Aufsichtsperson der UKH im Bereich Kindertagesstätten und Schulen, gelten im Hinblick auf chemische Heimexperimente in Hessen folgende Regelungen:

Wird die Durchführung chemischer Heimexperimente innerhalb des normalen **Präsenzunterrichts** als Hausaufgabe aufgegeben, besteht für Schüler:innen kein Versicherungsschutz durch die gesetzliche Unfallversicherung, denn die Erledigung von Hausaufgaben fällt in den Verantwortungsbereich der Eltern (UKH, 2019). Anders sieht es aus, wenn die experimentelle Hausaufgabe im Rahmen einer schulisch veranlassten Gruppenarbeit durchgeführt wird. Nach einer Entscheidung des Bundessozialgerichts (BSG) vom Januar 2018 ist eine von der Lehrperson initiierte Gruppenarbeit auch dann Teil des versicherten Schulbesuchs, wenn sie außerhalb der Schule erledigt wird (BSG, Urteil vom 23.01.2018, B 2 U 8/16 R⁴). Allerdings weist Herr Naujokat darauf hin, dass die Haftung in solchen Fällen letztlich immer eine Einzelfallentscheidung ist und es u. a. auf die exakte Aufgabenstellung der Lehrperson ankommt.

Für den **Distanzunterricht** wiederum gelten besondere Regelungen. Demnach können Tätigkeiten der Schüler:innen, welche im unmittelbaren Zusammenhang mit der Schule, den dort vorgegebenen Unterrichtsinhalten und organisatorischen Festlegungen stehen, durch die UKH gesetzlich unfallversichert sein (UKH, 2021). Dies wäre nach Rücksprache mit der UKH möglicherweise denkbar, wenn das Experiment im Verlauf einer Videokonferenz durchgeführt wird und die Lehrperson dabei „anwesend“ ist, nicht jedoch, wenn das Experiment als Arbeitsauftrag außerhalb des eigentlichen Unterrichts durchgeführt wird. Letzteres ist nämlich wie eine normale Hausaufgabe zu bewerten.

Unabhängig davon, in welchem Kontext das Heimexperiment durchgeführt wird, stellt sich die Frage, wie sich die Durchführung von Heimexperimenten mit der Aufsichtspflicht der Lehrer:innen vereinbaren lässt, die sich aus der Aufsichtsverordnung (AufsVO) ergibt und im besonderen Maße für den naturwissenschaftlichen und technischen Unterricht gilt (§ 14 AufsVO). Kommt es bei

⁴ Urteil einsehbar unter: https://www.bsg.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Entscheidungen/2018/2018_01_23_B_02_U_08_16_R.pdf?__blob=publicationFile&v=3, Abrufdatum 26.03.2021

der Durchführung eines Heimexperiments zu einem Unfall, können daher möglicherweise Schadensersatzansprüche geltend gemacht werden, wenn eine Amtspflichtverletzung – wie z. B. fehlende oder ungenügende Aufklärung über potentielle Gefahren oder eine Vernachlässigung der Aufsichtspflicht – seitens der Lehrperson zu dem Unfall geführt hat. Berechtigte Schadensersatzansprüche werden durch die sogenannte Amtshaftung gedeckt, die mittelbar beim Dienstherrn (dem Land) liegt. Allerdings kann die Lehrperson persönlich in Haftung genommen werden, wenn ihr grob fahrlässiges oder vorsätzliches Handeln nachgewiesen werden kann (Art. 34 GG, § 839 BGB). Solche Regressansprüche des Dienstherrn gegenüber der Lehrperson, die durch deren grob fahrlässiges oder vorsätzliches Handeln entstehen, können durch den Abschluss einer geeigneten Diensthaftpflichtversicherung seitens der Lehrperson abgedeckt werden (bspw. Cosmos Versicherung AG, n. d.).

Angesichts dieser diffusen Rechtslage schlägt Daniela Heinrich (2006, S. 14f.) in ihrer Wissenschaftlichen Hausarbeit (WHA) vor, dass experimentelle Hausaufgaben, von denen eine gewisse Gefahr ausgeht, nach dem Unterricht unter Aufsicht der Chemielehrkraft in der Schule durchgeführt werden. Dies hat den Vorteil, dass die gesetzliche Unfallversicherung der Schüler:innen für potentielle Unfälle haftet und die Lehrperson die Durchführung direkt beaufsichtigen kann. Allerdings geht dadurch die unmittelbare Verknüpfung zwischen Chemie und Alltag im Sinne des situierten Lernens, die einen der herausragenden Vorteile von Heimexperimenten darstellt, verloren, weshalb – wann immer möglich – Experimente gewählt werden sollten, deren Durchführung zuhause stattfinden kann.

Regelungen der Kultusministerien

Sgoff und Bader (1996) haben eine Umfrage bei den Kultusministerien der einzelnen Bundesländer durchgeführt, um zu ergründen, ob es von deren Seite bereits Regelungen zu experimentellen Hausaufgaben im Chemieunterricht gibt. Die Umfrage ergab jedoch, dass zu diesem Zeitpunkt keine offiziellen Regelungen existierten. Allgemeiner Konsens war lediglich, dass die Verantwortung für die Durchführung der Experimente bei den Eltern liegt, weshalb sie auch von ihnen verboten werden kann. Dies deckt sich mit der Tatsache, dass für die Durchführung experimenteller Hausaufgaben kein Versicherungsschutz durch

die gesetzliche Unfallversicherung besteht, weil Hausaufgaben in den Verantwortungsbereich der Eltern fallen (UKH, 2019). Darüber hinaus wurde von den Ministerien wiederholt darauf hingewiesen, dass die Durchführung gefährlicher Experimente auf den Schulunterricht beschränkt sein müsse. Eine Erklärung dafür, was genau gefährliche Experimente sind und wo die Grenze zu ungefährlichen Experimenten verläuft, blieben die Ministerien den Autor:innen allerdings schuldig (Sgoff & Bader, 1996, S. 185).

Da diese Umfrage inzwischen 25 Jahre alt ist, habe ich Kontakt zum HKM aufgenommen und um eine Stellungnahme bezüglich Regelungen für experimentelle Hausaufgaben bzw. Heimexperimente gebeten (vgl. Anhang 1, Abbildung A1). Obwohl ich die Anfrage bereits zu Beginn des zwölfwöchigen Bearbeitungszeitraums gestellt habe, habe ich bis zum Druck dieser Arbeit keine Rückmeldung erhalten. Dies ist sehr bedauerlich, da klare Regelungen und Rechtssicherheit für Chemielehrer:innen gerade in solchen Fällen von großer Wichtigkeit sind.

Vorbereitung

Die Durchführung von chemischen Heimexperimenten erfordert ohne Zweifel eine sorgfältige Vorbereitung und viel Zeit, insbesondere bei einer erstmaligen Durchführung. Die bereits beschriebenen Vorteile des Einsatzes von Heimexperimenten sowohl im Distanzunterricht als auch im regulären Unterricht machen aber hoffentlich deutlich, dass sich der erforderliche Aufwand durchaus lohnt. Neben der Ausarbeitung der eigentlichen Experimente und Arbeitsaufträge müssen nicht nur Schule, Eltern und Schüler:innen informiert und aufgeklärt, sondern auch erforderliche Sicherheits- und Gefahrenaspekte herausgearbeitet und dokumentiert werden. Auf die einzelnen Aspekte möchte ich im Folgenden kurz eingehen.

Zustimmung der Schul- und Klassenkonferenz

Sollen die chemischen Heimexperimente im Rahmen des normalen Präsenzunterrichts als experimentelle Hausaufgaben durchgeführt werden, ist die Zustimmung der Schulkonferenz einzuholen, denn laut Hessischem Schulgesetz (HSchG) entscheidet die Schulkonferenz über die Grundsätze für Hausaufgaben (§ 129 Nr. 5 HSchG). Ihr gehören neben der Schulleitung Vertreter:innen der

Lehrkräfte, Eltern und Schüler:innen an (§ 129 Abs. 1 HSchG). Durch dieses Vorgehen kommt man im Grunde bereits der Empfehlung von de Vries et al. (2006) nach, sich mit der Schulleitung zu beraten und deren Genehmigung einzuholen, um die Rechtssicherheit für die Lehrer:innen bei der Durchführung von experimentellen Hausaufgaben zu erhöhen (S. 174). Ob die Besprechung in der Schulkonferenz ausreicht oder im Vorfeld besser ein Einzelgespräch mit der Schulleitung geführt wird, muss im Einzelfall entschieden werden. Für die Durchführung von Heimexperimenten im Distanzunterricht ist ein analoges Prozedere empfehlenswert.

Die Entscheidung über Umfang und Verteilung der Hausaufgaben obliegt der jeweiligen Klassenkonferenz oder – falls kein Klassenverband besteht – der Konferenz der die Schüler:innen unterrichtenden Lehrer:innen (§ 135 Abs. 1 S. 2 Nr. 5 und Abs. 3 HSchG). Sofern die geplanten Heimexperimente den zeitlichen Rahmen sonstiger Chemiehausaufgaben (deutlich) übersteigen, kann daher eine Beratung in der Klassenkonferenz erforderlich sein.

Einbeziehung der Fachkonferenz

Des Weiteren bietet es sich an, in der Fachkonferenz Chemie über die Durchführung von Heimexperimenten zu beraten, da sie sich mit methodischen Fragen des Fachs befasst (§ 134 Abs. 1 S. 2 Nr. 1 HSchG). Dies kann insbesondere dann nützlich sein, wenn mehrere Fachlehrer:innen an der Etablierung von Heimexperimenten interessiert sind. Durch einen Zusammenschluss bei der Aufgabenerstellung und den organisatorischen Vorbereitungen kann der Arbeitsaufwand für jede:n Einzelne:n reduziert und gegenüber Schulleitung, Eltern und Schüler:innen eine Geschlossenheit innerhalb der Fachschaft demonstriert werden.

Aufklärung der Eltern

Mit den Eltern wird das Thema „Hausaufgaben“ beispielsweise auf Elternabenden erörtert (Anlage 2 Nr. 10 lit. c zu § 8 VOGSV). Es bietet sich also an, diesen Rahmen zu nutzen, um die Eltern über die Durchführung von chemischen Heimexperimenten und die denkbaren Risiken aufzuklären – und zwar unabhängig davon, ob die Heimexperimente als experimentelle Hausaufgaben oder als Aufgaben im Distanzunterricht durchgeführt werden sollen.

Alternativ – oder darüber hinaus – können die Eltern mit Hilfe eines Elternbriefes informiert werden. Um sich als Lehrperson rechtlich besser abzusichern, empfehlen de Vries et al. (2006), dem Elternbrief eine Einverständniserklärung beizufügen, in der die Eltern ihre Aufklärung zum Thema dokumentieren und der Durchführung zustimmen können (S. 174). Um sich die Unterstützung der Eltern zu sichern und so zu verhindern, dass sie von ihrem Recht Gebrauch machen, die Durchführung von Heimexperimenten zu verbieten, ist es wichtig, deren potentielle Ängste zum Thema zu antizipieren, sie ihnen zu nehmen und ihnen außerdem die Vorteile solcher Heimexperimente deutlich zu machen. Selbstverständlich sollen Sicherheits- und Gefahrenaspekte dabei keineswegs verschwiegen werden. Ein Beispiel für einen solchen Elternbrief findet sich bei Kratz (1995), allerdings ohne Einverständniserklärung (S. 17). Auf Anfrage stellen de Vries et al. (2006) ebenfalls ihren Muster-Elternbrief (sowie alle übrigen Materialien zu Heimexperimenten zum Thema Elektrochemie) zur Verfügung.⁵

Werden innerhalb eines Schuljahres mehrfach chemische Heimexperimente durchgeführt, ist es natürlich nicht notwendig, immer wieder Einverständniserklärungen einzuholen. Um dennoch den Kontakt zu den Eltern aufrechtzuerhalten, hat Daniela Heinrich (2006) vorgeschlagen, jeder Versuchsanleitung eine Kurzinformation für die Eltern anzufügen, in der das Experiment kurz beschrieben und auf mögliche Gefahren hingewiesen wird (S. 30).

Aufklärung der Schüler:innen

Mindestens ebenso wichtig wie die Aufklärung der Eltern ist die Aufklärung der Schüler:innen über Sicherheits- und Gefahrenaspekte beim heimischen Experimentieren. Vor der Durchführung des ersten Heimexperiments sollten grundsätzliche Regeln und Verhaltensweisen zum sicheren Experimentieren besprochen und am besten schriftlich festgehalten werden. In diesem Zusammenhang schlagen de Vries et al. (2006) vor, sich diese Sicherheitsbelehrung sogar per Unterschrift der Schüler:innen bestätigen zu lassen (S. 174).

Darüber hinaus ist es unerlässlich, dass die jeweilige Versuchsanleitung Informationen zu notwendigen Sicherheitsvorkehrungen und potentiellen Gefahren

⁵ Anfrage an Dr. Tönjes de Vries, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg (toenjes.de.vries@uni-oldenburg.de)

enthält, die konkret auf das jeweilige Experiment zugeschnitten sind. Julia Koenen (2011) hat dies bei den im Rahmen ihrer WHA erarbeiteten experimentellen Hausaufgaben meiner Meinung nach sehr gut umgesetzt, indem die Arbeitsblätter für die Schüler:innen gleich zu Beginn einen hervorgehobenen Kasten mit den zentralen Sicherheitshinweisen enthalten.

Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung

Gemäß § 5 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) ist der Arbeitgeber – im Schulkontext vertreten durch die Schulleitung – verpflichtet, eine Beurteilung der Gefährdungen vorzunehmen, die für die Beschäftigten mit ihrer Arbeit verbunden sind, und gegebenenfalls notwendige Schutzmaßnahmen durchzuführen. Dazu zählen u. a. Tätigkeiten mit Gefahrstoffen und somit die Durchführung von Experimenten im Zusammenhang mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere also experimentelle Hausaufgaben bzw. Heimexperimente (Bezler et al., 2019, S. 19; Wiese, 2014).

Die Schulleitung beauftragt i. d. R. die jeweiligen Fachlehrer:innen mit der Erstellung der Gefährdungsbeurteilungen (Bezler et al., 2019, S. 19). Dies ist folglich eine weitere Aufgabe der Lehrperson im Rahmen der Vorbereitung eines chemischen Heimexperiments – allerdings kein Mehraufwand im Vergleich zur Vorbereitung jedes anderen Experiments im Chemieunterricht. Die Gefährdungsbeurteilung erfolgt auf Grundlage der Gefahrstoffverordnung, wobei außerdem die Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU) der KMK sowie die von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V. (DGUV) veröffentlichten DGUV Regel 113-018 zu berücksichtigen sind, und umfasst stets eine Substitutionsprüfung (Bezler et al., 2019, S. 19+21). Die Gefährdungsbeurteilung kann zudem Ausgangspunkt zur Formulierung von Sicherheitshinweisen für die Arbeitsblätter der Schüler:innen sein.

Eine Vorlage zur Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung findet sich in der RiSU (Bezler et al., 2019, S. 153). Empfehlenswert ist jedoch die rechnergestützte Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen über das Hessische Gefahrstoff-Informationssystem Schule (HessGISS), die Länderversion des Deutschen Gefahrstoff-Informationssystem Schule (D-GISS). Die Datenbank enthält Datenmaterial von über 2200 (Gefahr-)Stoffen, auf das bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung zugegriffen wird (Version 24.0, Stand 01.04.2020).

Auf diese Weise kann das Programm nach Eingabe der benötigten Chemikalien beispielsweise eigenständig Entsorgung, Gefahren und Tätigkeitsbeschränkungen ermitteln. Zudem enthält HessGISS eine Datenbank mit über 1200 Gefährdungsbeurteilungen für klassische Unterrichtsexperimente, die von verschiedenen Bundesländern, Instituten oder Verlagen veröffentlicht wurden und – sofern erforderlich – an die individuellen Gegebenheiten angepasst werden können (Version 24.0, Stand 01.04.2020).

Erstellung von Versuchsanleitung und Arbeitsaufträgen

Sobald ein Heimexperiment ausgewählt wurde, das die Anforderungen an die Verfügbarkeit und das Gefahrenpotential der erforderlichen Utensilien erfüllt, muss eine Anleitung für die Schüler:innen erstellt werden. Dabei handelt es sich typischerweise um ein Arbeitsblatt. Grundsätzlich kommen aber beispielsweise auch Videoanleitungen o. ä. in Frage.

Neben den bereits erwähnten expliziten Sicherheitshinweisen müssen die Anleitungen äußerst konkrete und vor allem eindeutige Arbeitsanweisungen für die Versuchsdurchführung enthalten. Dass derart hohe Anforderungen an die Formulierung der Arbeitsanweisungen bestehen, ist darauf zurückzuführen, dass bei Heimexperimenten – im Gegensatz zu Schüler:innenexperimenten im Unterricht – nicht die Möglichkeit besteht, sich bei Verständnisproblemen sofort an die Lehrperson zu wenden. Um Problemen während der Versuchsdurchführung vorzubeugen, kann es empfehlenswert sein, das Experiment in der vorausgehenden Unterrichtsstunde – im Falle von Distanzunterricht kann das natürlich durchaus eine Videokonferenz sein – mit allen Schüler:innen durchzusprechen und eventuell auftretende Rückfragen vorab zu klären.

Darüber hinaus ist auf eine übersichtliche Gestaltung der Anleitung zu achten. Es sollte beispielsweise auf einen Blick erkennbar sein, welche Chemikalien, Geräte und sonstige Materialien für den Versuch benötigt werden, damit diese Informationen nicht erst mühsam aus der Versuchsanleitung herausgesucht werden müssen.

Aus dem zuvor Gesagten geht unmittelbar hervor, dass sich chemische Heimexperimente nicht dazu eignen, die Fähigkeit zur Planung von Experimenten zu fördern. Wenn potentielle Gefahren im Vorfeld zweifelsfrei identifiziert und

Versuchsanleitungen präzise formuliert werden sollen, kann die Planung nicht in die Hände der Schüler:innen gelegt werden – es sei denn, die Planung erfolgt in einer vorausgehenden Unterrichtsstunde und wird anschließend von der Lehrkraft verschriftlicht und mit den entsprechenden Sicherheitshinweisen versehen, ehe das Experiment zuhause durchgeführt wird.

Durchführung

Die Durchführung von Heimexperimenten liegt selbstverständlich in der Hand der Schüler:innen. Sofern gewünscht, können mit den Schüler:innen jedoch bestimmte Zeitfenster vereinbart werden, in denen die Lehrkraft auch während des heimischen Experimentierens erreichbar ist, um bei Verständnisproblemen oder Rückfragen weiter zu helfen. Damit das Feedback möglichst zeitnah erfolgt, bietet sich eine Kontaktaufnahme über die Chatfunktion der jeweiligen Lernplattform oder über eine Videokonferenz an. Ein solches Angebot kann insbesondere im Anfangsunterricht, in dem u. U. noch gewisse Unsicherheiten der Schüler:innen beim Experimentieren bestehen, angebracht und nützlich sein. Bei älteren Schüler:innen ist allerdings zu erwägen, ob der Vorteil von Heimexperimenten – Schüler:innen wird ein höheres Maß an Selbstständigkeit abverlangt, aber eben auch zugesprochen – zugunsten einer Rückversicherungsmöglichkeit bei der Lehrperson aufgegeben oder eingeschränkt werden sollte. Welcher Weg eingeschlagen wird, ist letztlich abhängig von der konkreten Lerngruppe und der Komplexität des jeweiligen Heimexperiments.

Neben der Durchführung des Experiments muss auch die anschließende Entsorgung angeleitet werden. Im besten Fall können die Reste in den Ausguss bzw. in den Hausmüll entsorgt oder zum Verdunsten stehen gelassen werden. In seltenen Fällen kann es aber auch vorkommen, dass bei Experimenten beispielsweise Schwermetalllösungen – wie eine aus Höllenstein hergestellte Silbernitratlösung – eingesetzt werden, die hinterher nicht einfach in den Abfluss gegeben werden dürfen. Im Zweifel sollten die Schüler:innen die Reste in Marmeladengläsern o. ä. sammeln und zur nächsten Chemiestunde mit in die Schule bringen, damit dort eine ordnungsgemäße Entsorgung erfolgen kann. Für Lösungen mit Kupfer(II)-Ionen kann aber auch zuhause eine Entsorgung erfolgen, indem diesen Essig und Stahlwolle hinzugegeben werden. Nach einem Tag kann die

Suspension filtriert und dann in Ausguss (Filtrat) bzw. Restmüll (Filtrerrückstand) entsorgt werden (u. a. Salzner, 2019). Dieses Vorgehen kann theoretisch auf andere Schwermetalllösungen übertragen werden – vorausgesetzt, die Schwermetalle sind edler als Eisen.

Dokumentation und Nachbereitung

Lehrer:innen sind dazu verpflichtet, die erteilten Hausaufgaben – und demnach auch experimentelle Hausaufgaben – in den nachfolgenden Unterricht einzubeziehen und deren Erledigung in regelmäßigen Abständen zu überprüfen (§ 35 Abs. 2 VOGSV). Und auch oder vor allem dann, wenn Heimexperimente als Arbeitsaufträge im Distanzunterricht durchgeführt werden, ist es wichtig, deren Erledigung zu kontrollieren und den Schüler:innen eine individuelle Rückmeldung zu geben, um deren Anstrengungen entsprechend zu würdigen (HKM, 2020a, S. 25+28).

Es ist daher erforderlich, sich im Vorfeld darüber Gedanken zu machen, in welcher Form die Schüler:innen die Durchführung eines Heimexperiments dokumentieren sollen, damit die Erledigung von der Lehrperson kontrolliert werden kann und die Ergebnisse für eine Nachbereitung im weiteren Unterricht zur Verfügung stehen – denn Heimexperimente haben nur dann einen Mehrwert für den Unterricht und die Kompetenzentwicklung der Lernenden, wenn sie eng mit dem eigentlichen Unterrichtsgang verzahnt sind (de Vries et al., 2008, S. 174).

Selbstverständlich sollten die Schüler:innen ihre Versuchsdurchführung protokollieren, wie sie es auch von Experimenten im Schulunterricht gewohnt sind – und zwar allein schon aus dem Grund, dass es zur naturwissenschaftlichen Praxis gehört. Dabei muss (und sollte) es aber nicht zwangsläufig bleiben.

Es ist beispielsweise denkbar, dass die Schüler:innen darüber hinaus die Versuchsdurchführung mit Smartphone, Tablet oder Digitalkamera filmen, das Video ggf. mit Hilfe kostenloser Software schneiden und anschließend über die Lernplattform der Schule hochladen. In dieser Hinsicht kann man vom Digitalisierungsschub, den die Corona-Pandemie in den Schulen ausgelöst hat, tatsächlich profitieren: Laut Folgebefragung zum Deutschen Schulbarometer verfügten vor dem zweiten Lockdown im Dezember 2020 bereits knapp 80 % aller Schulen (und 87 % der Haupt-/Real-/Gesamtschulen sowie 98 % der Gymnasien) über

eine Lern- und Arbeitsplattform (forsa, 2020b, S. 21) und vermutlich ist dieser Prozentsatz in den vergangenen Monaten des Distanzunterrichts noch weiter gestiegen. Die Aufzeichnung des Experiments per Video hat gleich mehrere Vorteile. Durch die Videos hat die Lehrperson einen eindeutigen Nachweis, dass das Experiment tatsächlich durchgeführt wurde. Darüber hinaus können Videoexperimente – im Gegensatz zum Versuchsprotokoll – nicht einfach von den Mitschüler:innen übernommen werden, da identische Videos sofort auffallen. Eine Ausnahme stellt selbstverständlich die Durchführung von Heimexperimenten in Gruppenarbeit dar. Außerdem können Videoaufzeichnungen von Vorteil sein, wenn bei den Heimexperimenten arbeitsteilig gearbeitet wurde, wenn also nicht alle Schüler:innen das gleiche Experiment durchgeführt haben, sondern verschiedene Experimente zum selben Thema. Dann kann mit Hilfe von kurzen Videosequenzen leichter nachvollzogen werden, was die Mitschüler:innen gemacht haben und was dabei beobachtet werden konnte. Hinzu kommt, dass die Videoaufzeichnung nicht nur den visuellen Sinneskanal anspricht (wie das normale Versuchsprotokoll oder Fotos), sondern auch auditive Informationen transportiert (Reiners, 2017, S. 94). Zudem ist es mit Hilfe von gefilmten Heimexperimenten möglich, der Funktion des Experiments zur Leistungskontrolle, die im Unterricht häufig vernachlässigt wird, gerecht zu werden. Während es im Unterricht nahezu unmöglich ist, jede:n einzelne:n Schüler:in beim Experimentieren zu beobachten, um eine faire Bewertung zu ermöglichen, können Videoaufzeichnungen von Heimexperimenten ohne Probleme nacheinander auf gewisse – und bestenfalls transparente – Bewertungskriterien hin beurteilt werden (Geier, 2011, S. 73; Spieß, 2008). Um den Schüler:innen eine Hilfestellung beim Filmen des Heimexperiments zu geben, können ihnen einige Tipps an die Hand gegeben oder mit ihnen gemeinsam erarbeitet werden (u. a. Wlotzka, 2020, S. 2). Letzteres kann – in Kombination mit der tatsächlichen Videoaufzeichnung des Experiments – außerdem einen Beitrag zur Filmbildung im Chemieunterricht leisten (Barke et al., 2018, S. 177).

Wenn die Heimexperimente dagegen beispielsweise über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden, ist die Aufnahme eines Videos wenig sinnvoll. In diesem Fall kann die Durchführung durch Fotos dokumentiert werden. Diese können bei den Beobachtungen ins Versuchsprotokoll eingefügt werden oder in Form einer Bilderleiste präsentiert werden.

Reiners (2017) schlägt zudem vor, den Schüler:innen die Dokumentationsform von Experimenten freizustellen und dadurch eine Differenzierungsmöglichkeit zu bieten. In Abhängigkeit von individuellen Verarbeitungs- und Bearbeitungsformen, Interesse, Lernpräferenzen und Motivation können die Schüler:innen beispielsweise zwischen Videos, Chemie-Foto-Stories oder Gesprächsprotokollen wählen (Reiners, 2017, S. 161). All diesen alternativen Dokumentationsformen ist gemein, dass neben dem Lernprodukt (summative Diagnose) auch der Lernprozess – also der Vorgang des Experimentierens – (formative Diagnose) abgebildet wird. Daher eignen sich solche Dokumentationsformen als Instrument zur prozessorientierten Diagnose im Chemieunterricht (Reiners, 2017, S. 165).

Nun sind verschiedene Möglichkeiten vorgestellt worden, wie die Durchführung des Experiments und die Beobachtungen dokumentiert werden können. Unklar ist jedoch, ob mit dieser Dokumentation das Heimexperiment bzw. die experimentelle Hausaufgabe bereits abgeschlossen ist oder ob weitere Aufgabenstellungen folgen.

Grundsätzlich sollten chemische Heimexperimente, die ja u. a. auf die Förderung der Selbstständigkeit der Schüler:innen und des Autonomieerlebens abzielen, den Schüler:innen natürlich auch hinsichtlich der Erklärung der Beobachtungen so viel Eigeninitiative wie möglich gestatten. Allerdings hilft es niemandem, wenn die Schüler:innen von der Auswertung überfordert sind und die Auseinandersetzung damit v. a. zu Enttäuschung oder Frustration führt.

Ob und inwiefern die Auswertung des Experiments oder zumindest ein Teil der Auswertung ebenfalls zuhause erfolgen kann, hängt daher von mehreren Faktoren ab. Zum einen muss bei dieser Abwägung die Erfahrung – und damit letztlich das Alter – der Schüler:innen berücksichtigt werden. Schüler:innen im Anfangsunterricht sind ja gerade erst dabei, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen kennenzulernen, und benötigen dementsprechend noch viel Anleitung. In diesem Fall sind daher i. A. wenn überhaupt Aufgabenstellungen angebracht, die die gemeinsame Auswertung im Unterricht vorbereiten. Bei erfahrenen Schüler:innen kann dagegen mehr Eigenständigkeit im Hinblick auf die Auswertung des Experiments oder zumindest gewisse Vorüberlegungen erwartet und

eingefordert werden. Die von Julia Konen (2011) ausgearbeiteten experimentellen Hausaufgaben beispielsweise richten sich an Schüler:innen in der gymnasialen Oberstufe und umfassen daher häufig mehrere Arbeitsaufträge, die schrittweise an die Erklärung der Beobachtungen heranführen. Zum anderen muss bei der Entscheidung auch das Vorwissen der Schüler:innen und damit die Stellung des Heimexperiments innerhalb der Unterrichtsreihe berücksichtigt werden. Wenn ein Heimexperiment beispielsweise zum Einstieg in eine Unterrichtsreihe dient, können die Lernenden die aufgetretenen Effekte höchstwahrscheinlich noch nicht aus ihrem Vorwissen heraus erklären. Steht das Experiment dagegen am Ende der Unterrichtsreihe und dient der Anwendung, Wiederholung oder Zusammenfassung des bereits Gelernten, ist es durchaus denkbar, dass die Schüler:innen einen Großteil der Auswertung eigenständig (bzw. in ihrer Kleingruppe) vornehmen können. Neben Alter und Vorwissen der Lernenden spielt aber auch die Komplexität der fachlichen Erklärung des Experiments eine Rolle, wenn es darum geht, zu ermitteln, wie viel man den Schüler:innen zumuten und abverlangen kann. Hinzu kommt eine eher pragmatische Erwägung: Ein Heimexperiment, dessen Durchführung bereits zeitaufwendig ist, sollte neben der Dokumentation der Beobachtungen nicht auch noch zahlreiche Aufgaben zur Auswertung umfassen. Bei einem Experiment, das nur wenige Minuten dauert, kann dagegen mehr Zeit in die anschließende Auseinandersetzung mit den beobachteten Effekten investiert werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es nicht die eine Art gibt, die Dokumentation und Nachbereitung des Heimexperiments zu gestalten. In Abhängigkeit von Dauer und Komplexität des Experiments sowie Alter und Vorwissen der Schüler:innen sollte die Lehrperson eine Dokumentationsform (bzw. eine Auswahl an möglichen Dokumentationsformen) sowie weiterführende Arbeitsaufträge festlegen. Die Arbeitsaufträge können sich gezielt mit der Erklärung der Beobachtungen beschäftigen, aber auch Vorüberlegungen für die eigentliche Auswertung oder gewisse Rechercheaufgaben beinhalten.

Videoexperimente

Unter einem Videoexperiment versteht man die als Video aufgezeichnete Durchführung eines Experiments. Chemielehrer:innen können solche Videoexperimente entweder selbst aufnehmen (und ggf. schneiden und vertonen) oder bereits bestehende Videos nutzen, sofern sie in der Fülle des Internets geeignete Videos finden (Geier, 2011, S. 3).

Es ist unstrittig, dass Videoexperimente dem Realexperiment in einigen Aspekten nachstehen, weshalb sie auch nur dann eingesetzt werden sollten, wenn das Realexperiment aus bestimmten Gründen nicht in Frage kommt – „kein Präsenzunterricht“, „keine Zeit“, „zu gefährlich“ oder „zu aufwendig“ sind nur einige davon (Geier, 2011, S. 9; Lühken, 2020). Während beispielsweise Realexperimente, die die Schüler:innen bestenfalls sogar selbst durchführen, mit allen Sinnen wahrgenommen werden können und eine Primärerfahrung ermöglichen, ist die Perzeption von Videoexperimenten auf den audiovisuellen Kanal beschränkt und stellt keine Primärerfahrung dar (Geier, 2011, S. 3+9; Reiners, 2018, S. 108). Noch dazu zeigen Videoexperimente in nahezu allen Fällen die gewünschten Effekte, wodurch eine Fehlerbetrachtung überflüssig wird (Reiners, 2018, S. 108). Beim Experimentieren im Unterricht hingegen sind unerwartete und unerwünschte Ergebnisse keine Seltenheit. Was auf den ersten Blick als Zeitverschwendung und Ärgernis erscheinen mag, ist keineswegs unerwünscht, regen doch die anschließende Fehleranalyse und -diskussion zur Reflexion über die Denk- und Arbeitsweisen der Chemie an und sind daher ein wichtiger Bestandteil des Experimentalunterrichts (Barke et al., 2018, S. 214; Reiners, 2018, S. 108f.).

Im Folgenden wird nun aufgezeigt, dass es trotz der gerade genannten Einschränkungen eine Vielzahl von Anlässen gibt, in denen der Einsatz von Videoexperimenten im Chemieunterricht empfehlenswert ist und u. U. sogar einen Mehrwert zum klassischen Unterrichtsexperiment darstellt. Im Anschluss wird auf Kriterien verwiesen, die bei der Aufnahme bzw. Auswahl eines Videoexperiments Berücksichtigung finden sollten, damit der Unterrichtseinsatz gewinnbringend ist. Wie bereits bei den chemischen Heimexperimenten soll danach dargelegt werden, wie der unterrichtliche Einsatz von Videoexperimenten sowie dessen Vor- und Nachbereitung aussehen können.

Anlässe für den Einsatz von Videoexperimenten

Der Einsatz von Videoexperimenten sollte immer dann erwogen werden, wenn eines oder mehrere der bereits erwähnten Auswahlkriterien für Experimente nicht erfüllt sind (Reiners, 2018, S. 108).

Verständlicherweise sind Videoexperimente ebenso wenig gerechtfertigt wie „normale“ Experimente, wenn dem gezeigten Experiment die didaktische Ergiebigkeit fehlt oder es dem Alter und/oder Vorwissen der Schüler:innen nicht angemessen ist.

Dagegen können Videoexperimente sehr wohl geeignet sein, wenn die unterrichtliche Durchführung eines Experiments aus Sicherheits- und Gefährdungsgründen nicht möglich ist. Mit Hilfe des Videos können die Effekte beobachtet werden, ohne dass Schüler:innen oder Lehrperson dabei einer Gefahr ausgesetzt sind (Geier, 2011, S. 65).

Ebenso können die räumlichen Gegebenheiten im Fachraum oder die Ausstattung der Chemiesammlung der Grund sein, warum die Durchführung eines Experiments nicht in Frage kommt (Sommer et al., 2018, S. 466). Auch in diesem Fall stellen Videoexperimente eine Möglichkeit dar, die verhindert, dass das Experiment ersatzlos gestrichen werden muss.

Gleiches gilt für Experimente, die mit hohen Kosten verbunden sind (Geier, 2011, S. 69): Für die Aufnahme eines Videoexperiments muss ein kostenintensiver Versuch (bestenfalls) nur ein einziges Mal durchgeführt werden und kann im Anschluss beliebig oft reproduziert werden (Gerner, 2010, S. 17).

Auch bei Experimenten, die nicht zuverlässig funktionieren, weshalb zu befürchten ist, dass sie den gewünschten Effekt gar nicht zeigen, können Videoexperimente zum Einsatz kommen. Dabei hat die Lehrperson grundsätzlich die Wahl zwischen zwei Herangehensweisen: Entweder es wird zunächst das Realexperiment durchgeführt und das Videoexperiment dient als Backup für den Fall, dass das gewünschte Ergebnis nicht eintritt, oder das Realexperiment wird durch das Videoexperiment ersetzt (Geier, 2011, S. 66). Da Realexperimente dem Videoexperiment aus den oben genannten Gründen im Allgemeinen vorzuziehen sind, sollte die Wahl in der Regel auf die erstgenannte Variante fallen, sofern nicht noch andere Gründe für das Videoexperiment sprechen.

Darüber hinaus kommen Anlässe in Betracht, in denen von den technischen Möglichkeiten, die mit der Videoaufnahme oder der anschließenden -bearbeitung einhergehen, profitiert werden kann. Tritt bei einem Experiment der beobachtbare Effekt beispielsweise nur sehr langsam ein, ist es von Vorteil, die Möglichkeit eines Zeitraffers nutzen zu können, die Videoexperimente bieten. Aber auch sehr plötzlich auftretende Effekte können durch Videoexperimente besser verfolgt werden, indem Zeitlupen oder Wiederholungen verwendet werden. Hinzu kommen Experimente, bei denen die Effekte mit bloßem Auge nur schwer beobachtet, durch hochauflösende Makroaufnahmen aber problemlos nachvollzogen werden können (Gerner, 2010, S. 17).

Zudem können Videoexperimente eingesetzt werden, wenn der Aufbau und/oder die Vorbereitung des Experiments sehr zeitaufwendig sind (Geier, 2011, S. 67). Durch Ausweichen auf das zeiteffiziente Videoexperiment bleiben im Unterricht mehr Zeit für die anschließende Auswertung und Reflexion des Experiments (Gerner, 2010, S. 17f.).

Des Weiteren eignen sich Videoexperimente zur Wiederholung und Auffrischung von Unterrichtsinhalten – sei es im Sinne einer typischen Stundenwiederholung zu Beginn der nächsten Unterrichtsstunde oder zum Abschluss einer Unterrichtseinheit (Gerner, 2010, S. 17f.).

Schließlich stellt natürlich auch die derzeitige Corona-Pandemie einen Anlass für den Einsatz von Videoexperimenten im Chemieunterricht dar. Sind Unterrichtsexperimente aufgrund des pandemiebedingten Distanzunterricht nicht möglich und kommt kein Ersatz durch Heimexperimente in Frage, weil die notwendigen Chemikalien im Haushalt nicht verfügbar sind, Gefahrenaspekte dagegen sprechen oder der Versuchsaufbau zuhause nicht realisiert werden kann, sind Videoexperimente, die sich die Lernenden zuhause anschauen können, eine wertvolle Alternative. Auf diese Weise können Beobachtung, Auswertung und Protokollanfertigung ähnlich wie bei Demonstrationsexperimenten im Unterricht erfolgen (Wlotzka, 2020 S. 2). Es ist daher nicht verwunderlich, dass das Angebot an Videoexperimenten seit der Beginn der Corona-Pandemie deutlich angewachsen ist (Lühken, 2020). Aber auch über den Distanzunterricht hinaus kann das Ansehen eines Videoexperiment in Verbindung mit geeigneten Arbeitsaufträgen als Hausaufgabe eingesetzt werden (Gerner, 2010, S. 18). Gerade

für Experimente, die der Vertiefung, Wiederholung oder Übung dienen, ist im Unterricht selten genügend Zeit (Sommer et al., 2018, S. 496). Da solche Experimente innerhalb einer Unterrichtseinheit in der Regel erst anstehen, wenn die Schüler:innen über ein gewisses Vorwissen verfügen, ist ihnen eine Erklärung der im Videoexperiment gemachten Beobachtungen durchaus zuzutrauen.

Ein zusätzlicher Aspekt, der bereits im Zusammenhang mit chemischen Heimexperimenten angesprochen wurde, ist, dass die Aufnahme von Videoexperimenten natürlich auch in die Hand der Schüler:innen gegeben werden kann – sei es als Durchführungsnachweis oder Bewertungsgrundlage für die Lehrperson oder als Anschauungsmaterial für die Mitschüler:innen (Geier, 2011, S. 72f.).

Anforderungen an Videoexperimente

Das Internet bietet eine unergründliche Fülle an Videoexperimenten, von denen sich allerdings nur ein Bruchteil auch tatsächlich für den Einsatz im Unterricht eignet. Die Herausforderung besteht demnach darin, zunächst Videos zu finden, die thematisch für den Einsatz im Chemieunterricht in Frage kommen, und diese dann auf ihre Unterrichtstauglichkeit hin zu prüfen. Findet man dort kein geeignetes Video, so hat die Lehrperson selbstverständlich immer die Möglichkeit, selbst ein Videoexperiment aufzuzeichnen. Dies erfordert zwar Zeit und auch eine entsprechende Ausstattung, im Gegenzug kann das Video dafür genau an die eigenen Wünsche und die Unterrichtskonzeption angepasst werden (Geier, 2011, S. 3).

Sowohl bei der Auswahl von bereits verfügbaren Videoexperimenten als auch bei der Planung eigener Videoexperimente sollte man sich darüber im Klaren sein, was ein gutes Videoexperiment ausmacht.

In diesem Zusammenhang wurde bereits wertvolle Vorarbeit geleistet: Andreas Gerner (2010) führt in seiner WHA Regeln auf, die bei der Aufnahme von Videoexperimenten zu beachten sind (S. 20f.), und auch bei Wlotzka (2020) findet man nützliche Tipps zum Filmen von Experimenten mit dem Smartphone oder Tablet (S. 2). Diese Hinweise können aber nicht nur hilfreich sein, wenn man als Lehrperson selbst Videoexperimente aufnehmen möchte, sondern auch, um das Potential eines Videoexperiments aus dem Internet für den Einsatz im eigenen Unterricht zu beurteilen. In der WHA von Christoph Geier (2011) finden sich

darüber hinaus ausführliche Hinweise und Tipps zum Erstellen eigener Videoexperimente – sowohl im Hinblick auf die Planung und Vorbereitung, die eigentliche Aufnahme und das anschließende Bearbeiten und Schneiden der Videoexperimente als auch bezüglich geeigneter Hard- und Software (S. 20-62).

Im Folgenden möchte ich auf die wesentlichen Anforderungen eingehen, denen ein Videoexperiment genügen sollte.

Zunächst sollte auf eine ruhige Kameraführung geachtet werden, was am einfachsten durch Verwendung eines Stativs herbeigeführt werden kann (Gerner, 2010, S. 20). Darüber hinaus sollte die Aufnahmequalität so gut sein, dass auch bei Projektion des Videos auf eine Leinwand noch alle Vorgänge gut zu erkennen sind.

Damit die Versuchsdurchführung für die Schüler:innen nachvollziehbar und möglichst unmissverständlich ist, sollten beim Versuchsaufbau – ebenso wie bei Demonstrationsexperimenten im Unterricht – die gestaltpsychologischen Wahrnehmungsgesetze nach Schmidkunz (1983) berücksichtigt werden (Gerner, 2010, S. 18). Außerdem sollte der Inhalt des Videos möglichst wenig Anlass zur Ablenkung bietet. Dazu gehört nicht nur die Auswahl eines neutralen Videohintergrunds, sondern es gilt auch sicherzustellen, dass im Videoausschnitt keine überflüssigen Objekte zu sehen sind (Wlotzka, 2020, S. 2). Des Weiteren sollten die verwendeten Chemikalien, Geräte und sonstigen Materialien gut erkennbar sein (Wlotzka, 2020, S. 16). Dies kann auf unterschiedliche Weise sichergestellt werden: Es können beschriftete Schilder zum Einsatz kommen, die während der Aufnahme des Videos neben den entsprechenden Geräten, Chemikalien etc. platziert sind. Bei Chemikalien kann die zusätzliche Beschriftung entfallen, sofern die Etiketten gut lesbar sind (Wlotzka, 2020, S. 2). Alternativ kann die Beschriftung bei der nachträglichen Bearbeitung des Videos eingefügt werden. Darüber hinaus ist bei vertonten Videos eine verbale Benennung der Utensilien möglich.

Damit der unterrichtliche Einsatz von Videoexperimenten ergiebig ist, empfiehlt es sich, unvertonte Videos zu erstellen bzw. auszuwählen. Falls eine (nachträgliche) Vertonung erfolgt, sollte ausschließlich die Durchführung des Versuchs kommentiert werden, um weder Beobachtungen noch Erklärungen vorwegzunehmen (Wlotzka, 2020, S. 2). Auf diese Weise wird den Schüler:innen die

größtmögliche Unvoreingenommenheit für die Beobachtung und Erklärung des Experiments zugestanden. Bei vertonten Videos ist darüber hinaus – wie bei allen im Unterricht eingesetzten Medien und Materialien – unbedingt auf die fachliche Richtigkeit der Inhalte zu achten.

Vorbereitung

Entschließt sich die Lehrperson aus einem der oben genannten Gründe für den Einsatz eines Videoexperiments im Chemieunterrichts, so muss sie zunächst entscheiden, ob sie selbst ein Video aufzeichnen oder in den Weiten des Internets nach einem geeigneten Video suchen möchte – immer in dem Bewusstsein, dass sie womöglich doch auf die erste Option wird ausweichen müssen, weil sie kein solches findet.

Soll das Videoexperiment selbst aufgenommen werden, muss es dann nach den eigenen Wünschen geplant, aufgezeichnet, geschnitten und bearbeitet werden.

Sofern das Videoexperiment im Unterricht gezeigt werden soll, müssen im Vorfeld die technischen Voraussetzungen überprüft werden. So muss beispielsweise sichergestellt werden, dass die Präsentation des Videos über den Beamer oder das Smartboard funktioniert, der Ton angeschaltet und auf eine adäquate Lautstärke eingestellt ist. Bei Videoexperimenten aus dem Internet kommen Überlegungen wie: „Reicht die Internetverbindung aus, um auf die Website mit dem Videoexperiment zugreifen zu können und erlauben die schulischen Webfilter-Richtlinien diesen Zugriff überhaupt?“ hinzu.

Um bei Videoexperimenten aus dem Internet Problemen mit der Internetverbindung oder der Firewall aus dem Weg zu gehen und nicht kurz vor Unterrichtsbeginn feststellen zu müssen, dass das Video plötzlich nicht mehr verfügbar ist – denn das ist auf Plattformen wie YouTube keineswegs ungewöhnlich –, empfiehlt es sich, das Experimentiervideo (wenn möglich) im Vorfeld herunterzuladen. Auf manchen hier verwendeten Websites, wie der Seite der Chemiedidaktik an der Bergischen Universität Wuppertal oder der Seite „Chemie in der Schule (ChidS)“ von Herrn Dr. Reiß, ist der Download der Videos sogar direkt vorgesehen. Auch ein Download von YouTube-Videos ist zwar nicht unbedingt erwünscht, aber für den Privatgebrauch rechtlich grundsätzlich zulässig (Mutschke, 2019). Da YouTube in den Nutzungsbedingungen allerdings das

Herunterladen von Inhalten verbietet, sollten die Downloads nicht als angemeldete:r Nutzer:in erfolgen – obwohl unklar ist, ob YouTube sich überhaupt über das Recht zur privaten Kopie hinwegsetzen darf (Mutschke, 2019; Schäffer et al., 2016). Nun ist der unterrichtliche Einsatz eines heruntergeladenen Videos zwar kein Privatgebrauch mehr, aber bei Werken geringen Umfangs – in diesem Kontext sind das Videos bis zu einer Länge von fünf Minuten – ist der Einsatz in Schule und Lehre dennoch erlaubt (Schäffer et al., 2016).

Beim Einsatz von Videoexperimenten als Hausaufgabe bzw. im Distanzunterricht muss den Schüler:innen das Video zugänglich gemacht werden. Im Falle eines selbst aufgenommenen Videos kann es den Schüler:innen über die schulische Lernplattform zum Download zur Verfügung gestellt werden. Dass dies mittlerweile an fast allen weiterführenden Schulen möglich ist, ist dem Digitalisierungsschub zu verdanken, den die Corona-Pandemie im Schulwesen ausgelöst hat (forsa, 2020b, S. 21). Bei Experimentiervideos aus dem Internet wird auf dem gleichen Weg aus rechtlichen Gründen am besten nur der entsprechende Link bereitgestellt (Schäffer et al., 2020) – es sei denn, das Down- und Upload des Videomaterials für schulische Zwecke ist ausdrücklich erlaubt. Je nach Plattform ist es jedoch möglich, das Video in die Plattform einzubetten, so z. B. beim an hessischen Schulen verbreiteten Moodle (Hirschhäuser, 2020). Dies hat den Vorteil, dass nicht zusätzlich eine Vielzahl anderer Videos angezeigt werden, die vom eigentlichen Thema ablenken, oder per Autoplay im Anschluss direkt weitere Videos abgespielt werden.

Durchführung und Nachbereitung

Zwar sind Unterrichtsfilme, zu denen auch Videoexperimente gehören, bei den Schüler:innen in aller Regel sehr beliebt, jedoch verführen sie die Lernenden zur Einnahme einer passiven Rezipient:innenrolle (Sommer et al., 2018, S. 587). Das Anfertigen eines Versuchsprotokolls, das – wie bei klassischen Unterrichtsexperimenten auch – natürlich zur Auseinandersetzung mit Videoexperimenten gehört, lockt u. U. nicht alle Schüler:innen aus dieser rezeptiven Haltung. Daher ist die Einbettung in eine Fragestellung und die Erteilung konkreter Beobachtungs- und Arbeitsaufträge unerlässlich, um die Schüler:innen einzubinden, sie in eine aktivere Rolle zu versetzen und einen Lernprozess anzustoßen (Geier, 2011, S. 8; Sommer et al., 2018, S. 592). So haben Tobias Gerhardt (2010) und

auch Andreas Gerner (2010) in ihrer WHA – zumindest zu einigen ihrer Videoexperimente – bereits entsprechende Arbeitsblätter ausgearbeitet. Sommer et al. (2018) raten in diesem Kontext zu einem möglichst kleinschrittigen Vorgehen, da dies zu einer Fokussierung der Aufmerksamkeit auf das konkrete Lernziel beiträgt (S. 587).

Viele Lernplattformen – darunter Moodle – eignen sich nicht nur zur Bereitstellung von Videoexperimenten für Hausaufgaben, sondern bieten zusätzlich die Möglichkeit, interaktive Videos mit der Software H5P zu erstellen. Ausgangspunkt kann dabei sowohl eine hochgeladene Videodatei als auch ein Weblink sein. Eine Anleitung dazu findet sich beispielsweise bei Görlich (n. d.). So können Videos an bestimmten Stellen pausiert und beispielsweise mit Single oder Multiple Choice-Aufgaben, Wahr/Falsch-Aussagen, Drag'n'Drop-Aufgaben oder Lückentexten versehen werden. Die Lehrperson kann darüber hinaus – je nachdem, wie die Aufgabe beantwortet wurde – Tipps und Feedback einfügen. Auf diese Weise kann der Illusion des Verstehens – also der Annahme, man hätte alles gut verstanden, wenn man sich von einem Video lediglich „berieseln“ lässt – auf besondere Weise entgegengewirkt und eine aktive Auseinandersetzung mit den Videoinhalten initiiert werden (Bieberstein, 2019). Nun könnte man natürlich behaupten, dass ein solcher Aufwand beim Einsatz von Videoexperimenten im Chemieunterricht überzogen sei, wenn doch die Lehrperson das Video stattdessen auch an beliebiger Stelle anhalten und durch Zwischen- und Rückfragen die Schüler:innen aktivieren sowie deren Aufmerksamkeitsfokus auf das Wesentliche lenken könne. Dem kann entgegengehalten werden, dass durch ein Unterrichtsgespräch selten alle Schüler:innen zum Nachdenken angeregt werden, während ein Video mit interaktiven Elementen bei allen Schüler:innen eine Eigenaktivität hervorrufen sollte. Hinzu kommt, dass interaktive Videos den Abwechslungsreichtum der im Unterricht eingesetzten Medien erhöhen und daher die Entstehung von Motivation und Interesse begünstigen können, die – wie bereits erwähnt – durchaus das Lernverhalten und die Leistung beeinflussen (Schiefele & Schaffner, 2020, S. 164). Dabei ist jedoch zu beachten, dass sich solche Effekte insbesondere bei häufigem Einsatz schnell abnutzen können (Barke et al., 2018, S. 158). Einen entscheidenden Vorteil bietet die Einbettung von interaktiven Elementen aber vor allem dann, wenn Videoexperimente als

Hausaufgaben oder im Rahmen von Distanzunterricht eingesetzt werden. In diesen Situationen kann die Lehrperson den durch die Auseinandersetzung mit dem Videoexperiment angestrebten Lernprozess nämlich nicht – wie im Unterricht – unmittelbar steuern. Durch die Verwendung interaktiver Elemente kann sie diesen Prozess jedoch auch indirekt strukturieren und an ganz bestimmten Stellen tiefergehende Verständnisfragen aufwerfen. Auf diese Weise kann zudem die Wahrscheinlichkeit erhöht dafür werden, dass die Schüler:innen bei der Durchführung des Experiments auf die zentralen Aspekte achten und diese im Versuchsprotokoll festhalten (Wlotzka, 2020, S. 8). In dem Artikel von Petra Wlotzka (2020) findet sich ein Beispiel für ein Videoexperiment, das mit interaktiven Elementen verknüpft ist und für den Einsatz im Distanzunterricht konzipiert wurde (S. 7-9). In diesem Fall wurden die Quizfragen jedoch nicht mit H5P eingebettet, sondern über das Google-Tool „Formulare“ und QR-Codes integriert.

Was die eigenständige Auswertung von Videoexperimenten im Rahmen von Hausaufgaben bzw. Distanzunterricht angeht, gelten im Grunde die gleichen Kriterien wie schon bei den Heimexperimenten. Der Grad, zu dem Schüler:innen ein Experiment selbst auswerten können, hängt von ihrer Erfahrung und ihrem Vorwissen sowie von der Komplexität der fachlichen Erklärung des Experiments ab (vgl. dazu S. 47f.).

Virtuelle Experimente

Neben Heimexperimenten und Videoexperimenten können auch virtuelle Experimente als Alternative zum Realexperiment im Chemieunterricht eingesetzt werden. Nach Ma und Nickerson (2006) handelt es sich dabei um Imitationen realer Experimente, bei denen die gesamte zum Experimentieren benötigte Ausstattung nicht real ist, sondern am Computer simuliert wird (p. 6).

Da die Durchführung virtueller Experimente auf digitalen Endgeräten erfolgt, liegt auf der Hand, dass sie im Distanzunterricht auf jeden Fall ebenso gut Anwendung finden können wie während des regulären Unterrichts. Über den offensichtlichen Vorteil hinaus, dass man nicht an feste Örtlichkeiten gebunden ist, sprechen weitere Gründe für den Einsatz virtueller Experimente im Unterricht:

So heben Sommer et al. (2018) hervor, dass virtuelle Experimenten den Schüler:innen die Gelegenheit geben, mit Reaktionen zu „spielen“, wie es weder Real- noch Videoexperimente vermögen (S. 584f.), und begründen dies wie folgt: Häufig können bei Simulationen Reaktionsparameter wie Druck, Temperatur, Konzentration, Zerteilungsgrad, etc. problemlos und systematisch variiert werden. Auf diese Weise können die Schüler:innen Wenn/Dann-Beziehungen erkunden und so zu einem vertieften Verständnis darüber gelangen, welche Auswirkungen eine Variation der Reaktionsparameter auf den Verlauf chemischer Reaktionen haben kann. Hinzu kommt, dass Ergebnisse bei virtuellen Experimenten im Allgemeinen schneller gewonnen werden (Sommer et al., 2018, S. 584f.). Letzteres bestätigt auch die Meta-Analyse zum digitalen Lernen in den Naturwissenschaften von Brinson (2015). Darin hat er noch weitere Vorteile von virtuellen Experimenten zusammengetragen: Simulationen sind in aller Regel so gestaltet, dass sie kaum Anlass zur Ablenkung bieten und daher die wesentlichen Informationen stärker hervorgehoben werden. Darüber hinaus kann bei virtuellen Experimenten die Geschwindigkeit modifiziert werden, sodass – ähnlich wie bei Videoexperimenten – sowohl Zeitraffer als auch Zeitlupen möglich sind. Des Weiteren sind virtuelle Experimente im Vergleich zu Realexperimenten kostengünstig, erfordern keine langen Vorlauf für Versuchsaufbau und -vorbereitung und können die Beobachtung von Phänomenen ermöglichen, die mit bloßem Auge nicht zu sehen sind (Brinson, 2015, p. 228). Angesichts dieser vielen Vorteile hat sich Brinson (2015) mit der Frage beschäftigt, wie sich traditionelles und nicht-traditionelles Experimentieren – wobei zu Letzterem das virtuelle Experimentieren zählt – auf das Lernergebnis auswirken. In 89 % der Studien war das Lernergebnis bei nicht-traditionellen Methoden im Vergleich zum klassischen Experiment gleichwertig oder sogar besser, und zwar über alle Indikatorvariablen hinweg – die da wären: “knowledge and understanding, inquiry skills, practical skills, perception, analytical skills, and social and scientific communication“ (Brinson, 2015, p. 218). Es muss allerdings hinzugefügt werden, dass die Stichproben in den zugrundeliegenden Studien aus Studierenden und nicht aus Schüler:innen bestanden. Zwar können die Ergebnisse daher nicht 1:1 auf den Schulunterricht übertragen, aber dennoch als Hinweise herangezogen werden.

Niegemann et al. (2008) zufolge sind Lernprozesse in digitalen Lernumgebungen immer dann besonders erfolgreich, wenn das Ausmaß an Interaktivität, Realitätsnähe und Individualität hoch ist. Die Problematik dabei ist, dass Videoexperimente zwar realitätsnah sind, aber im Allgemeinen keine Interaktivität zulassen und erst recht keine individuellen Lernwege ermöglichen. Die verfügbaren virtuellen Experimente hingegen sind zwar auf Interaktion mit den Schüler:innen ausgelegt und können im besten Fall sogar verschiedene Lernwege verwirklichen, jedoch fehlt ihnen die Realitätsnähe, da sie in aller Regel aus künstlichen Repräsentationen bestehen (Graulich et al., 2021, S. 1; Groos, n. d.). Dies haben die Mitarbeiter:innen des Instituts für Didaktik der Chemie an der Justus-Liebig-Universität Gießen (im Folgenden: Universität Gießen) zum Anlass genommen, Alternativen zu den bisherigen virtuellen chemischen Experimenten zu entwickeln, die die Kriterien der Realitätsnähe und der Interaktivität vereinen (Groos & Graulich, 2021, S. 125). Die von ihnen ausgearbeiteten interaktiven Videoexperimente (IVEX) gehen weit über die bereits bei den Ausführungen zu Videoexperimenten erwähnte Möglichkeit, mit H5P Zwischenfragen in Experimentiervideos einzubetten, hinaus (vgl. S. 56). Die Realitätsnähe wird erzeugt, indem die künstlichen Repräsentationen durch Realvideosequenzen ersetzt werden (Groos & Graulich, 2021, S. 125). Die Interaktivität äußert sich darin, dass die Lernenden selbst über die experimentellen Schritte bestimmen und Fehler machen können (Graulich et al., 2021, S. 1). Wie im echten Labor auch, sind die Schüler:innen dabei jedoch nicht auf sich allein gestellt. Es gibt es einen virtuellen Assistenten, der Hilfestellungen und individuelles Feedback bietet, zur Reflexion anregt und bei gravierenden Fehlern einschreitet (Groos & Graulich, 2021, S. 125). Damit verschiedene Lernwege, die durchaus Irrwege enthalten können, ermöglicht werden können, müssen die Entscheidungen der Lernenden antizipiert und in Videosequenzen umgesetzt werden, wofür wiederum das Vorwissen der Lernenden bekannt sein muss (Graulich et al., 2021, S. 2).

Diesen positiven Aspekten muss jedoch gegenübergestellt werden, dass die Erstellung virtueller Experimente – unabhängig davon, ob es sich um künstliche oder reale Repräsentationen handelt – aufwendig ist und häufig sogar Programmierkenntnisse erfordert. Daher können sie im Gegensatz zu Heim- und Videoexperimenten in aller Regel nicht von der Lehrperson selbst erstellt werden, sodass man auf das (überschaubare) Angebot angewiesen ist, das die „Neuen

Medien“ bieten. Der Nachteil dabei ist, dass man die Anwendungen nicht nach den eigenen Vorstellungen und den Lernvoraussetzungen der Schüler:innen gestalten kann. Häufig enthalten die derzeit verfügbaren virtuellen Experimente beispielsweise bereits erklärende Animationen im Teilchenmodell oder wesentliche Aspekte der Auswertung wie Reaktionsgleichungen, die man eigentlich gern mit den Schüler:innen gemeinsam erarbeitet hätte. Allerdings wird am Institut für Didaktik der Chemie an der Universität Gießen bereits an der Entwicklung einer Software gearbeitet, mit der Lehrkräfte ohne Programmierkenntnisse eigenständig interaktive virtuelle Experimente erstellen können (Graulich et al., 2021, S. 3).

Des Weiteren muss außerdem auf einige Fallstricke im Zusammenhang mit der Durchführung und Dokumentation virtueller Experimente hingewiesen werden. Zwar werden die Möglichkeiten zum spielerischen Erforschen von chemischen Reaktionen und ihren Reaktionsparametern, die virtuelle Experimente bieten, als positiv angesehen (Sommer et al., 2018, S. 584f.), aber es gibt einen Unterschied zwischen ziellosem „Herumprobieren“ und einem systematischen, zielgerichteten Variieren. Wenn die Schüler:innen die Arbeit mit virtuellen Experimenten als bloße Spielerei auffassen, besteht die Gefahr, dass das eigentliche Lernziel aus dem Fokus gerät und verfehlt wird. Daher ist es meines Erachtens nach wichtig, dass gerade Schüler:innen, die noch wenig Erfahrung im Umgang mit virtuellen Experimenten haben, durch Arbeitsaufträge unterstützt werden, die zu systematischem Forschen anregen, ohne die Freiheit der Lernenden zu stark einzuschränken. Darüber hinaus muss man sich als Lehrkraft entscheiden, in welcher Form die Schüler:innen das virtuelle Experiment protokollieren und dokumentieren sollen. Während bei chemischen Heimexperimenten oder Videoexperimenten die Versuchsdurchführung nämlich in der Regel eindeutig und geradlinig und infolgedessen die Strukturierung des Protokolls grundsätzlich klar ist, eröffnet sich den Lernenden bei virtuellen Experimenten unter Umständen eine Vielzahl von Möglichkeiten – sei es durch verschiedene zur Verfügung stehende Edukte und Eduktkombinationen oder eine Variation der Reaktionsbedingungen. Doch wie sollen diese individuell verschiedenen Vorgehensweisen sinnvoll protokolliert werden? Dabei kann es hilfreich sein, wenn die Schüler:innen während des virtuellen Experimentierens Screenshots aufnehmen, die sie später zur Strukturierung des Protokolls oder für weiterführende Aufgaben nutzen können.

Bezüglich der Auswertung der virtuellen Experimente wurde bereits erwähnt, dass sie häufig bereits integriert ist. Dies ist im Allgemeinen nicht wünschenswert, da den Schüler:innen dadurch bereits zentrale Erkenntnisschritte vorweggenommen werden, zumal das Niveau der Erklärungen nicht notwendigerweise an den Lernstand der Schüler:innen anknüpft.

Den zuvor beschriebenen problematischen Aspekten im Zusammenhang mit virtuellen Experimenten ist es geschuldet, dass sie in dieser Arbeit nur einen kleinen Teil einnehmen – und das, obwohl virtuelle Experimente den Videoexperimenten im Hinblick auf deren Interaktivität und Individualität durchaus überlegen sind und deren Auswirkungen auf das Lernergebnis, zumindest unter Studierenden, selbst im Vergleich zu Realexperimenten vielversprechend sind.

Ich hoffe daher, dass das Angebot didaktisch wertvoller virtueller Experimente in Zukunft zunehmen, die Möglichkeiten zur Erstellung eigener Experimente vereinfacht und Konzepte zur Integration virtueller Experimente in den Chemieunterricht entwickelt werden, sodass die positiven Aspekte die negativen dann eindeutig überwiegen.

Recherche und curriculare Einordnung der Rechercheergebnisse

Im Folgenden möchte ich einen groben Einblick in mein Vorgehen bei der Suche nach chemischen Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten geben. Dadurch sollen interessierten Chemielehrer:innen wesentliche Anlaufstellen für zukünftige Recherchen aufgezeigt werden. Um ihnen darüber hinaus die unterrichtliche Nutzung meiner im Anhang dargestellten Rechercheergebnisse zu erleichtern, werde ich mein Vorgehen bei der Systematisierung und curricularen Einordnung der gefundenen Heim-, Video- und virtuellen Experimente schildern.

Heimexperimente

Begonnen habe ich meine Recherche zu Heimexperimenten mit den wissenschaftlichen Hausarbeiten von Daniela Heinrich (2006) und Julia Konen (2011), die sich bereits mit experimentellen Hausaufgaben im Chemieunterricht befasst und diverse Heimexperimente ausgearbeitet haben. Während sich die Experimente von Daniela Heinrich (2006) vorwiegend mit Inhalten der Allgemeinen und Anorganischen Chemie beschäftigen und sie – je nach Tiefe der theoretischen Aufarbeitung – sowohl in der Sek I als auch der Sek II eingesetzt werden können, stammen die Experimente von Julia Konen (2011) aus dem Bereich der Organischen Chemie und richten sich an Schüler:innen der gymnasialen Oberstufe. Darüber hinaus habe ich Ausarbeitungen zu Experimentalvorträgen herangezogen, die auf der Webseite „ChidS“ zu experimentellen Hausaufgaben oder alltagsnahen Themen (z. B. Salze im Haushalt, Schokolade, Tee, Konservierungsstoffe) veröffentlicht wurden.⁶

Des Weiteren habe ich die Aufgabenarchive der verschiedenen experimentellen Chemiewettbewerbe durchforstet. Neben den Aufgaben aus der ersten Runde der Internationalen JuniorScienceOlympiade (IJSO) kommen dafür die Experimentalwettbewerbe der einzelnen Bundesländer in Betracht.^{7,8} Zwar richten sich die

⁶ Die Ausarbeitungen zu Übungen im Experimentalvortrag findet man unter: https://chids.online.uni-marburg.de/veranstaltungen/uebungen_experimentalvortrag.html, Abrufdatum 08.06.2021

⁷ Homepage der IJSO: <https://www.scienceolympiaden.de/ijso>, Abrufdatum 08.06.2021

⁸ Eine Übersicht über die Experimentalwettbewerbe der verschiedenen Bundesländer findet man unter: <https://www.fcho.de/de/wettbewerbe/experimentalwettbewerbe.html>, Abrufdatum 08.06.2021

Aufgaben grundsätzlich an Schüler:innen der Unter- und Mittelstufe, jedoch kommt meiner Meinung nach bei vielen Experimenten durchaus ein Einsatz zur vertieften theoretischen Auseinandersetzung in der Sek II in Frage. Dann muss allerdings die Aufgabenstellung entsprechend angepasst werden. Der Vorteil dieser Aufgaben ist, dass die Experimente in aller Regel bereits für die heimische Durchführung konzipiert und daher sowohl das Gefahrenpotential als auch die Verfügbarkeit der Utensilien bereits berücksichtigt werden.

Alltagsnahe chemische Experimente – inkl. Gefährdungsbeurteilungen! – findet man außerdem auf der Seite der Didaktik der Chemie an der Universität Rostock.⁹ Zur Umsetzung ihres Ansatzes „Chemie fürs Leben“ haben die Mitarbeiter:innen (experimentelle) Unterrichtseinheiten und Projekte zu verschiedenen Themen des Chemieunterrichts ausgearbeitet, die sich durch ein hohes Maß an Alltagsbezug auszeichnen – darunter Unterrichtseinheiten zu Redox- oder Säure-Base-Reaktionen, aber auch zur Energetik.

Weitere wichtige Quellen für Heimexperimente waren die Werke „Experimente mit Supermarktprodukten“, „Noch mehr Experimente mit Supermarktprodukten“ und „Experimente rund um die Kunststoffe des Alltags“ des deutschen Chemikers Georg Schwedt.

Um sicherzustellen, dass ich durch meine Recherche Heimexperimente finde, die möglichst viele curriculumsorientierte und unterrichtsrelevante Inhalte abdecken, habe ich außerdem Lehrbücher (und Arbeitsblattsammlungen) der gängigen Schulbuchverlage zu Rate gezogen und nach Experimenten Ausschau gehalten, die – ggf. nach kleinen Anpassungen an die Gegebenheiten zuhause – als Heimexperimente eingesetzt werden können.

Darüber hinaus habe ich die nach Jahrgangsstufen und Themenbereichen sortierte umfangreiche Sammlung von Versuchsprotokollen der Georg-August-Universität Göttingen auf Experimente durchkämmt, die sich für eine heimische Durchführung anbieten.¹⁰

⁹ Homepage der Didaktik der Chemie an der Universität Rostock: <https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/forschung/arbeitsgebiete-und-projekte/>, Abrufdatum 08.06.2021

¹⁰ Sammlung von Versuchsprotokollen der Georg-August-Universität Göttingen: <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/experimente.php>, Abrufdatum 08.06.2021

Schließlich habe ich alle Experimente in das KCH einsortiert (siehe unten) und dann das Internet gezielt nach Experimenten zu Themen durchsucht, die ich bisher noch nicht abgedeckt hatte, von denen ich aber angenommen habe, dass sie sich für Heimexperimente eignen würden.

Ferner möchte ich darauf hinweisen, dass es auch käuflich erwerbbares Material für Heimexperimente gibt, das ich jedoch nicht in meine Recherche einbezogen habe. So bietet der Raabe Verlag beispielsweise Heimexperimenten zu Katalysatoren im Haushalt an.¹¹ Das Interessante daran ist, dass das Material nicht nur die Anleitung für die Heimexperimente inkl. Gefährdungsbeurteilungen beinhaltet, sondern auch entsprechende Videoclips für Schüler:innen, die die Experimente zuhause nicht durchführen können, umfasst.

Videoexperimente

Auf der Suche nach Videoexperimenten habe ich mich zunächst an den Empfehlungen von Petra Wlotzka (2020) orientiert. Dabei möchte ich ganz besonders auf die Videoexperimente zu klassischen Schulversuchen der Bergischen Universität Wuppertal verweisen.¹² Zum einen sind die Videoexperimente unvertont und ermöglichen so eine unvoreingenommene Betrachtung und Interpretation durch die Schüler:innen. Zum anderen zeigen die meisten Videos nicht nur die Durchführung, sondern im Vorfeld zunächst einmal die benötigten Materialien und Chemikalien sowie gegebenenfalls erforderliche Vorbereitungen. Dies erleichtert das Protokollieren des Experiments und gibt den Schüler:innen zudem gleich zu Beginn einen groben Überblick über das, was kommt. Die aktuellsten Videos enthalten zudem „Lesezeichen“, durch die das Video in Abschnitte unterteilt wird. Dadurch wird der Umgang mit den Videoexperimenten erleichtert und man kann gezielt an bestimmte Stellen zurück- oder vorspringen. Darüber hinaus stehen viele der Videoexperimente zum Download bereit.

Neben den Videoempfehlungen aus dem Artikel von Petra Wlotzka (2020) habe ich – wie bereits bei den Heimexperimenten – die Website „ChidS“ genutzt, auf

¹¹ Unterrichtsmaterial zu Katalysatoren im Haushalt unter: <https://www.raabe.de/unterrichtsmaterial/naturwissenschaften/chemie/33012/katalysatoren-im-haushalt?number=R0457-214051>, Abrufdatum 08.06.2021

¹² Videos zu klassischen Schulversuchen der Bergischen Universität Wuppertal unter: <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5126&L=0>, Abrufdatum 09.06.2021

der es eine Sammlung an – zum Download bereitgestellten! – Videoexperimenten gibt.¹³ Im Gegensatz zu den Videos der Universität Wuppertal sind diese Videos vertont – die Vertonung beschränkt sich jedoch erfreulicherweise auf die Schilderung der Durchführung. Dort findet man u. a. Videoexperimente zum Thema Kohlenhydrate und zu Alkalimetallen und Halogenen, aber auch zu vielen anderen Themenbereichen der organischen und anorganischen Chemie.

Die meisten anderen Videoexperimente, die ich in die Übersicht integriert habe, stammen von YouTube^{DE}. Das Angebot an Videoexperimenten ist dort – nicht zuletzt in Folge des pandemiebedingten Distanzunterrichts – nahezu unbegrenzt. Jedoch sind bei Weitem nicht alle – um genau zu sein, sogar nur ein Bruchteil – von ihnen für den unterrichtlichen Einsatz geeignet. Ich möchte daher auf einige Kanäle hinweisen, die meiner Meinung nach sinnvoll nutzbare Videoexperimente zu schulrelevanten chemischen Inhalten anbieten: „Chemie KZU“¹⁴, „Chemie KZN Kantonsschule Zürich Nord“¹⁵, „BioChemieParadies“¹⁶, „Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes“¹⁷ sowie „Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr“¹⁸. Bei der großen Auswahl an Videoexperimenten des letztgenannten Kanals ist jedoch zu beachten, dass es darunter auch einige gibt, in denen Beobachtungen und Aspekte der Auswertung vorweggenommen werden.

Darüber hinaus möchte ich darauf hinweisen, dass Chemielehrer:innen über die Medienzentren und -institute ihres Landes häufig kostenfreien Zugang zu Videoexperimenten haben. In Hessen wird das Medienangebot beispielsweise über den Medienkatalog „Edupool Hessen“ organisiert, an den die regionalen Medienzentren innerhalb der Schulamtsbezirke angeschlossen sind (Steigerwald, 2020). Um auf die Inhalte zugreifen zu können, müssen sich die Lehrer:innen

¹³ Sammlung an Videoexperimenten der Webseite „Chids“ unter: https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/ueberblick_filme01.html, Abrufdatum 09.06.2021

¹⁴ Videos des YouTube-Kanals „Chemie KZU“ unter: <https://www.youtube.com/channel/UCAWXwXPig7O6VcVLMJ54Fig/videos>, Abrufdatum 09.06.2021

¹⁵ Videos des YouTube-Kanals „Chemie KZN Kantonsschule Zürich Nord“ unter: <https://www.youtube.com/channel/UChFjNxMWUjifoMViAT0gBA/videos>, Abrufdatum 09.06.2021

¹⁶ Videos des YouTube-Kanals „BioChemieParadies“ unter: <https://www.youtube.com/c/BioChemieParadies/videos>, Abrufdatum 09.06.2021

¹⁷ Videos des YouTube-Kanals „Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes“ unter: <https://www.youtube.com/channel/UCTRNY0mQe4S-LqR-psfqr2Q/videos>, Abrufdatum 09.06.2021

¹⁸ Videos des YouTube-Kanals „Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr“ unter: <https://www.youtube.com/channel/UCu0MxPeB1hr9tsfy5HfZiOQ>, Abrufdatum 09.06.2021

allerdings mit ihrer Schulnummer etc. anmelden. Aus diesem Grund war es mir leider nicht möglich, die über Edupool zugänglichen Videoexperimente in meine Übersicht einfließen zu lassen.

Auch das Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht gGmbH (FWU), das Medieninstitut der Bundesrepublik, bietet eine Vielzahl didaktisch aufbereiteter Videoexperimente mit Begleitinformationen an (Barke et al., 2018, S. 164).¹⁹ Allerdings ist deren Nutzung nicht kostenfrei, sondern erfordert den Erwerb einer Schullizenz, weshalb auch diese Materialien nicht in meine Übersicht zu Videoexperimenten integriert werden konnten.

Virtuelle Experimente

Wie bereits bei den Videoexperimenten bin ich auch bei den virtuellen Experimenten zunächst der Empfehlung aus Artikel von Petra Wlotzka (2020) gefolgt. Jedoch wurde darin lediglich das virtuelle Labor der BASF vorgestellt, welches sich allenfalls für den Anfangsunterricht eignet und zudem nur einen vorgegebenen Lernweg ermöglicht.²⁰

Ertragreicher für die unterrichtliche Nutzung sind meiner Meinung nach die virtuellen Experimente der pädagogischen Modellsoftware „Yenka“ von Crocodile Clips.²¹ Sie stammen aus den Bereichen der anorganischen und vor allem der Elektrochemie und können mit einer kostenlosen Heimlizenz zuhause genutzt werden. Da für den Einsatz in der Schule jedoch der Erwerb einer Klassenraum- oder Standortlizenz²² erforderlich ist, ist ein Zugriff auf die Heimlizenz montags bis freitags zwischen 8.30 Uhr und 15.00 Uhr nicht möglich. Das Interessante an diesen virtuellen Experimenten ist, dass man sie bearbeiten und an die eigenen Vorstellungen angleichen kann. So hat die Lehrperson beispielsweise die Möglichkeit, die Begleittexte umzuformulieren oder die Anzeige des Reaktionsverlaufs in Form von Wort- oder Symbolgleichungen zu deaktivieren. Auch können

¹⁹ Unter <https://www.fwu-mediathek.de/result?rtype=all&pid=cifg2sff1tg2ng4accr79spcn5> stehen nach Erwerb einer Lizenz nicht nur eine Vielzahl von Videoexperimenten, sondern auch andere Filmclips und teils interaktive Produktionen zu Inhalten des Chemieunterrichts zur Verfügung.

²⁰ Virtual Lab der BASF unter: <https://basf.kids-interactive.de/>, Abrufdatum 09.06.2021

²¹ Informationen zu und Download von „Yenka“ unter: https://www.yenka.com/de/Yenka_Chemie/, Abrufdatum 09.06.2021

²² Einmalige Kosten: 155 € für die Klassenraum- bzw. 520 € für die Standortlizenz (Stand: 10.06.2021)

Chemikalien oder Geräte hinzugefügt oder entfernt werden. So verfügt die Lehrperson über eine Vielzahl von Stellschrauben, um das virtuelle Experiment optimal auf die Lernvoraussetzungen der eigenen Schüler:innen abzustimmen und ihnen eine möglichst eigenständige Interpretation der Ergebnisse einzuräumen.

Darüber hinaus bietet die University of Colorado Boulder im Rahmen des Projekts „PhET interaktive Simulationen“ eine Auswahl an virtuellen Experimenten und Simulationen aus dem Bereich der Allgemeinen und der Quantenchemie.²³ Im Gegensatz zu den Produkten von „Yenka“ können diese virtuellen Experimente unmittelbar im Browser geöffnet und ohne vorherige Registrierung genutzt werden.

Wie bereits erwähnt, verfolgt das Institut für Didaktik der Chemie der Universität Gießen im Zusammenhang mit virtuellen Experimenten einen anderen Ansatz als die bisher genannten Anbieter, die in ihren virtuellen Experimenten allesamt mit künstlichen Repräsentationen arbeiten. Durch den Einsatz von Realvideosequenzen soll die Realitätsnähe der virtuellen Experimente und so der mit ihrem unterrichtlichen Einsatz verbundene Lernerfolg erhöht werden (Groos & Graulich, 2021, S. 125). Zwar gibt es bisher nur vier IVEX zur Auswahl, jedoch werden in Zukunft weitere hinzukommen und zudem wird an der Entwicklung einer Software gearbeitet, mit deren Hilfe Chemielehrer:innen auch ohne Programmierkenntnisse eigene virtuelle Experimente erstellen können (Graulich et al., 2021, S. 3).²⁴

Einordnung der Rechercheergebnisse in das Kerncurriculum Hessen

Um die Ergebnisse meiner umfangreichen Recherche so aufzubereiten, dass sie im Schulalltag sinnvoll und möglichst effizient genutzt werden können, habe ich mich dazu entschlossen, diese in die Themenbereiche des KCH ein- und darin wiederum den einzelnen inhaltlichen Schwerpunkten zuzuordnen. Die Entscheidung für das KCH beruht lediglich darauf, dass ich an einer hessischen Hochschule studiere. Um die gesamte inhaltliche Bandbreite des schulischen

²³ Übersicht über die virtuellen Experimente und Simulationen aus dem Projekt PhET interaktive Simulationen“ unter: <https://phet.colorado.edu/de/simulations/filter?subjects=chemistry&sort=alpha&view=grid>, Abrufdatum 09.06.2021

²⁴ Übersicht über die IVEX des Instituts für Didaktik der Chemie an der Universität Gießen unter: <https://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/chemiedidaktik/vidpool-ord/ivex-inhalt>, Abrufdatum 09.06.2021

Chemieunterrichts abzubilden, habe ich mich bei der Einordnung ins KCH auf das KCH Sek I – Gymnasium sowie das KCGO bezogen. Ich bin mir allerdings sicher, dass interessierte Chemielehrer:innen, die in anderen Bundesländern oder an anderen Schulformen unterrichten, in den erstellten Tabellen ebenfalls fündig werden. Das Ergebnis ist in Anhang 2 zu sehen, aufgliedert nach Jahrgangsstufe 8 (ab S. 92), Jahrgangsstufe 9/10 (ab S. 130), Einführungsphase (E-Phase; ab S. 187) sowie den vier Kurshalbjahren der Qualifikationsphase (Q-Phase; ab S. 216).

Aufgrund des großen Umfangs der Tabellen empfiehlt es sich, die Lesezeichen- und Suchfunktion von pdf-Dateien zu nutzen, um geeignete Experimente zu finden. Die durchnummerierten Quellen sind dann jeweils per Querverweis mit dem entsprechenden Eintrag im Quellenverzeichnis verbunden, was einen unkomplizierten Zugriff auf das Material von Interesse gewährleisten soll.

Im Falle der Heimexperimente und der Videoexperimente habe ich eine zusätzliche Differenzierung der Quellen vorgenommen. Bei Heimexperimenten enthalten grau hinterlegte Quellen (z. B. [89]) bereits fertig ausgearbeitete Heimexperimente. Die Videoexperimente hingegen sind unterteilt in unvertonte Videos (grüne Schrift, z. B. [687] V), vertonte Videos ohne Interpretation (normale Schrift, z. B. [525] V) und vertonte Videos mit Interpretation (rote Schrift, z. B. [573] V). Letztere habe ich insbesondere dann in meine Übersicht aufgenommen, wenn es keine Alternative gab oder das dargestellte Videoexperiment den übrigen Videos gegenüber in mancher Hinsicht überlegen war. Für den Einsatz im Unterricht kann bei diesen Videoexperimenten ein Abspielen ohne Ton oder ein Beschränken auf einzelne Videosequenzen erwogen werden, um den Schüler:innen keine wesentlichen Erkenntnisschritte vorwegzunehmen.

Ausblick

Die Corona-Pandemie mag der Auslöser für meine Auseinandersetzung – und die vieler Chemielehrer:innen – mit Alternativen zum klassischen Unterrichtsexperiment im Chemieunterricht gewesen sein. Denn das Experiment ist für die Naturwissenschaften und damit insbesondere für die Chemie von zu großer Bedeutung, als man es einfach ersatzlos streichen könnte. Worum es mir aber immer ging – und ich hoffe, das ist durch die Arbeit deutlich geworden –, ist, aufzuzeigen, dass Heim-, Video- und virtuelle Experimente grundsätzlich eine Bereicherung für den Chemieunterricht darstellen und in manchen Situationen dem realen Unterrichtsexperiment im Unterricht sogar überlegen sein können. Die dadurch gewonnene Vielfalt der experimentellen Methode trägt nicht allein dazu bei, den Chemieunterricht abwechslungsreicher zu gestalten, sondern darüber hinaus auch der Tatsache Rechnung, dass sich Schüler:innen in ihren Lerntypen unterscheiden und daher u. U. unterschiedliche Ausführungsformen der experimentellen Methode bevorzugen (Reiners, 2017, S. 92f.). Welche Form des Experiments sich für eine bestimmte Situation am besten eignet, muss stets innerhalb des Spannungsfelds aus Vor- und Nachteilen der jeweiligen Formen und den Merkmalen des konkreten Experiments sowie der Lerngruppe entschieden werden.

Angesichts der zahlreichen Vorteile chemischer Heimexperimente und experimenteller Hausaufgaben ist es wünschenswert, wenn die Kultusministerien und die gesetzliche Unfallversicherung klare Rahmenbedingungen zeitnah schaffen würden, um den Lehrer:innen Unsicherheiten und Sorgen zu nehmen, die aufgrund der bisher uneindeutigen Rechtslage durchaus nachvollziehbar sind. Denn ist es nicht äußerst bedauerlich, wenn den Schüler:innen Gelegenheiten zur vertieften und nachhaltigen Auseinandersetzung mit der Chemie in ihrem Alltag verwehrt bleiben, weil sich Lehrer:innen aus Sorge vor den Konsequenzen, falls doch etwas passiert, gegen den Einsatz von Heimexperimenten entscheiden? (Und machen wir uns nichts vor: Trotz aller denkbaren Sorgfalt bei der Vorbereitung der Experimente und der Aufklärung der Schüler:innen sind Unfälle oder Schäden nie auszuschließen.)

Zudem ist das Angebot an vollständig ausgearbeiteten Heimexperimenten bisher noch sehr begrenzt. Viele im Anhang aufgeführte Quellen beziehen sich auf Unterrichtsexperimente, die an die Bedingungen zuhause angepasst werden müssen. Damit das Konzept von Heimexperimenten in Zukunft eine weitere Verbreitung und Anwendung erfahren kann, ist die Entstehung einer Plattform erstrebenswert, auf der Heimexperimente gesammelt und ausgetauscht werden können. Denn gerade angesichts der zweifellos aufwendigen Etablierung und Vorbereitung chemischer Heimexperimente ist eine solche Vernetzung mit anderen Chemielehrer:innen überaus wertvoll und trägt zur Reduktion des Arbeitsaufwands für die einzelne Lehrperson bei.

Im Hinblick auf Videoexperimente ist zusammenfassend zu sagen, dass es zwar bereits eine unermessliche Anzahl frei verfügbarer Videoexperimente gibt, aber viele davon sich nicht für den unterrichtlichen Einsatz eignen, weil sie den erläuterten Anforderungen nicht genügen. Für die Zukunft wäre daher eine Ausweitung des Angebots von Videoexperimenten, die denen der Bergischen Universität Wuppertal ähneln, wünschenswert – also unvertonte Videoexperimente, die außerdem durch Lesezeichen gegliedert sind (Chemikalien, Geräte, Vorbereitung, Durchführung, etc.). Der Vorteil solcher Videos ist, dass sie vielseitig und flexibel einsetzbar sind und den Lernenden möglichst viel Freiraum für die Deutung des Experiments gewähren.

Bei der Recherche zu Videoexperimenten ist mir außerdem aufgefallen, dass ausgerechnet in den Bereichen, in denen schulische Realexperimente – und somit erst recht Heimexperimente – grundsätzlich schwierig sind, auch Videoexperimente fehlen (z. B. Chemie der Aromaten oder physikalische Methoden der Strukturaufklärung). Da solche Videos aufgrund der mangelnden Ausstattung oder des Gefahrenpotentials der Chemikalien nicht von Chemielehrkräften erstellt werden können, muss deren Bereitstellung eine Aufgabe der Universitäten oder anderer wissenschaftlicher Institutionen sein.

In Bezug auf virtuelle chemische Experimente hoffe ich, dass das bisher relativ begrenzte Angebot in Zukunft um didaktisch wertvolle virtuelle Experimente ergänzt und ausgeweitet wird. Darüber hinaus wäre die Entwicklung von praktikablen Möglichkeiten zur eigenständigen Erstellung virtueller Experimente zu

begrüßen, wie sie beispielsweise vom Institut für Didaktik der Chemie der Universität Gießen angestrebt wird (Graulich et al., 2021, S. 3). Wie bereits erwähnt, bietet die Modellsoftware „Yenka“ derzeit zumindest die Möglichkeit, die existierenden virtuellen Experimente zu bearbeiten und den eigenen Vorstellungen anzupassen. Des Weiteren sind Konzepte zur Einbettung virtueller Experimente in den Chemieunterricht von Nöten. Konkret muss beispielsweise die Frage geklärt werden, wie Schüler:innen ihr virtuelles Experimentieren bestmöglich protokollieren und dokumentieren. Außerdem ist derzeit unklar, wie im Unterricht sinnvoll an virtuelle Experimente angeknüpft werden kann, wo doch davon auszugehen ist, dass die Schüler:innen aufgrund der Offenheit virtueller Experimente grundsätzlich unterschiedliche Lernwege verfolgt haben.

Obwohl die vorgestellten Alternativen zum klassischen Unterrichtsexperiment nicht auf den Einsatz im Distanzunterricht beschränkt sein sollen, möchte ich abschließend trotzdem darauf hinweisen, dass es durchaus im Bereich des Möglichen liegt, dass sie genau in diesem Zusammenhang erneut relevant werden. Zum einen ist unklar, wie sich die Corona-Pandemie im kommenden Herbst entwickeln wird. Dies hängt u. a. von der Impfbereitschaft und -quote in der Bevölkerung sowie von auftretenden Mutationen – wie der sich derzeit in Großbritannien ausbreitenden indischen Delta-Variante – ab (Fischer & Schulz, 2021; Heinze, 2021;). Zwar halten Wissenschaftler:innen eine vierte Infektionswelle mit einem bundesweiten harten Lockdown und einer Rückkehr in den Distanzunterricht für unwahrscheinlich, ausschließen können sie dies jedoch nicht – zumal in Folge unterdurchschnittlicher regionaler Impfquoten lokale Ausbrüche weiterhin möglich sind (Butter et al., 2021; Heinze, 2021). Zum anderen – und das ist entscheidend! – sind sich Expert:innen einig, dass uns der Ausbruch neuer Zoonosen, wie COVID-19 sehr wahrscheinlich eine ist, bevorsteht (Schröder, 2020). Schuld daran ist der Lebensstil der Menschheit, denn es gibt eine Vielzahl anthropogener Faktoren, die eine Schlüsselrolle beim Auftreten zoonotischer Erkrankungen einnehmen – darunter beispielsweise wachsender Fleischkonsum, nicht nachhaltige Landwirtschaft und Massentierhaltung, Urbanisierung sowie der Klimawandel (United Nations Environment Programme (UNEP) & International Livestock Research Institute (ILRI), 2020, pp. 4, 15-17). Nur wenn diese Ursachen hinreichend verstanden werden, können Strategien zur Durchbrechung

der Übertragungsketten von Zoonosen entwickelt und künftige Pandemien verhindert werden. Dazu wird allerdings ein One-Health-Konzept – also die fächerübergreifende Zusammenarbeit von Expert:innen u. a. aus den Bereichen Human- und Veterinärmedizin sowie Umweltwissenschaften – erforderlich sein (RKI, 2019; UNEP & ILRI, 2020, pp. 4).

Literaturverzeichnis

- Asselborn, W., Jäckel, M., Risch, K. T. (Hrsg.) & Sieve, B. (2010). *Chemie heute kontextorientierter Ansatz Sekundarstufe I*. Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH.
- Baader, A. (2021). *Erreger, Entstehung und Verbreitung (Stand: 24. September 2020)*. DGUV Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung Spitzenverband.
<https://www.dguv.de/de/praevention/corona/allgemeine-infos/index.jsp>, Abrufdatum 24.05.2021
- Barke, H.-D., Harsch, G., Kröger, S. & Marohn, A. (2018). *Chemiedidaktik kompakt – Lernprozesse in Theorie und Praxis* (3. Aufl.). Springer.
- Bezler, H. J., Frenzel, E., Hohenberger, L., Kellner, R., Kiehne, M., Neunzig, M., Piechocki, A., Proll, B., Radtke, R., Ritzmann, U., Siebert, A. & Tschiedel, V. (2019). *Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU) Empfehlung der Kultusministerkonferenz*. KMK Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1994/1994_09_09-Sicherheit-im-Unterricht.pdf, Abrufdatum 27.03.2021
- Bieberstein, A. (2019). *Interaktive Videos mit H5P erstellen*. Technische Universität Darmstadt. <https://blog.e-learning.tu-darmstadt.de/2019/07/15/interaktive-videos-mit-h5p-erstellen/>, Abrufdatum 03.06.2021
- Bloom, J. D., Chan, Y. A., Baric, R. S., Bjorkman, P. J., Cobey, S., Deverman, B. E., Fishman, D. N., Gupta, R., Iwasaki, A., Lipsitch, M., Medzhitov, R., Neher, R. A., Nielsen, R., Patterson, N., Stearns, T., van Nimwegen, E., Worobey, M. & Relman, D. A. (2021). Investigate the origins of COVID-19. *Science*, Vol 372, Issue 6543, p. 694.
<https://doi.org/10.1126/science.abj0016>
- Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education*, 87, 218-237.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2021). *Pressemitteilung 19.02.2021 | Nr. 030/2021: Karliczek/KMK: „Bund und Länder arbeiten bei der Digitalisierung gut zusammen und kommen voran.“*. Bundesministerium für Bildung und Forschung.
https://www.bmbf.de/files/2021-02-19_030%20PM%20Zahlen%20Digi-pakt%20Feb%202021.pdf, Abrufdatum 10.04.2021

- Bundesregierung. (2021). *Coronavirus-Impfverordnung geändert: Impf-Priorisierung ab 7. Juni aufgehoben*. Die Bundesregierung. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/coronavirus/corona-impfung-priorisierung-entfaellt-1914756>, Abrufdatum 07.06.2021
- Butter, C., Oberfranz, T., Reichert, P., Rainer-Esderts, S. & Schmid-Johannsen, J. (2021). *Fehlende Daten zur Impfung – Im Blindflug durch die Pandemie?* tagesschau. https://www.tagesschau.de/investigativ/report-mainz/daten-corona-impfung-101.html?utm_source=pocket-newtab-global-de-DE, Abrufdatum 10.06.2021
- Committee for Medicinal Products for Human Use. (2021). First COVID-19 vaccine approved for children aged 12 to 15 in EU. European Medicines Agency. <https://www.ema.europa.eu/en/news/first-covid-19-vaccine-approved-children-aged-12-15-eu>, Abrufdatum 07.06.2021
- Cosmos Versicherung AG. (n. d.). *Diensthauptpflichtversicherung – Schutz für Lehrer und Erzieher*. CosmosDirekt. <https://www.cosmosdirekt.de/diensthauptpflichtversicherung/ratgeber/>, Abrufdatum: 26.03.2021
- de Vries, T., Martin, J. & Paschmann, A. (2006). Heimexperimente – Ein erprobtes Projekt zum Thema Elektrochemie in der Sek. II. *CHEMKON*, 13(4), 171-179.
- Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin (DEGAM). (2021). *Pressemitteilung: DEGAM kritisiert Umgang einiger politischer Entscheidungsträger mit der STIKO*. Deutsche Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin. https://www.degam.de/files/Inhalte/Degam-Inhalte/Presse/Presseordner_2021/PM_DEGAM_Corona_STIKO_fin.pdf, Abrufdatum 10.06.2021
- Di Fuccia, D.-S. (2008). *Schülerexperimente im Chemieunterricht*. Fortbildungskonzepte und -materialien zur kompetenz- bzw. standardbasierten Unterrichtsentwicklung (for.mat). http://www.kmk-format.de/material/Nawi/Experiment/E1_Einstieg/E_1_3_1_Artikel_Schuelerexperimente.pdf, Abrufdatum 26.04.2021
- Dong, E., Du, H. & Gardner, L. (2021). *COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU)*. Johns Hopkins University & Medicine. <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>, Abrufdatum 27.03.2021
- Efing, N., Kakoschke, A. & Sommer, K. (2015). Experimentelle Hausaufgaben. Vernetzung von Schule und Elternhaus am Beispiel des Projektes KEMIE. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 147, 24-29.

- Fischer, L. & Schulz, B. (2021). *Delta-Variante in Großbritannien: Eine Mutante, wie gemacht für die vierte Welle*. Zeit Online. <https://www.zeit.de/wissen/2021-06/delta-variante-grossbritannien-corona-krise-steigende-infektionszahlen-impfschutz-mutation/komplettaansicht>, Abrufdatum 11.06.2021
- forsa Politik- und Sozialforschung GmbH. (2020a). *Das Deutsche Schulbarometer Spezial Corona-Krise*. Das Deutsche Schulportal. <https://deutsches-schulportal.de/download/das-deutsche-schulbarometer-spezial-corona-krise/?wpdmdl=15727&refresh=60647e91dd8b31617198737>, Abrufdatum 31.03.2021
(Download nur nach Anmeldung bei Das Deutsche Schulportal möglich)
- forsa Politik- und Sozialforschung GmbH. (2020b). *Das Deutsche Schulbarometer Spezial Corona-Krise: Folgebefragung*. Das Deutsche Schulportal. <https://deutsches-schulportal.de/download/deutsches-schulbarometer-spezial-corona-krise-folgebefragung/?wpdmdl=23378&refresh=606472c02e0111617195712>, Abrufdatum 31.03.2021
(Download nur nach Anmeldung bei Das Deutsche Schulportal möglich)
- Freienberg, J., Krüger, W., Lange, G. & Flint, A. (2001). „Chemie fürs Leben“ auch schon in der Sekundarstufe I – geht das? *CHEMKON* 8(2), 67-75.
- Geier, C. (2011). *Einsatz und Erstellung von Filmen im Chemieunterricht* (Wissenschaftliche Hausarbeit). Philipps-Universität Marburg. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Filmeinsatz_Geier.pdf, Abrufdatum 06.05.2021
- Gerhardt, T. (2010). *Multimedienprojekt Alkalimetalle und Halogene*. Philipps-Universität Marburg. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/AlkalimetalleHalogene_Gerhardt/Start.html, Abrufdatum 03.06.2021
- Gerner, A. (2010). *Filmexperimente im Chemieunterricht – Schwerpunkt Kohlenhydrate* (Wissenschaftliche Hausarbeit). Philipps-Universität Marburg. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner.pdf, Abrufdatum 06.05.2021
- Ghebreyesus, T. A. (2021). *WHO Director-General's remarks at the Member State Briefing on the report of the international team studying the origins of SARS-CoV-2*. World Health Organization. <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-remarks-at-the-member-state-briefing-on-the-report-of-the-international-team-studying-the-origins-of-sars-cov-2>, Abrufdatum 05.06.2021

- Görlich, S. (n. d.). *Anleitung zur Moodle-Aktivität „H5P“ – Interaktives Video*. PuG Pflege- und Gesundheitswissenschaften. https://pug-pflege-und-gesundheit.de/fyls/3249/download_file/&usg=AOvVaw1BR61xePcWMa-f0b_z2x4a, Abrufdatum 03.06.2021
- Graulich, N., Groos, L. & Maaß, K. (2021). Interaktive Videoexperimente – der Idee zur Umsetzung. *CHEMKON*, 28. <https://doi.org/10.1002/ckon.202100005>
- Groos, L. & Graulich, N. (2021). IVEX - Interaktive Videoexperimente auf dem Prüfstand. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, digitale Jahrestagung 2020 (S. 125). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/2021/05/GDCP_Band41_010521.pdf, Abrufdatum 04.06.2021
- Groos, L. (n. d.). *E-Learning – Digitales Laborpraktikum in der Chemie*. Justus-Liebig-Universität Gießen. <https://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/chemiedidaktik/fdc/ordner-forschung-c/forschung-elearning#LG-Forschung>, Abrufdatum 27.05.2021
- Heinrich, D. (2006). *Experimentelle Hausaufgaben im Chemieunterricht* (Wissenschaftliche Hausarbeit). Philipps-Universität Marburg. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHausaufgaben_Heinrich.pdf, Abrufdatum 26.03.2020
- Heinze, S. (2021). *Vierte Welle, Maske, Herdenimmunität? Mit welcher Corona-Lage ab Herbst zu rechnen ist*. RND Redaktionsnetzwerk Deutschland. <https://www.rnd.de/gesundheit/corona-ausblick-herbst-2021-vierte-welle-maske-herdenimmunitaet-womit-muessen-wir-rechnen-VCBV6UQPX5EIHBW3BRTT3S3DS4.html>, Abrufdatum 10.06.2021
- Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung. (n. d.). *Ein Leben zwischen den Spezies – Zoonosen*. HZI Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung. <https://www.helmholtz-hzi.de/de/wissen/wissensportal/keime-und-krankheiten/zoonosen/>, Abrufdatum 22.05.2021
- Hessisches Kultusministerium (HKM) (Hrsg.), Schmidt, U., Borniger, M., Brandt, T., Förster, F., Goldbach, M., Herzog, A., Hundt, A., List, T., Miehle, T., Schöbel, J., Seitz, K. & Volkwein, H. (2020a). *Rechtliche Klärungen, Empfehlungen und Informationen zu unterrichtsersetzenden und unterrichtsunterstützenden Lernsituationen* (2. Aufl.). Hessisches Kultusministerium. https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/hkm/handreichung_unterrichtsersetzende_unterrichtsunterstuetzende_lernsituationen_2.auflage.pdf, Abrufdatum 26.03.2021

- Hessisches Kultusministerium (HKM) (Hrsg.). (2006). Vierte Verordnung zur Änderung der Verordnung über die Aufsicht über Schülerinnen und Schüler Vom 20. Dezember 2005. *Amtsblatt des Hessisches Kultusministeriums ABl. 1/06*, 3-6. Hessisches Kultusministerium. https://hessisches-amtsblatt.de/wp-content/plugins/pdf-viewer/stable/web/viewer.html?file=/wp-content/uploads/online_pdf/pdf_2006/01_2006.pdf, Abrufdatum 03.05.2021
- Hessisches Kultusministerium (HKM) (Hrsg.). (2016). *Kerncurriculum gymnasiale Oberstufe, Chemie*. Hessisches Kultusministerium. <https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kcgo-ch.pdf>, Abrufdatum 21.04.2021
- Hessisches Kultusministerium (HKM) (Hrsg.). (2020b). *Schulbetrieb im Schuljahr 2020/2021 – Planungsszenarien für die Unterrichtsorganisation orientiert an der Entwicklung des Infektionsgeschehens*. Hessisches Kultusministerium. https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/leitfaden_schulbetrieb_im_schuljahr_2020-2021.pdf, Abrufdatum 29.03.2021
- Hessisches Kultusministerium (HKM) (Hrsg.). (n. d.). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder: Das neue Kerncurriculum für Hessen, Sekundarstufe I – Gymnasium*. Hessisches Kultusministerium. https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum_chemie_gymnasium.pdf, Abrufdatum 21.04.2021
- Hessisches Kultusministerium (HKM). (2021). *Corona: Impfung von Schülerinnen und Schülern*. Hessisches Kultusministerium. <https://kultusministerium.hessen.de/presse/pressemitteilung/impfung-von-schuelerinnen-und-schuelern>, Abrufdatum 23.05.2021
- Hirschhäuser, C. (2020, März 16). *Ein Video in Moodle einbetten* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=MV7_P2762Hs, Abrufdatum 03.06.2021
- Huber, S. G., Günther, P. S., Schneider, N., Helm, C., Schwander, M., Schneider, J. A., & Pruitt, J. (2020). *COVID-19 - aktuelle Herausforderungen in Schule und Bildung. Erste Befunde des Schul-Barometers in Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Waxmann. <https://www.waxmann.com/index.php?eID=download&buchnr=4216>, Abrufdatum 29.03.2021
- Imöhl, S. & Ivanov, A. (2021). *Coronavirus: So hat sich die Lungenkrankheit in Deutschland entwickelt*. Handelsblatt. <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/covid-19-in-deutschland-coronavirus-so-hat-sich-die-lungenkrankheit-in-deutschland-entwickelt/25584942.html>, Abrufdatum 30.03.2021

- Jungblut, M. (2020). *Rückblick 2020 – Chronologie eines Schuljahrs in der Coronakrise*. Deutschlandfunk. https://www.deutschlandfunk.de/rueckblick-2020-chronologie-eines-schuljahrs-in-der.680.de.html?dram:article_id=489919, Abrufdatum 30.03.2021
- Karliczek, A., Eisenmann, S. & Piazzolo, M. (2020b). *Zusatz-Verwaltungsvereinbarung „Administration“ Zum DigitalPakt Schule 2019 bis 2024*. DigitalPakt Schule. https://www.digitalpaktschule.de/files/2020-11-03_ZV_Administration_web.pdf, Abrufdatum 09.04.2021
- Karliczek, A., Eisenmann, S., Bodegan, C., Piazzolo, M., Rabe, T., Scheeres, S., Lorz, A., Ernst, B., Martin, B., Tonne, G. H., Piwarz, C., Gebauer, Y., Tullner, M., Hubig, S., Prien, K., Streichert-Clivot, C. & Holter, H. (2020a). *Zusatz zur Verwaltungsvereinbarung DigitalPakt Schule 2019 bis 2024 („Sofortausstattungsprogramm“)*. DigitalPakt Schule. <https://www.digitalpaktschule.de/files/Zusatzvereinbarung-web.pdf>, Abrufdatum 09.04.2021
- Karliczek, A., Eisenmann, S., Piazzolo, M., Scheeres, S., Ernst, B., Bodegan, C., Rabe, T., Lorz, A., Martin, B., Tonne, G. H., Gebauer, Y., Hubig, S., Streichert-Clivot, C., Piwarz, C., Tullner, M., Prien, K. & Holter, H. (2021). *Zusatz-Verwaltungsvereinbarung „Leihgeräte für Lehrkräfte“ zum DigitalPakt Schule 2019 bis 2024 vom 27. Januar 2021*. DigitalPakt Schule. <https://www.digitalpaktschule.de/files/ZV%20Leihger%c3%a4te%20f%c3%bcr%20Lehrkr%c3%a4fte%20DPS%202019%20bis%202024.pdf>, Abrufdatum 09.04.2021
- Karliczek, A., Eisenmann, S., Rabe, T., Piazzolo, M., Lorz, A., Scheeres, S., Hesse, B., Ernst, B., Tonne, G. H., Bodegan, C., Gebauer, Y., Hubig, S., Holter, H., Commerçon, U., Piwarz, C., Tullner, M. & Prien, K. (2019). *Verwaltungsvereinbarung DigitalPakt Schule 2019 bis 2024*. DigitalPakt Schule. https://www.digitalpaktschule.de/files/VV_DigitalPakt-Schule_Web.pdf, Abrufdatum 01.04.2021
- Kautz, H. (2021). *Coronavirus SARS-CoV-2: Chronik der bisherigen Maßnahmen*. Bundesministerium für Gesundheit. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/coronavirus/chronik-coronavirus.html>, Abrufdatum: 27.03.2021
- Kieren, C. (2008). *Chemiehausaufgaben in der Sekundarstufe I des Gymnasiums – Fragebogenerhebung zur gegenwärtigen Praxis und Entwicklung eines optimierten Hausaufgaben designs im Themenbereich Säure-Base* (Dissertation). Universität Duisburg-Essen. https://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-20751/Diss_Kieren.pdf, Abrufdatum 03.05.2021

- Knopf, J. (2020). *School to go – Woran man gute digitale Lernangebote erkennt*. Das Deutsche Schulportal. <https://deutsches-schulportal.de/unterricht/woran-man-gute-digitale-lernangebote-erkennt/>, Abrufdatum 24.05.2021
- Konen, J. (2011). *Experimentelle Hausaufgaben*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/Home.html, Abrufdatum: 26.03.2021
- Kratz, M. (1995). *Experimente als Hausaufgaben Chemie* (3. Aufl.). Aulis Verlag Deubner & Co. KG.
- Kultusministerkonferenz (KMK). (2020a). *KMK: Regulärer Schulbetrieb spätestens nach den Sommerferien*. KMK Kultusministerkonferenz. <https://www.kmk.org/presse/pressearchiv/mitteilung/detail/News/kmk-regulaerer-schulbetrieb-spaetestens-nach-den-sommerferien.html>, Abrufdatum 30.03.2021
- Kultusministerkonferenz (KMK). (2020b). *KMK: Schulen müssen offen bleiben / Gesundheits- und Infektionsschutz hat oberste Priorität*. KMK Kultusministerkonferenz. <https://www.kmk.org/presse/pressearchiv/mitteilung/detail/News/kmk-schulen-muessen-offen-bleiben-gesundheits-und-infektionsschutz-hat-oberste-prioritaet.html>, Abrufdatum 30.03.2021
- Kultusministerkonferenz (KMK). (2021a). *Wiederaufnahme des Schulbetriebs (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 04.01.2021)*. KMK Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_01_04-Corona-Beschluss-KMK-Schule.pdf, Abrufdatum 30.03.2021
- Kultusministerkonferenz (KMK). (2021b). *„Flächendeckend testen, Unterricht und Prüfungen ermöglichen“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.04.2021)*. KMK Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2021/Beschluss_2021-04-08.pdf, Abrufdatum 12.04.2021
- Lichtenberg, S. (2021). *Gastbeitrag: Warum Distanzunterricht als Möglichkeit in die Schulgesetze gehört*. News4teachers – Das Bildungsmagazin. <https://www.news4teachers.de/2021/04/gastbeitrag-warum-distanzunterricht-als-moeglichkeit-in-die-schulgesetze-gehört/>, Abrufdatum 23.05.2021

- Lorz, A. (2020a). *Schreiben vom 15. März 2020: Aussetzung des regulären Schulbetriebs – ergänzende Informationen*. Hessisches Kultusministerium. <https://kultusministerium.hessen.de/schulsystem/coronavirus-schulen/fuer-schulleitungen/schreiben-schulleitungen/aussetzung-des-regulaeren-schulbetriebs-ergaenzende-informationen>, Abrufdatum 29.03.2021
- Lorz, A. (2020b). *Schreiben vom 07. Mai 2020: Weitere Schritte zur Schulöffnung*. Hessisches Kultusministerium. <https://kultusministerium.hessen.de/schulsystem/umgang-mit-corona-schulen/fuer-schulleitungen/schreiben-schulleitungen/weitere-schritte-zur-schuloeffnung>, Abrufdatum 29.03.2021
- Lorz, A. (2020c). *Schreiben vom 30. Oktober 2020: Neue Corona-Maßnahmen*. Hessisches Kultusministerium. <https://kultusministerium.hessen.de/schulsystem/umgang-mit-corona-schulen/fuer-schulleitungen/schreiben-schulleitungen/neue-corona-massnahmen>, Abrufdatum 29.03.2021
- Lorz, A. (2021a). *Aktuelle Information zum Schul- und Unterrichtsbetrieb: Auswirkungen der sog. Notbremse des Bundes*. Hessisches Kultusministerium. https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/hkm/schulschreiben_23.04.2021.pdf, Abrufdatum 23.05.2021
- Lorz, A. (2021b). *Schreiben vom 12. Mai 2021: Schul- und Unterrichtsbetrieb ab dem 17. Mai 2021*. Hessisches Kultusministerium. <https://kultusministerium.hessen.de/schulsystem/umgang-mit-corona-an-schulen/fuer-schulleitungen/schreiben-schulleitungen/schul-und-unterrichtsbetrieb-ab-dem-17-mai-2021>, Abrufdatum 13.05.2021
- Lühken, A. (2020). Chemie unterrichten und lernen in der Corona-Zeit – Neue Wege finden! *CHEMKON*, 17(5), 207.
- Ma, J. & Nickerson, J. V. (2006). Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review. *ACM Computing Surveys*, Vol. 38, No. 3, Article 7.
- Merkel, A. (2020). *Fernsehansprache von Bundeskanzlerin Angela Merkel* (Pressemitteilung 100; Mittwoch, 18. März 2020). Die Bundesregierung. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/fernsehansprache-von-bundeskanzlerin-angela-merkel-1732134>, Abrufdatum 23.05.2021
- Mitteldeutscher Rundfunk (MDR). (2020). *Pandemie – Die Chronik der Corona-Krise*. mdr. <https://www.mdr.de/nachrichten/jahresrueckblick/corona-chronik-chronologie-coronavirus-102.html>, Abrufdatum 29.03.2021

- Mutschke, N. (2019). *YouTube-Downloads – verboten oder erlaubt?* Anwalt.de. https://www.anwalt.de/rechtstipps/youtube-downloads-verboten-oder-erlaubt_158816.html, Abrufdatum 03.06.2021
- Nicolai, N. (2005). Skriptgeleitete Eltern-Kind-Interaktion bei Chemiehausaufgaben: Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Säure-Base. *Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 43*.
- Niedersächsisches Kultusministerium. (2014). *Schüler- oder Demonstrationsexperimente im Fach Chemie für das Zentralabitur mit landesweit einheitlichen Aufgabenstellungen*. Bildungsportal Niedersachsen. www.nibis.de/uploads/2mk-trauschke/Info-ExpChemie-imAbitur.pdf, Abrufdatum 25.04.2021
- Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M. & Zobel, A. (2008). *Kompendium multimediales Lernen*. Springer.
- Norddeutscher Rundfunk (NDR). (2021). *Corona: Britische Virusvariante verursacht dritte Welle*. NDR. <https://www.ndr.de/ratgeber/gesundheit/Corona-Britische-Virusvariante-verursacht-dritte-Welle.corona7262.html>, Abrufdatum 23.05.2021
- Pross, S. (2007). *Chemische Hausaufgaben*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/expvotr/726ChemischeHausaufg_Pross.doc, Abrufdatum 02.04.2021
- Reiners, C. S. (2017). *Chemie vermitteln – Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen* (1. Aufl.). Springer.
- Richter, M. (2021). *Kommentar zu digitaler Bildung: Ein gigantischer Modernisierungstau*. Deutschlandfunk Kultur. https://www.deutschlandfunkkultur.de/kommentar-zu-digitaler-bildung-ein-gigantischer.1264.de.html?dram:article_id=490505, Abrufdatum 10.04.2021
- Robert Koch-Institut (RKI) (Hrsg.), Seedat, J., Winkler, M., Harendt, N., Paape, C. & Petschelt, J. (2021). *Aktuelle Daten und Informationen zu Infektionskrankheiten und Public Health - Epidemiologisches Bulletin (23/2021)*. Robert Koch Institut. https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2021/Ausgaben/23_21.pdf?__blob=publicationFile, Abrufdatum 10.06.2021
- Robert Koch-Institut (RKI). (2019). *One Health*. Robert Koch Institut. <https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Antibiotikaresistenz/One-Health/One-Health-tab-gesamt.html>, Abrufdatum 11.06.2021

- Robert Koch-Institut (RKI). (2020). *Präventionsmaßnahmen in Schulen während der COVID-19-Pandemie – Empfehlungen des Robert Koch-Instituts für Schulen*. Robert Koch Institut. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Praevension-Schulen.pdf?__blob=publicationFile, Abrufdatum 30.03.2021
- Rudnicka, J. (2020). *Anzahl der Lehrkräfte an allgemeinbildenden Schulen in Deutschland im Schuljahr 2019/2020 nach Bundesländern*. Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/201496/umfrage/anzahl-der-lehrer-in-deutschland-nach-bundeslaendern/>, Abrufdatum 27.03.2021
- Rudnicka, J. (2021). *Schüler in Deutschland nach Bundesländern im Schuljahr 2020/2021*. Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/981823/umfrage/anzahl-der-schueler-an-allgemeinbildenden-schulen/>, Abrufdatum 27.03.2021
- Salzner, J. (2019). *Chemie – mach mit! Ein blaues Wunder?! 36*. Goethe Universität Frankfurt am Main. <https://www.uni-frankfurt.de/76404558/cmm36.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- Schäffer, V., Alf, F., Dörr, M., Grupp, A., Linse, D., Abel, B. & Braun, W. H. (2016). *Videos aus dem Internet*. Lehrerinnenfortbildung Baden-Württemberg. https://lehrerfortbildung-bw.de/st_recht/urheber/urh/film/net/, Abrufdatum 03.06.2021
- Schäffer, V., Alf, F., Dörr, M., Grupp, A., Linse, D., Abel, B. & Braun, W. H. (2020). *Checkliste: Musik und Video*. Lehrerinnenfortbildung Baden-Württemberg. https://lehrerfortbildung-bw.de/st_recht/urheber/checkl/musik_video/index.html, Abrufdatum 03.06.2021
- Schiefele, U. & Schaffner, E. (2020). Motivation. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 163-185). Springer.
- Schmidkunz, H. (1983). Die Gestaltung chemischer Demonstrationsexperimente nach wahrnehmungpsychologischen Erkenntnissen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 31, 360–366.
- Schratz, M. (2020). *Das Deutsche Schulbarometer „Diese Krise ist eine Jahrhundertchance“*. Das Deutsche Schulportal. <https://deutsches-schulportal.de/schulkultur/corona-krise-das-deutsche-schulbarometer-diese-krise-ist-eine-jahrhundertchance/>, Abrufdatum 24.05.2021
- Schröder, L. (2020). *Konsum, Kapitalismus & Klimawandel: Wie der Mensch neue Pandemien produziert*. mdr. <https://www.mdr.de/wissen/studie-zoonosen-durch-umweltzerstoerung-100.html>, Abrufdatum 10.06.2021

- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.). (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. KMK Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf, Abrufdatum 07.04.2021
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.). (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife*. KMK Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf, Abrufdatum 07.04.2021
- Sgoff, M. & Bader, H.-J. (1996). Experimente als Hausaufgabe – Darf man das überhaupt? *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)*, 49(3), 184-185.
- Sommer, K., Wambach-Laicher, J. & Pfeifer, P. (Hrsg.). (2018). *Konkrete Fachdidaktik Chemie – Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (1. Aufl.). Aulis Verlag in Friedrich Verlag GmbH.
- Spieß, S. (2008). *Welchen Stellenwert räumen Lehrer und Schüler dem Experiment im Chemieunterricht ein?* GRIN Wissen finden & publizieren. <https://www.grin.com/document/139493>, Abrufdatum 23.04.2021
- Steigerwald, F. (2008, August 2). *Medienzentren Hessen*. Hessischer Bildungsserver. <https://medienzentren.bildung.hessen.de/>, Abrufdatum 06.05.2021
- Störmer-Häußler, J. (2020). *Sondermaßnahmen für den experimentellen Unterricht*. FCI Fonds der Chemischen Industrie. <https://www.vci.de/fonds/schulpartnerschaft/sondermassnahmen/sonderfoerderung.jsp>, Abrufdatum 14.04.2021
- Studienseminar Koblenz. (2018). *Schulisches Lernen in der didaktischen Landschaft*. Bildungsserver Rheinland-Pfalz. https://www.studienseminar.rlp.de/fileadmin/user_upload/studienseminar.rlp.de/gy-ko/Pflichtmodule_18-19/13_Materialien_und_Methoden_II_-_07.05.2018/11_Formen_schulischen_Lernens_in_der_didaktischen_Landschaft_Skript_.pdf, Abrufdatum 17.05.2021
- Tagesschau. (2020, Dezember 13). *Strengere Corona-Maßnahmen: Harter Lockdown ab Mittwoch*. Tagesschau. <https://www.tagesschau.de/inland/corona-massnahmen-145.html>, Abrufdatum 30.03.2021

- Tagesschau. (2021, März 12). *Wieler zu Corona-Lage "Fallzahlen auf zu hohem Niveau eingependelt"*. Tagesschau. <https://www.tagesschau.de/inland/rki-zahlen-freitag-103.html>, Abrufdatum 31.03.2021
- Unfallkasse Hessen (UKH). (2019). *Schutz und Leistungen für Kita- und Schulkinder*. UKH Unfallkasse Hessen. https://www.ukh.de/uploads/tx_ukhdruckschriften/UKH_Flyer_Schutz-und-Leistungen-2019_WEB.pdf, Abrufdatum 26.03.2021
- Unfallkasse Hessen (UKH). (2021). *Versichert beim Distanzunterricht/Homeschooling?* UKH Unfallkasse Hessen. <https://www.ukh.de/news-details/article/versichert-beim-distanzunterrichthomeschooling/>, Abrufdatum: 26.03.2021
- United Nations Environment Programme (UNEP) & International Livestock Research Institute (ILRI). (2020). *Preventing the Next Pandemic: Zoonotic diseases and how to break the chain of transmission*. UN environment programme. <https://www.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/32316/ZP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, Abrufdatum 22.05.2021
- Wessel, T. & Romanowski, G. (2020). *Merkblatt zur Vergabe von Sonderförderung zur Beschaffung von Gegenständen für Experimente im häuslichen Umfeld*. FCI Fonds der Chemischen Industrie. <https://www.vci.de/ergaenzende-downloads/merkblatt-sonderfoerderung-fuer-heimexperimente.pdf>, Abrufdatum 24.05.2021
- Wiese, C. (2014). *4.3 Experimentelle Hausaufgaben*. Lehrerinnenfortbildung Baden-Württemberg. https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/gym/bp2004/fb4/4_w3/3_3/w3_exp_3_3_experimentelle_hausaufgaben.docx, Abrufdatum 27.03.2021
- Wlotzka, P. (2020). *Chemie-Experimente: Digital – Ideen für Präsenz- und Distanzunterricht*. *Unterricht aktuell*, d00009, 1-16. Friedrich – Gemeinsam für guten Unterricht. <https://www.friedrich-verlag.de/shop/unterricht-aktuell-chemie-experimente-digital-d00009>, Abrufdatum 14.04.2021
- World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe. (2021). *A timeline of WHO's response to COVID-19 in the WHO European Region*. World Health Organization Regional Office for Europe. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/339983/WHO-EURO-2021-1772-41523-56652-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, Abrufdatum 24.05.2021

World Health Organization (WHO). (2021). *WHO-convened Global Study of Origins of SARS-CoV-2: China Part*. World Health Organization. https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/final-joint-report_origins-studies-6-april-2021.pdf?sfvrsn=4f5e5196_1&download=true, Abrufdatum 22.05.2021

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Anfrage an das Hessische Kultusministerium	90
Anhang 2: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten ins Hessische Kerncurriculum Chemie	92
Jahrgangsstufe 8	92
Welt der Stoffe – Identifikation und Ordnung von Stoffen.....	92
Der Mix macht's – Stoffgemische.....	106
Verwandlungen – Chemische Reaktionen	113
Tafel des Wissens – Periodensystem der Elemente	120
Schatzkiste der Natur – Chemie in Alltag und Technik.....	121
Blick hinter die Kulissen – Aufbau von Stoffen und chemische Bindung.....	125
Magie des Kohlenstoffs – Organische Verbindungen.....	127
Jahrgangsstufe 9/10	130
Welt der Stoffe – Identifikation und Ordnung von Stoffen.....	130
Der Mix macht's – Stoffgemische.....	141
Verwandlungen – Chemische Reaktionen	143
Tafel des Wissens – Periodensystem der Elemente	153
Schatzkiste der Natur – Chemie in Alltag und Technik.....	154
Blick hinter die Kulissen – Aufbau von Stoffen und chemische Bindung.....	181
Magie des Kohlenstoffs – Organische Verbindungen.....	184
Einführungsphase	187
E.1 Redoxreaktionen	187
E.2 Protolysereaktionen.....	200
E.3 Einführung in die Chemie organischer Verbindungen	207
E.4 Erdöl und Erdgas – Brennstoffe in der Diskussion.....	213
E.5 Mobile Energieumwandler.....	214

Qualifikationsphase	216
Q1: Stoffgruppen in der organischen Chemie	216
Q1.1 Kohlenwasserstoffe	216
Q1.2 Alkanole und Carbonylverbindungen.....	220
Q1.3 Alkansäuren und ihre Derivate	225
Q1.4 Seifen	228
Q1.5 Konservierungsstoffe.....	232
Q2: Naturstoffe und Synthesechemie	234
Q2.1 Kohlenhydrate und Peptide	234
Q2.2 Grundlagen der Kunststoffchemie.....	244
Q2.3 Fette im Alltag	248
Q2.4 Organische Werkstoffe	255
Q2.5 Chemie der Aromaten.....	258
Q3: Das chemische Gleichgewicht.....	259
Q3.1 Chemische Gleichgewichte und ihre Einstellung.....	259
Q3.2 Protolysegleichgewichte	263
Q3.3 Redoxgleichgewichte	270
Q3.4 Puffersysteme – Säure-Base-Puffer.....	280
Q3.5 Geschwindigkeit chemischer Reaktionen.....	281
Q4: Wahlthemen aus der Chemie.....	286
Q4.1 Farbstoffe – Grundlagen, Farbstoffgruppen und Färbeverfahren.....	286
Q4.2 Chemische Zusatzstoffe in Lebensmitteln.....	292
Q4.3 Komplexchemie.....	295
Q4.4 Nachhaltige Chemie am Beispiel eines modernen Waschmittels	298
Q4.5 Physikalische Methoden der Strukturaufklärung	304
Q4.6 Katalyse in Natur und Technik.....	306

Anhang 3: Quellen für Alternativen zum klassischen Unterrichtsexperiment	310
Quellenverzeichnis für chemische Heimexperimente	310
Quellenverzeichnis für Videoexperimente und virtuelle Experimente	339

Anhang

Anhang 1: Anfrage an das Hessische Kultusministerium

Übersicht der Eingaben

<https://kultusministerium.hessen.de/print/1467/submission/122754>



[Startseite](#) > [Kontakt](#) > [Kontakt](#)

Anrede

Frau

Vorname

Cora

Name

Schäfer

Straße

Keine Angaben

Hausnummer

Keine Angaben

PLZ

Keine Angaben

Ort

Keine Angaben

E-Mail

schaef4e@students.uni-marburg.de

Telefonnummer

Keine Angaben

Themenkomplex

Allgemeine Frage

Betreff

Chemische Heimexperimente und experimentelle Hausaufgaben

Ihr Anliegen

Sehr geehrtes Team des Hessischen Kultusministeriums,

im Rahmen meiner Wissenschaftlichen Hausarbeit an der Philipps-Universität Marburg beschäftige ich mich mit Alternativen zum klassischen Experiment im Chemieunterricht, und zwar sowohl im Distanzunterricht als auch darüber hinaus. Eine solche Alternative stellen Heimexperimente dar, die die Schüler:innen typischerweise mit Alltagsstoffen und -materialien im häuslichen Umfeld durchführen.

In diesem Zusammenhang würde ich mich sehr über eine Stellungnahme Ihrerseits freuen. Gibt es beispielsweise bereits Regelungen für die Durchführung von Heimexperimenten (bzw. experimentellen Hausaufgaben) in naturwissenschaftlichen Fächern? Schließlich sind ja durchaus Aufgabenstellungen für experimentelle Hausaufgaben in verschiedenen Schulbüchern und Unterrichtsmaterialien zu finden.

Welche Voraussetzungen müssen für die Durchführung erfüllt sein (z. B. Einverständnis der Eltern, Zustimmung der Schulkonferenz/Schulleitung o. ä.)?

Wie schätzen Sie Durchführung von Heimexperimenten rechtlich ein? Wie sehen sie beispielsweise die Haftungsfrage, sollte es bei solchen Heimexperimenten (trotz ungefährlicher "Chemikalien" aus dem Alltag und ausführlicher Sicherheitsbelehrung) zu Unfällen kommen?

Ich freue mich sehr auf Ihre Antwort und danke Ihnen bereits vielmals im Voraus.

Freundliche Grüße und ein schönes Wochenende,
Cora Schäfer

Datenschutzbestimmungen

Ich habe die Datenschutzbestimmungen ^[1] gelesen und erkläre mich damit einverstanden.

Weitergabe von personenbezogenen Daten

Keine Angaben

Quell URL: <https://kultusministerium.hessen.de/node/1467/submission/122754>

Links

[1] <https://kultusministerium.hessen.de/node/1703?width=600&height=600>

Abbildung A1: Anfrage an das Hessische Kultusministerium vom 26.03.2021.

Quelle: Eigener Screenshot

Anhang 2: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten ins Hessische Kerncurriculum

Chemie

Jahrgangsstufe 8

Welt der Stoffe – Identifikation und Ordnung von Stoffen

Tabelle 1: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Welt der Stoffe – Identifikation und Ordnung von Stoffen“ der Jgst. 8.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation]; [vertonte Videos mit Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen	
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)		
Chemiespezifischer Stoffbegriff, Stoffeigenschaften und Stoffgruppen	Farbe, Glanz, Geruch	Untersuchung der äußeren Beschaffenheit von Stoffen	◦ [8] S. 22 (Exp. 1)		ggf. Lupe erforderlich	
	Härte	Untersuchung der Härte von Stoffen durch Ritzprobe mit verschiedenen Materialien	◦ [8] S. 22 (Exp. 3) ◦ [14] S. 33			
	Magnetismus	Gegenstände im Alltag mit Magneten untersuchen	◦ [8] S. 22 (Exp. 2) ◦ [200] Aufgabe 1		Magnet erforderlich	
	Brennbarkeit	Untersuchung verschiedener Materialien auf Brennbarkeit	◦ [214]	◦ [595] V		
	Dichte	Dichte von Flüssigkeiten und Lösungen	Dichte von Flüssigkeiten und Lösungen	◦ [8] S. 23 (Exp. 9) ◦ [13] S. 27 (V2) ◦ [14] S. 47 (Station 2)		◦ Problem bei Heimexperimenten: Genauigkeit von Haushaltswaagen und Messbechern (statt Messbechern ggf. Einwegspritzen verwenden?) ◦ [8] Spiritus; ohne Senkspindel ◦ [13] Speiseöl und Wasser; ohne Aräometer ◦ [14] Öl
				Dichte von Gasen		◦ [823] V
Dichte von regelmäßigen Körpern		◦ [13] S. 31 (Aufgabe 6)		◦ [13] Knete und Wachs; Würfel mit 10 cm ³ schwierig (besser Quader?)		

Fortsetzung: Chemiespezifischer Stoffbegriff, Stoffeigenschaften und Stoffgruppen	Fortsetzung: Dichte	Fortsetzung: Dichte von regelmäßigen Körpern	◦ [111] „Schwimmt ein Päckchen Butter?“		◦ [111] Butter
		Das Prinzip der Wasserverdrängung zur Volumenbestimmung	◦ [219], [220]		
		Dichte von unregelmäßigen Körpern (Verdrängungsexperimente)	◦ [8] S. 23 (Exp. 7) ◦ [14] S. 47 (Station 2) ◦ [72] ◦ [77] ◦ [251] Auftrag 1	◦ [723] V	◦ Problem bei Heimexperimenten: Genauigkeit von Haushaltswaagen und Messbechern (statt Messbechern ggf. Einwegspritzen verwenden?) ◦ [8] Eisenschrauben ◦ [14] Eisennagel, Glasrohr, Gabel ◦ [72] 5-Cent-Münzen ◦ [77], [251] Spitzer-Gehäuse ◦ [723] Stahlnägel
		Dichte von Alltagsstoffen im Vergleich zur Dichte von Wasser	◦ [325] oder [328]		
		Unterscheidung alter und neuer Eier	◦ [189] Versuch 1b		Erläuterung in [246] Aufgabe 2a
		Unterscheidung von Cola und Cola light anhand der Dichte	◦ [111] „Cola vs. Cola light“ ◦ [204] ◦ [344]		
		Dichte einer geschälten vs. einer ungeschälten Orange im Vergleich zu Wasser	◦ [53] ◦ [111] „Schwimmt eine Orange?“		
		Dichte von Lösungen: Zuckergehalt in Fruchtsäften und Limonaden bestimmen (mit Eichgerade oder selbstgebautes Aräometer)	◦ [14] S. 42f. ◦ [54]		◦ [14] selbstgebautes Aräometer; Einwegtropfpipette (3 mL) erforderlich ◦ [54] Eichgerade ◦ Problem bei Heimexperimenten: Genauigkeit von Haushaltswaagen und Messbechern (statt Messbechern ggf. Einwegspritzen verwenden?)
		Dichte von Lösungen: Rohe Eier sinken oder schweben in Salzlösungen	◦ [98] Experiment C1+C2 ◦ [189] Versuch 1c ◦ [243], [246] Aufgabe 3		
		Identifizierung von Alltagskunststoffen über die Dichte	◦ [57] S. 407 (EXP 17.03) ◦ [293] S. 13f.	◦ [832] VE (Lab 1: Die Plastic Docs)	

Fortsetzung: Chemiespezifischer Stoffbegriff, Stoffeigenschaften und Stoffgruppen	Fortsetzung: Dichte	Dichteturm	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [90] S. 40f. ◦ [339] ◦ [378] S. 94-97 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [90] verschieden konzentrierte Salzlösungen (analog mit Zucker möglich) ◦ [339], [378] verschiedene Lösungen aus dem Alltag
		Temperaturabhängigkeit der Dichte: Luft	◦ [182] S. 23 (Versuch 27+28)		
		Temperaturabhängigkeit der Dichte: Unterwasservulkan	◦ [338]		
		Temperaturabhängigkeit der Dichte: Bau eines Thermometers	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [245], [248] Aufgabe 4 ◦ [340] 		beruht auf der Wärmeausdehnung von Flüssigkeiten
		Temperaturabhängigkeit der Dichte Dichteanomalie des Wasser – Wasser dehnt sich beim Gefrieren aus	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [16] S. 82f. (V3.7) ◦ [30] Versuch 1 ◦ [224] ◦ [347] 	◦ [495] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [16] erfordert Thermometer ◦ [224] erfordert Einwegspritze (10 mL) ◦ [347] entweder Reagenzglas mitgeben oder durch Röhrchen von Vanilleschoten o. ä. ersetzen
	Siedetemperatur	Verdunstungsgeschwindigkeit verschiedener Flüssigkeiten	◦ [165] C – Anf 3		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Verdunstungsgeschwindigkeit hängt von Siedetemperatur/-bereich ab ◦ Untersuchung von Wasser, Speiseöl, Schmieröl, Feuerzeugbenzin, Spiritus, Öl von Zitruschalen, Nagellackentferner, ...
		Siedetemperatur von Wasser	◦ [348]		<ul style="list-style-type: none"> ◦ auch Schmelztemperatur ◦ Stövchen oder Kochfeld statt Bunsenbrenner und Untertasse statt Uhrglas ◦ erfordert Thermometer
		Siedekurve von Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 32 (Exp. 13) ◦ [26] S. 23f. (Versuch 4) ◦ [265] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Thermometer ◦ [26], [265] Schmelz- und Siedekurve; [26] Herdplatte statt Magnetrührer und ein normales Thermometer verwenden
	Schmelz- und Erstarrungstemperatur/-bereich	Schmelztemperatur von Eis	◦ [348]		<ul style="list-style-type: none"> ◦ auch Siedetemperatur ◦ Stövchen oder Kochfeld statt Bunsenbrenner und Untertasse statt Uhrglas ◦ erfordert Thermometer
		Schmelzkurve von Eis	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [26] S. 23f. (Versuch 4) ◦ [114] ◦ [265] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Thermometer ◦ [26], [265] Schmelz- und Siedekurve; [26] Herdplatte statt Magnetrührer und ein normales Thermometer verwenden

Fortsetzung: Chemiespezifischer Stoffbegriff, Stoffeigenschaften und Stoffgruppen	Fortsetzung: Schmelz- und Erstarrungstemperatur/-bereich	Schmelzkurve von Kerzenwachs	◦ [8] S. 23 (Exp. 8)		◦ erfordert Thermometer ◦ Wasserbad an Möglichkeiten zuhause anpassen (Topf mit Schüssel o. ä.); alternativ Stövchen verwenden
		Schmelz- und Erstarrungskurve von Zinn		◦ [704] VE	
		Schmelztemperatur verschiedener Schokoladensorten	◦ [24], [279] Aufgabe 1 ◦ [50] Versuch 2		[50] erfordert Thermometer
		Schmelztemperatur/-bereich verschiedener alltäglicher Substanzen (Butterschmalz, Marshmallows, Schokolade, Eis)	◦ [332]		◦ erfordert Thermometer ◦ Stövchen statt Stativring mit Drahtnetz ◦ kann ergänzt werden um Kerzenwachs, Traubenzucker, Haushaltszucker, ...
	Löslichkeit: Abhängigkeit vom Lösungsmittel	Wasser als Lösungsmittel	◦ [8] S. 22 (Exp. 5) + S. 38 (Exp. 19) ◦ [14] S. 145 (Versuch 1)		◦ [8] Kochsalz, Gips/Kreidepulver, Zucker, Holzkohle, Brennspritus, Speiseöl, Sand ◦ [14] Zucker, Stärke, Sand, Spiritus, Öl
		Wasser und Kohlenwasserstoffe als Lösungsmittel	◦ [15] S. 63		◦ (Wasch-)Benzin oder Paraffinöl statt Heptan verwenden ◦ AB bezieht sich auf Strukturformeln und zwischenmolekulare Kräfte (ggf. nur Durchführung nutzen)
		Wasser und Ethanol bzw. Spiritus als Lösungsmittel	◦ [6] S. 46-48 (Versuch 10) + S. 51f. (Versuch 12 b)	◦ [624] V	◦ [6] Fett bzw. Permanentmarker in Wasser bzw. Spiritus; Schnapsgläser o. ä. statt Reagenzgläsern verwenden; Versuch 10: Erwärmen auf einem Stövchen, falls erforderlich ◦ [624] Öl in Wasser bzw. Ethanol, Ethanol in Wasser, <i>n</i> -Pentan in Wasser bzw. Ethanol
		Wasser, Spiritus und Benzin als Lösungsmittel	◦ [15] S. 149		◦ Spiritus statt Ethanol verwenden ◦ AB bezieht sich auf Strukturformeln (ggf. nur Durchführung nutzen)
		Löslichkeit von <i>n</i> -Heptan in Wasser bzw. Öl		◦ [472] V ◦ [615] V	als Heimexperiment denkbar, allerdings mit Paraffinöl oder Waschbenzin statt <i>n</i> -Heptan
		Löslichkeit alkanhaltiger Brennstoffe in Wasser, Spiritus und Paraffinöl	◦ [6] S. 94-96 (Versuch 23)		◦ Untersuchung von Feuerzeuggas, Feuerzeuggas, Grillanzünder, Lampenöl, Petroleum und Kerzenwachs

Fortsetzung: Chemiespezifischer Stoffbegriff, Stoffeigenschaften und Stoffgruppen	Fortsetzung: Löslichkeit: Abhängigkeit vom Lösungsmittel	Fortsetzung: Löslichkeit alkanhaltiger Brennstoffe in Wasser, Spiritus und Paraffinöl			◦ erfordert Reagenzgläser, Einwegpipetten und Einwegspritzen
		Löslichkeit von Kaugummi in verschiedenen Lösungsmitteln	◦ [188] Aufgabe 3		Wasser, Speiseöl, Zitronensäurelösung, Spiritus
	Löslichkeit: Prinzip der Flüssig-Flüssig-Verteilung	Extraktion von Farbstoffen aus verschiedenen Gemüsesorten	◦ [65] ◦ [291] S. 74 (Experiment 64) ◦ [291] S. 75 (Experiment 65) ◦ [291] S. 75f. (Experiment 66) ◦ [291] S. 86 (Experiment 75)		
Löslichkeit: (halb-)quantitative Bestimmung der Löslichkeit	Löslichkeit: (halb-)quantitative Bestimmung der Löslichkeit	Bestimmung der Wasserlöslichkeit von Kochsalz	◦ [8] S. 158 (Exp. 14) ◦ [263] Versuch 1		[263] exakter, allerdings muss Vollpipette ersetzt werden (Spritze, Schnapsglas, o. ä.)
		Bestimmung der Wasserlöslichkeit von Kochsalz, Kupfersulfat und Soda	◦ [13] S. 129 (V1)		Kochsalz, Kupfersulfat, Natriumcarbonat (Soda)
		Bestimmung der Wasserlöslichkeit von Natriumchlorid, Kaliumnitrat und Natriumnitrat		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Löslichkeit – Definition“
		Vergleich der Wasserlöslichkeit von Zucker und Kochsalz	◦ [226]		
		Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser	◦ [8] S. 158 (Exp. 16) ◦ [14] S. 51 (Versuch 1) ◦ [18] S. 451 (V1) oder [20] S. 425 (V1) ◦ [260] S. 315 (V3) ◦ [323] ◦ [327]	◦ [433] V	Heimexperimente: Vase, Flasche o. ä statt Stand-/Messzylinder
Löslichkeit: Temperaturabhängigkeit	Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit fester Stoffe (qualitativ)	◦ [7] S. 39-41 ◦ [8] S. 158 (Exp. 15) ◦ [13] S. 129 (V3) ◦ [108] Experimente A1-A3			◦ [7] Natriumchlorid, Alaun (Kaliumaluminiumsulfat) und Saccharose ◦ [8] Natriumchlorid und Kaliumnitrat ◦ [13] Kaliumnitrat ◦ [108] Harnstoff aus Kälte-Sofortkompressen; erfordert Thermometer

Fortsetzung: Chemiespezifischer Stoffbegriff, Stoffeigenschaften und Stoffgruppen	Fortsetzung: Löslichkeit: Temperaturabhängigkeit	Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit fester Stoffe (quantitativ)	◦ [7] S. 42-44	◦ [479] VE	◦ [7] erfordert Natriumchlorid, Alaun (Kaliumaluminiumsulfat) und Kaliumnitrat ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Löslichkeit und Temperatur“
		Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid	◦ [8] S. 158 (Exp. 17) ◦ [14] S. 51 (Versuch 1+2) ◦ [90] S. 48f. ◦ [341]	◦ [824] V	◦ [8] Kohlenstoffdioxid aus Brausetablette auffangen o. ä ◦ [14] erfordert Thermometer; Vase, Flasche o. ä statt Messzylinder
	Löslichkeit: Kristalle aus heißgesättigten Lösungen züchten	Züchtung von Zuckerkrystallen (Kandiszucker)	◦ [26] S. 95f. (Versuch 66) ◦ [33] S. 284-298 ◦ [165] C – Div 2 ◦ [378] S. 28-33		◦ [26] Erhitzen in einem Topf; Trinkgläser statt Bechergläser verwenden ◦ [165] erfordert Thermometer
		Züchtung von Alaun-Kristallen	◦ [7] S. 45-50 ◦ [10] S. 154 ◦ [13] S. 230 (V1+V2) ◦ [283] S. 21		◦ erfordert Alaun (Kaliumaluminiumsulfat) ◦ [7], [10] erfordern Thermometer
		Züchtung von Kupfersulfat-Kristallen	◦ [8] S. 37 (Exp. 1) ◦ [48] Versuch 3		◦ erfordert Kupfersulfat ◦ [8] erfordert Thermometer
		Züchtung von Kaliumnitrat-Kristallen aus Flüssigdünger	◦ [296] S. 10-12 (Versuch 3)		
	Elektrische Leitfähigkeit	Elektrische Leitfähigkeit verschiedener Alltagsgegenstände	◦ [223] ◦ [360]	◦ [572] V	Heimexperimente haben hohen Materialaufwand: Flachbatterie (4,5 V), Kabel mit Krokodilklemmen und Glühlämpchen
	Wärmeleitfähigkeit	Wärmeleitfähigkeit von Stahl, Kunststoff, Holz, Styropor, Messing und Glas	◦ [14] S. 34		untersuchte Materialien an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen
		Wärmeleitfähigkeit von Kupfer, Kunststoff, Holz, Eisen und Glas		◦ [573] V	
		Vergleich der Wärmeleitfähigkeit von Kupfer und Glas		◦ [436] V	
		Münze gegen Streichholz: Vergleich der Wärmeleitfähigkeit von Kupfer/Nickel und Holz	◦ [51], [52]		
	Verknüpfung verschiedener Stoffeigenschaften	Selbstgebaute Lavalampe	◦ [90] S. 16f.		dabei spielen Löslichkeit (inkl. Polarität) und Dichte eine Rolle

Ordnung von Stoffen anhand verschiedener Kriterien	Grundsätzlich kommen alle bereits genannten Stoffeigenschaften zur Ordnung von Stoffen in Frage (siehe oben)	Beispiel: Unterscheidung zwischen Metallen und Nichtmetallen anhand der Stoffeigenschaften Glanz, Verformbarkeit, elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit			
		Beispiel: Unterscheidung zwischen Eisen (sowie Cobalt und Nickel) und den übrigen Metallen anhand der Stoffeigenschaft Magnetismus	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 22 (Exp. 2) ◦ [26] S. 76 (Versuch 51) ◦ [200] Aufgabe 1 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Magneten ◦ [26] erfordert Proben von Aluminium, Kupfer, Eisen, Zink und Zinn, Drahtkleiderbügel und Getränkedose
Stoffidentifikation	Stoffidentifikation	Fahndung nach acht Unbekannten: Identifikation von Weizenmehl, Feinwaschmittel, Haushaltszucker, Gips, Kochsalz, Backpulver, Zitronensäure und Tapetenkleister	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 36-38 		ggf. Lupe statt Mikroskop verwenden
		Die weiße Substanz: Probe und fünf Vergleichssubstanzen (Hirschhornsalz, Backpulver, Mehl, Zucker, Zitronensäure)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [75] S. 25-28 (Spur 8) 		Lupe erforderlich
Messverfahren und Nachweisverfahren	Messverfahren	Siedepunkt bestimmen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 32 (Exp. 13) ◦ [26] S. 23f. (Versuch 4) ◦ [265] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Thermometer ◦ [8] Siedekurve von Wasser ◦ [26], [265] Schmelz- und Siedekurve; [26] Herdplatte statt Magnetrührer und ein normales Thermometer verwenden
		Schmelzpunkt/-bereich bestimmen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 23 (Exp. 8) ◦ [26] S. 23f. (Versuch 4) ◦ [114] ◦ [265] 	◦ [704] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Thermometer ◦ [8] Kerzenwachs; Wasserbad an Möglichkeiten zuhause anpassen (Topf mit Schüssel o. ä.); alternativ Stövchen verwenden ◦ [26], [114], [265] Wasser; [26], [265] Schmelz- und Siedekurve; [26] Herdplatte statt Magnetrührer und ein normales Thermometer verwenden ◦ [704] Zinn
		Dichte bestimmen: Dichte von Flüssigkeiten und Lösungen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 23 (Exp. 9) ◦ [13] S. 27 (V2) ◦ [14] S. 47 (Station 2) 		◦ Problem bei Heimexperimenten: Genauigkeit von Haushaltswaagen und Messbechern (statt Messbechern ggf. Einwegspritzen verwenden?)

Fortsetzung: Messverfahren und Nachweisverfahren	Fortsetzung: Messverfahren	Fortsetzung: Dichte bestimmen: Dichte von Flüssigkeiten und Lösungen			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] Spiritus; ohne Senkspindel ◦ [13] Speiseöl und Wasser; ohne Aräometer ◦ [14] Öl
		Dichte bestimmen: Dichte von Gasen		◦ [823] V	Dichtebestimmung von Kohlenstoffdioxid mit einer Spritze
		Dichte bestimmen: Dichte von regelmäßigen Körpern	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] S. 31 (Aufgabe 6) ◦ [111] „Schwimmt ein Päckchen Butter?“ 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] Knete und Wachs; Würfel mit 10 cm³ schwierig (besser Quader?) ◦ [111] Butter
		Dichte bestimmen: Dichte von unregelmäßigen Körpern (Verdrängungsexperimente)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 23 (Exp. 7) ◦ [14] S. 47 (Station 2) ◦ [72] ◦ [77] ◦ [251] Auftrag 1 	◦ [723] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Problem bei Heimexperimenten: Genauigkeit von Haushaltswaagen und Messbechern (statt Messbechern ggf. Einwegspritzen verwenden?) ◦ [8] Eisenschrauben ◦ [14] Eisennagel, Glasrohr, Gabel ◦ [72] 5-Cent-Münzen ◦ [77], [251] Spitzer-Gehäuse ◦ [723] Stahlnägel
		Zuckergehalt über die Dichte bestimmen (mit Eichgerade oder selbstgebautes Aräometer)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [14] S. 42f. ◦ [54] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [14] selbstgebautes Aräometer; Einwegtropfpipette (3 mL) erforderlich ◦ [54] Eichgerade ◦ Problem: Genauigkeit von Haushaltswaagen und Messbechern (statt Messbechern ggf. Einwegspritzen verwenden?)
		Löslichkeit bestimmen (Beispiel: Wasserlöslichkeit von Kochsalz)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 158 (Exp. 14) ◦ [263] Versuch 1 		[263] exakter, allerdings muss Vollpipette ersetzt werden (Spritze, Schnapsglas, o. ä.)
	Nachweisverfahren	Kalkwasserprobe: Nachweis von Kohlenstoffdioxid	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 162-164 ◦ [15] S. 10 (Versuch 1) ◦ [26] S. 64 (Versuch 39) ◦ [184] S. 9 (3.1.5) + S. 18 (3.5.1+3.5.2) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [654] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11 ◦ [7], [184] 3.1.5 Untersuchung von Brausetablettengas ◦ [15], [184] 3.5.2 Untersuchung von Ausatemluft ◦ [26] Untersuchung von Luft; erfordert Petrischale (ggf. durch Glasschälchen o. ä. ersetzen) ◦ [184] 3.5.1: Untersuchung gasförmiger Verbrennungsprodukte einer Kerze

Fortsetzung: Messverfahren und Nachweisverfahren	Fortsetzung: Nachweisverfahren	Fortsetzung: Kalkwasserprobe: Nachweis von Kohlenstoffdioxid			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] Reaktion von Carbonaten mit Salzsäure (im Vergleich zu Sulfaten und Chloriden); unter „Anorganische Chemie“ → „Bestimmen von Substanzen“ → „Carbonat-Test“ ◦ [654] Kohlenstoffdioxid aus Gasflasche und Untersuchung von Ausatemluft
		Glimmspanprobe: Nachweis von Sauerstoff	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [96] Experiment B ◦ [183] S. 20 (Versuch 22) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [586] V ◦ [590] V 	[96], [183] Sauerstoff aus Oxi-Reiniger; [183] erfordert ein kleines Reagenzglas o. ä.
		Knallgasprobe: Nachweis von Wasserstoff		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [650] V ◦ [822] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [650] Wasserstoff aus Reaktion von Zink mit Salzsäure ◦ [822] Wasserstoff aus Gasflasche
		Kalkwasser-, Glimmspan- und Knallgasprobe: Nachweis von Kohlenstoffdioxid, Sauerstoff und Wasserstoff		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Bestimmen von Substanzen“ → „Gas-Test“
		Nachweis von Wasser mit weißem Kupfersulfat	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 176 ◦ [15] S. 10 (Versuch 2) ◦ [68] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Kupfersulfat ◦ [7], [15] Reaktion von weißem Kupfersulfat mit Wasser ◦ [68] Untersuchung von Supermarktprodukten auf Wasser
		Nachweis von Halogenid-Ionen mit Silbernitrat	◦ [292] S. 221f. (Experiment 175)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [567] VE ◦ [601] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [292] nur Chlorid; Herstellung einer Silbernitrat-Lösung siehe [292] S. 222 oben ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Bestimmen von Substanzen“ → „Halogenid-Test“; Chlorid, Bromid und Iodid ◦ [567] nur Chlorid; virtuelles Videoexperiment inkl. Auflösen des Niederschlags mit konz. Ammoniak-Lösung ◦ [601] Chlorid, Bromid und Iodid
		Nachweis von Sulfat-Ionen mit Bariumchlorid und verdünnter Salzsäure		◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Bestimmen von Substanzen“ → „Sulfat-Ion-Test“ ◦ Vergleich mit Nitraten, Carbonaten und Halogeniden ◦ zeigt, dass Silber-Ionen stören (Fällung von Silberchlorid)

Fortsetzung: Messverfahren und Nachweisverfahren	Fortsetzung: Nachweisverfahren	Flammenfärbung		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [643] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] Barium-, Lithium-, Kalium-, Natrium- und Calciumsalz; unter „Anorganische Chemie“ → „Bestimmen von Substanzen“ → „Flammentests“; ggf. Platindraht schräger stellen (unter Bearbeiten) ◦ [643] Lithium-, Calcium- und Natriumsalz
		Identifikation von vier unbekannt Substanzen (Kaliumchlorid, Natriumsulfat, Magnesiumcarbonat und Bleibromid) durch Nachweisreaktionen		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Bestimmen von Substanzen“ → „Unbekannte Substanzen“ ◦ ggf. Platindraht schräger stellen (unter Bearbeiten)
		Säure-Base-Indikatoren	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 63-65 + S. 68f. + S. 73f. ◦ [8] S. 159 (Exp. 19) ◦ [12] S. 190 ◦ [20] S. 38 (V1+V5) ◦ [39] ◦ [56] S. 8-16 (Versuch 2) ◦ [89] S. 70-80 + S. 142-155 ◦ [136], [137] ◦ [165] C – SL 2 Aufgabe 5 + SL 3a-c ◦ [179] ◦ [183] S. 10f. (Versuch 7-12) ◦ [201] S. 10-12 (Versuch 1-3) ◦ [277] ◦ [317] 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [671] V ◦ [698] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 63-65 Rotkohl-, Rote Beete- und Radieschen-Indikator ◦ [7] S. 68f., [165] Universal- und Rotkohllindikator; erfordert pH-Papier ◦ [7] S. 73f., [20], [39], [56], [89], [136], [137], [179], [183], [201], [277], [671] Rotkohllindikator (Impuls: Rotkohl vs. Blaukraut); Erklärung in [291] S. 6-8; [201] Versuch 1 zusätzlich Tee als Indikator ◦ [8] Universalindikator; erfordert pH-Papier; neben sauren Bonbons und Kalkentferner können auch andere Alltagssubstanzen getestet werden ◦ [12] Heidelbeeren, Preiselbeeren, Aronia, Cranberries, Brombeeren, Rotkohl und Radieschen als Indikator; Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [317] Rotkohl-, Blüten- und Radieschenindikator ◦ [479] Universalindikator, Phenolphthalein und Lackmus; unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „pH-Indikatoren“

Fortsetzung: Messverfahren und Nachweisverfahren	Fortsetzung: Nachweisverfahren	Fortsetzung: Säure-Base-Indikatoren			◦ [698] Universalindikator, Bromthymolblau, Phenolphthalein und Rotkohllindikator
		Indikatorpapier selbst gemacht	◦ [56] S. 8-12 (Versuch 2.1+2.2) ◦ [174]		
Produkt- und Umweltrelevanz von Stoffen	Wasser	Wassergehalt von Lebensmitteln	◦ [165] C – Anf 1 ◦ [222]		◦ [165] Wassergehalt verschiedener Lebensmittel durch Trocknen im Ofen ◦ [222] Wassergehalt einer Salatgurke durch Reiben und Auspressen
		Boden als natürliche „Kläranlage“	◦ [26] S. 119 (Versuch 84) ◦ [212] ◦ [324] ◦ [354]		◦ Stichwort: „natürliche Kläranlage“, Funktionsweise eines Kiesfilters ◦ [324] erfordert Aktivkohle; ggf. durch gemörserte Kohletabletten ersetzen?
		Abwasserreinigung: Trennen eines Stoffgemisches aus Papiertaschentuschnipseln, Gemüseschnipseln, Sand, Waschpulver und Wasser	◦ [227] S. 31-34 (Arbeitsblatt 5)		Hinweise und Auswertung unter [227] S. 49
		Solare Destillationsanlage: Wie man in der Wüste Wasser gewinnen kann	◦ [165] C – Gem 5		
		Solare Destillationsanlage: Wie man aus Salzwasser Trinkwasser gewinnen kann	◦ [230]		
		Schwermetalle	Wirkung von Kupfer-Ionen auf Hefe	◦ [48] Versuch 2 oder [278], [308] Aufgabe 2 ◦ [270] Versuch 3	
	Wirkung von Kupfer-Ionen auf Enzyme (Katalase)		◦ [57] S. 321 (EXP 12.11)		◦ erfordert Kupfersulfat und Wasserstoffperoxid ◦ ggf. Kontaktlinsenflüssigkeit als Alternative zu Wasserstoffperoxid-Lösung
	Klimaerwärmung	Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid	◦ [8] S. 158 (Exp. 17) ◦ [14] S. 51 (Versuch 1+2) ◦ [90] S. 48f. ◦ [341]	◦ [824] V	◦ Stichwort: Treibhausgase im Ozean ◦ [8] Kohlenstoffdioxid aus Brausetablette auffangen o. ä. ◦ [14] erfordert Thermometer; Vase, Flasche o. ä statt Messzylinder
	Luftverschmutzung	Staubkarte	◦ [8] S. 102 (Exp. 1) ◦ [165] C – Um 2		

Fortsetzung: Produkt- und Umweltrelevanz von Stoffen	Saurer Regen	Modellversuch: Saurer Regen		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [697] V ◦ [806] V 	[479] unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Saurer Regen“
	Kunststoffe	Trennung verschiedener Kunststoffe anhand ihrer Dichte	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 39 (Exp. 26) ◦ [26] S. 111f. (Versuch 77) ◦ [57] S. 407 (EXP 17.03) ◦ [293] S. 13f. 	◦ [832] VE (Lab 1: Die Plastic Docs)	Stichwort: Recycling
		Eigenschaften von Kunststoffen	◦ [186] Unterrichtseinheit 2, Aufgabe 1-3		<ul style="list-style-type: none"> ◦ untersucht elektrostatische Anziehung, Dichte und Sink-/Schwimmverhalten in Süß- und Salzwasser ◦ ggf. Schnapsglas statt Messzylinder verwenden ◦ Informationen für Lehrer:innen unter [187]
		Mikroplastik in Kosmetikprodukten	◦ [186] Unterrichtseinheit 1		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Lupe und Einwegpipette ◦ Informationen für Lehrer:innen unter [187]
		Trennung von Mikroplastikpartikeln aus Stoffgemischen	◦ [186] Unterrichtseinheit 2, Aufgabe 4		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Lupe ◦ zur Vorbereitung ggf. Aufgaben 1-3 bearbeiten ◦ Informationen für Lehrer:innen unter [187]
	Waschmittel	Wie werden Flecken und Schmutz aus der Kleidung entfernt?	◦ [227] S. 7-9 (Experiment 1)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Hinweise und Auswertung unter [227] S. 43f. ◦ erfordert Thermometer und Einwegpipette oder -spritze ◦ Kochfeld statt Magnetrührer verwenden ◦ kann ergänzt werden durch die Arbeitsblatt 2 ([227] S. 10-12); Hinweise und Lösungsansätze dazu unter [227] S. 44
		Einfluss der Temperatur auf die Waschleistung	◦ [227] S. 13-15 (Experiment 2)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Hinweise und Auswertung unter [227] S. 44-46 ◦ erfordert Thermometer und Einwegpipette oder -spritze ◦ Kochfeld statt Magnetrührer verwenden

Fortsetzung: Produkt- und Umweltrelevanz von Stoffen	Fortsetzung: Waschmittel	Umwelttoxikologie: Einfluss der Waschmitteldosierung auf das Wachstum von Kressepflanzen	◦ [227] S. 35f. (Experiment 3 – 1. Variante)		◦ Hinweise und Auswertung unter [227] S. 50f. ◦ Messbecher und Schnapsglas statt Messzylinder und -pipette verwenden
		Umwelttoxikologie: Einfluss der Waschmitteldosierung auf Keimung von Kressesamen	◦ [227] S. 37-39 (Experiment 3 – 2. Variante)		◦ Hinweise und Auswertung unter [227] S. 51-53 ◦ erfordert Einwegpipetten oder -spritzen
Gefahrenpotential	Gefahrstoffsymbole	Schüler:innen erstellen eine Übersicht über die Gefahrstoffsymbole verschiedener Haushaltsprodukte (Reiniger, ...)			
	Brandbekämpfung	Verbrennungsdreieck: Drei Dinge braucht ein Feuer	◦ [13] S. 71 (Aufgabe 4) ◦ [20] S. 106 (V4) ◦ [182] S. 13 (Versuch 11) + S. 21 (Versuch 24) + S. 24 (Versuch 29) ◦ [213], [214], [215] ◦ [221] ◦ [266] S. 16f. (Versuch 09) + S. 53-55 (Versuch 36-38) ◦ [333] ◦ [343] ◦ [345] ◦ [363]	◦ [793] V	◦ [13], [182] S. 13, [213], [266] S. 16f., [363] Sauerstoff (bzw. Luft) ◦ [20], [182] S. 21+24, [215], [266] S. 53f., [333] Wärme; [20], [182] S. 21, [266] Versuch 37: Kupferwendel durch Umwickeln eines Bleistifts einfach herstellbar; [266] Versuch 38 erfordert Thermometer (Aufbau von [215] verwenden) ◦ [214] Brennstoff ◦ [221], [343], [345], [793] Wärme, Brennstoff, Sauerstoff
		CO ₂ -Löcher aus Brausetabletten	◦ [14] S. 139 ◦ [184] S. 9 (3.1.4)		[14] Schaumlöcher; Aufbau von [184] übernehmen
		CO ₂ -Löcher aus Backpulver	◦ [89] S. 65 ◦ [106] Experiment B1+B2 ◦ [184] S. 13 (3.2.1) ◦ [314] Experiment 4 ◦ [381]		[314] Schaumlöcher
		CO ₂ -Löcher aus Natron und Säure	◦ [7] S. 78 ◦ [8] S. 112 (Exp. 2) ◦ [20] S. 106 (V2) ◦ [56] S. 6-8 (Versuch 1) ◦ [89] S. 60-69 + S. 139-141		◦ [7], [8], [168] Schaumlöcher (Aufbau von [168] verwenden) ◦ [7], [168], [201] mit Zitronensäure; [201] Knete und Strohhalm statt Stopfen und Ableitungsrohr verwenden ◦ [8], [56], [232], [234] mit Essig

Fortsetzung: Gefahrenpotential	Fortsetzung: Brandbekämpfung	Fortsetzung: CO ₂ -Löcher aus Natron und Säure	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [106] Experiment B1+B2 ◦ [168] S. 33f. (Demo 2) ◦ [201] S. 31f. (Versuch 29) ◦ [232], [234] Experiment 1A 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [20] mit Essig; inkl. Kalkwasserprobe (Herstellung für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11); Versuchsaufbau aus [184] S. 16 (3.3.2) verwenden (erfordert Einwegspritze) ◦ [89] mit organischen Säuren aus Kaffee (Natron statt Backpulver verwenden, damit Kaffee nicht überflüssig ist!) ◦ [106] mit Mandarinsaft
		Natron als Löschpulver (Funktionsweise eines Trockenlöschers)	◦ [184] S. 14 (3.2.3+3.2.4)		3.2.3 mit Teelicht statt Kartuschenbrenner durchführen (Reicht die Hitze der Kerze?)
		CO ₂ -Löcher aus Soda und Essig	◦ [292] S. 84 (Experiment 44)		
		Modellnasslöcher mit CO ₂ als Treibgas	◦ [184] S. 16 (3.3.2)		erfordert Einwegspritze
		Mineralwasser „mit Gas“: Löschen einer Kerze	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [26] S. 62 (Versuch 36) ◦ [184] S. 17 (3.4.1) ◦ [353] 		[26] Knete und Strohhalm statt Stopfen mit Glasableitungsrohr
		Verbrennung von Magnesium in Kohlenstoffdioxid: Warum sich CO ₂ -Löcher nicht für Magnesiumbrände eignen		◦ [510] V	
		Fettbrand und Fettexplosion		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [749], [750] V ◦ [804] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [749], [750] Aufnahmen in Zeitlupe beim Einspritzen von Wasser; [749] Nahaufnahme ◦ [804] Löschen durch Ersticken vs. Einspritzen von Wasser

Der Mix macht's – Stoffgemische

Tabelle 2: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Der Mix macht's – Stoffgemische“ der Jgst. 8.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Unterscheidung und Ordnung von Reinstoffen, Stoffgemischen und Gemischtypen	Lösungen	Mineral- und Leitungswasser enthalten gelöste Stoffe	◦ [175]		ggf. Stövchen und Teelichtbecher statt Herdplatte und Gläser verwenden
		weitere Beispiele: (Haushalts-)Essig, Wein, Sekt, Limonade			
	Emulsionen	Milch	◦ [291] S. 141f. (Experiment 128+129)		◦ Experiment 128: Wassernachweis; erfordert Kupfersulfat ◦ Experiment 129: Milch als Emulsion; Lösung der Paprikafarbstoffe in Spiritus und Tinte statt Sudanrot und Methylblau verwenden
		Mayonnaise	◦ [291] S. 142 (Experiment 129, Anregungen für weitere Versuche)		◦ Lösung der Paprikafarbstoffe in Spiritus und Tinte statt Sudanrot und Methylblau verwenden ◦ Lupe erforderlich
		Sahne	◦ [291] S. 142 (Experiment 129, Anregungen für weitere Versuche)		◦ Lösung der Paprikafarbstoffe in Spiritus und Tinte statt Sudanrot und Methylblau verwenden ◦ Lupe erforderlich
		Butter selbst gemacht	◦ [7] S. 206 ◦ [35] ◦ [372]		◦ Hintergrundinformationen in [375] ◦ Erklärung schwierig (Umkehr des Emulsionstyps)
	Gemenge	Brausepulver	◦ [8] S. 38 (Exp. 18)		Lupe erforderlich
		Tee	◦ [385]		
	Suspension (Aufschlammung)	Beispiele: Sand und Wasser, Schmutzwasser, frisch gepresster Orangensaft			
	Schaum	Beispiel: Seifenblasen			

Fortsetzung: Unterscheidung und Ordnung von Reinstoffen, Stoffgemischen und Gemischttypen	Gasgemisch	Luft als Gasgemisch: Verbrennung von Kerze, Holz und Eisenwolle an der Luft und in reinem Sauerstoff		◦ [810] V	
	Verschiedene Stoffgemische	Verhalten von Stoffen in Wasser	◦ [8] S. 22 (Exp. 5) + S. 38 (Exp. 19) ◦ [14] S. 145 (Versuch 1)		◦ [8] Kochsalz, Gips/Kreidepulver, Zucker, Holzkohle, Brennspritus, Speiseöl, Sand ◦ [14] Zucker, Stärke, Sand, Spiritus, Öl
		Wasser und Feststoffe: Lösung vs. Suspension	◦ [326]		
Produktherstellung durch Misch- und Trennverfahren	Produktherstellung durch Trennverfahren: Sortieren	Trennen von Brausepulver	◦ [260] S. 34 (V1)		Lupe erforderlich
	Produktherstellung durch Trennverfahren: Sedimentieren und Dekantieren	Trennung einer Aufschlammung aus Kohlepulver und Wasser	◦ [8] S. 38 (Exp. 21)		
		Trennung einer Suspension aus Sand, Tütensuppe, Orangensaft bzw. Wasserfarbe und Wasser	◦ [14] S. 87		
		Beschleunigung des Sedimentierens durch Zentrifugalkräfte	◦ [26] S. 116f. (Versuch 80-82)		
	Produktherstellung durch Trennverfahren: Filtrieren	Filtration von Lösung vs. Suspension	◦ [26] S. 120f. (Versuch 86) ◦ [33] S. 81-88 ◦ [36]		
		Filtration eines Kaffeeaufgusses	◦ [8] S. 39 (Exp. 22) ◦ [14] S. 88		inkl. Extraktion
		Filtration einer Aufschlammung von Kreidepulver	◦ [8] S. 39 (Exp. 23)		
		Filtration im Boden	◦ [26] S. 119 (Versuch 84) ◦ [212] ◦ [324] ◦ [354]		◦ Stichwort: „natürliche Kläranlage“, Funktionsweise eines Kiesfilters ◦ [324] erfordert Aktivkohle; ggf. durch gemörserte Kohletabletten ersetzen?
	Produktherstellung durch Trennverfahren: Sieben	Trennung durch Sieben	◦ [26] S. 119f. (Versuch 85)		
	Produktherstellung durch Trennverfahren: Verdunsten und Eindampfen	Salzgewinnung durch Verdunsten	◦ [33] S. 187-199 (Teilversuch 1)		
		Salzgewinnung durch Eindampfen	◦ [8] S. 229 (Exp. 5) ◦ [20] S. 61 (V1) ◦ [33] S. 187-199 (Teilversuch 2)		◦ [8], [33] erfordern Lupe ◦ Versuchsaufbau: Teelichtbecher auf Stövchen

Fortsetzung: Produktherstellung durch Misch- und Trennverfahren	Fortsetzung: Produktherstellung durch Trennverfahren: Verdunsten und Eindampfen	Fortsetzung: Salzgewinnung durch Eindampfen	◦ [319] (+ [322])			
		Verdunsten des Wassers aus Mineralwasser, Leitungswasser, Zitronenlimonade, entmineralisiertem Wasser, Regenwasser, Wasser aus einer Pfütze, Teichwasser, Wasser aus einem Bach/Fluss	◦ [165] C – Gem 3			
		Eindampfen von Leitungswasser, Mineralwasser und entmineralisiertem Wasser	◦ [175]		ggf. Stövchen und Teelichtbecher statt Herdplatte und Gläser verwenden	
		Eindampfen eignet sich nicht für alle Lösungen	◦ [89] S. 40-47 + S. 128-134		Salzwasser, Zuckerwasser, Backpulver-Lösung, Cola	
	Produktherstellung durch Trennverfahren: Destillation	Einfache Destillation einer Salzlösung			◦ [685] V	
		Destillation eines Ethanol-Wasser-Gemischs			◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Fraktionierte Destillation“
		Destillation von Rotwein			◦ [714] V	
		Solare Destillationsanlage: Wie man in der Wüste Wasser gewinnen kann	◦ [165] C – Gem 5			
		Solare Destillationsanlage: Wie man aus Salzwasser Trinkwasser gewinnen kann	◦ [230]			
	Produktherstellung durch Trennverfahren: Chromatographie	Kreidechromatographie von wasserlöslichen Tinten	◦ [15] S. 13 ◦ [95] Experimente C1-3			◦ [15] mit Tafelkreide ◦ [95] mit selbstgegossenen Gipssäulen
		Kreidechromatographie von Blattfarbstoffen	◦ [8] S. 47 (Exp. 2) ◦ [14] S. 93 ◦ [165] C – Ana 1 (Versuch 1)			mit Tafelkreide, inkl. Extraktion
		Kreidechromatographie von Paprika-Farbstoff	◦ [165] C – Ana 1 (Versuch 2)			mit Tafelkreide, inkl. Extraktion
		Papierchromatographie von Filzstiften und Tinten	◦ [7] S. 99f. ◦ [8] S. 46 (Exp. 1) ◦ [14] S. 90 ◦ [20] S. 64 (V1) ◦ [26] S. 127-129 (Versuch 94+95)	◦ [832] VE (Lab 3: Absender gesucht)		◦ [7], [8], [14], [20], [26], [33], [337], [349], [832] Wasser als Fließmittel ◦ [44] Wasser und Aceton als Fließmittel ◦ [165] Wasser, Spiritus und Aceton als Fließmittel; Versuch 1 mit Wasser als Fließmittel (Angabe fehlt)

Fortsetzung: Produktherstellung durch Misch- und Trennverfahren	Fortsetzung: Produktherstellung durch Trennverfahren: Chromatographie	Fortsetzung: Papierchromatographie von Filzstiften und Tinten	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [33] S. 178-186 ◦ [44] Versuch 4 ◦ [165] C – Ana 2 ◦ [260] S. 51 (V2) ◦ [291] S. 229f. (Experiment 224) ◦ [337] ◦ [349] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [260], [291] Wasser und Spiritus (statt Ethanol) als Fließmittel ◦ bei Heimexperimenten können erforderliche Petrischalen durch Trink-/Schnapsgläser oder Kunststoffdeckel von 500-mL-Joghurtbechern ersetzt werden
		Papierchromatographie von Blattfarbstoffen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [33] S. 49-60 ◦ [253] Auftrag 4 		inkl. Extraktion
		Papierchromatographie der Farbstoffe von Schokolinsen oder Skittles	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [20] S. 64 (V2) ◦ [352] ◦ [380] 		[20] erfordert Einwegpipetten
Produktherstellung durch Trennverfahren: Extraktion	Extraktion der Farbstoffe von Paprikapulver	Extraktion der Farbstoffe von Paprikapulver	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] S. 266 (Experimentelle Hausaufgabe) ◦ [165] C – Gem 1a 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] mit Wasser oder Öl ◦ [165] mit Spiritus, Wasser oder Öl
		Extraktion von Chlorophyll aus Tee	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [285] S. 26f. (Versuch 6) ◦ [377] S. 24 + S. 29f. (Versuch 11) 		
		Extraktion von Blattfarbstoffen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 86 ◦ [291] S. 73f. (Experiment 63) 		
		Extraktion von Pflanzenfarbstoffen aus verschiedenen Gemüsesorten	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [291] S. 74 (Experiment 64) ◦ [291] S. 75 (Experiment 65) ◦ [291] S. 75f. (Experiment 66) ◦ [291] S. 86 (Experiment 75) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Experiment 64: Möhre ◦ Experiment 65: Paprika ◦ Experiment 66: Tomate ◦ Experiment 75: Rotkohl
		Unterschied zwischen natürlichen und künstlichen Carotinen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [65] 		
		Analyse des Fett- und Zuckergehalts von Schokolade: Extraktion mit Aceton und Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [11] S. 145 ◦ [20] S. 73 (V2) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Problem: Genauigkeit der Haushaltswaage (ggf. Ansatz vergrößern) ◦ ggf. Vergleich von weißer, Vollmilch- und Zartbitterschokolade

Fortsetzung: Produktherstellung durch Misch- und Trennverfahren	Fortsetzung: Produktherstellung durch Trennverfahren: Extraktion	Fortsetzung: Analyse des Fett- und Zuckergehalts von Schokolade: Extraktion mit Aceton und Wasser			◦ Bechergläser und Erlenmeyerkolben durch leere Marmeladengläser o. ä. ersetzen
	Produktherstellung durch Trennverfahren: Schwimm-Sink-Verfahren	Trennung von Sand und Sägespänen	◦ [8] S. 39 (Exp. 26)		
		Trennung von Alltagskunststoffen über die Dichte	◦ [8] S. 39 (Exp. 26) ◦ [26] S. 111f. (Versuch 77) ◦ [57] S. 407 (EXP 17.03) ◦ [293] S. 13f.	◦ [832] VE (Lab 1: Die Plastic Docs)	
	Produktherstellung durch Trennverfahren: Adsorption (und Desorption)	Adsorption durch Aktivkohle	◦ [8] S. 39 (Exp. 25) ◦ [20] S. 67 (V1) ◦ [26] S. 122 (Versuch 88)	◦ [386] V	◦ [8] Tintenlösung oder Parfümwasser ◦ [20] Tintenlösung (statt Methylenblaulösung), Parfümwasser oder Kandiszuckerlösung ◦ [26] Cola und Rotwein ◦ [386] Methylenblaulösung; inkl. Desorption ◦ Heimexperimente erfordern Aktivkohle; alternativ könnte die Wirkung von Holzkohle oder Kohletabletten untersucht werden
	Produktherstellung durch Kombination verschiedener Trennverfahren	Trennen eines Stoffgemisches aus Wasserfarbe, Eisenpulver, Sand und Styropor	◦ [165] C – Gem 6		◦ keine Materialliste vorgegeben ◦ Magnet erforderlich
		Trennen eines Stoffgemisches aus Salz, Sägespänen, Sand, Kieselsteinen und Sechskantmuttern	◦ [33] S. 200-209		keine Materialliste vorgegeben
		Trennung der Bestandteile einer Tütensuppe	◦ [13] S. 49 + S. 53 (V1)		
Trennung der Bestandteile von Gemüsebrühpulver		◦ [260] S. 55 (V3)		◦ Lupe erforderlich ◦ Eindampfen mit Teelichtbecher und Stövchen statt Porzellanschale und Bunsenbrenner	
Vom Steinsalz zum Kochsalz		◦ [7] S. 54-56 ◦ [351]		Eindampfen mit Teelichtbecher und Stövchen statt Porzellanschale und Bunsenbrenner	
Trennen eines Stoffgemisches aus Eisenpulver, Sand und Salz			◦ [695] V		

Fortsetzung: Produktherstellung durch Misch- und Trennverfahren	Fortsetzung: Produktherstellung durch Kombination verschiedener Trennverfahren	Trennen eines Stoffgemisches aus Konfetti, Sand, Tinte und Wasser		◦ [832] VE (Lab 11: Schmutzwasser reinigen)		
		Trennen eines Stoffgemisches aus Papiertaschentuchsnipseln, Gemüseschnipseln, Sand, Waschpulver und Wasser	◦ [227] S. 31-34 (Arbeitsblatt 5)		◦ Stichwort: Abwasserreinigung ◦ Hinweise und Auswertung unter [227] S. 49	
	Produktherstellung durch Mischverfahren	Lösungen herstellen: Salz/Zucker in Wasser, Alkohol (Brennspiritus) in Wasser				
		Brausepulver herstellen (Gemenge)	◦ [13] S. 66 (Experimentelle Hausaufgabe) ◦ [87] ◦ [165] C – Gem 4		[165] Kalkwasser erforderlich (Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11)	
		Emulsionen von Wasser und Öl (und Wirkung von Seife/Spülmittel/Waschmittel als Emulgator)	◦ [6] S. 230-232 (Versuch 56) ◦ [7] S. 111f. + S. 116 ◦ [11] S. 70 (Station 5) ◦ [13] S. 285 (V3) ◦ [132], [133] Teil c) ◦ [165] C – Gem 1b ◦ [183] S. 8 (Versuch 5)	◦ [608] V	[6], [13], [183] Sudanrot durch Paprikapulver ersetzen	
		Emulgatorwirkung von Lecithin	◦ [334]		Methylrot durch Paprikapulver ersetzen	
		Emulgatorwirkung von Senf		◦ [639] V	als Heimexperiment denkbar	
		Creme herstellen (Emulsion)	◦ [299] S. 12f.		Notwendigkeit eines Emulgators, z. B. Tegomuls	
		Bodylotion herstellen (Emulsion)	◦ [14] S. 83 (Versuch)			
		Mayonnaise herstellen (Emulsion)	◦ [14] S. 83 (Experimentelle Hausaufgabe)			
		Schokolade herstellen (Emulsion)	◦ [11] S. 146 ◦ [24], [279], Aufgabe 2 oder [50] Versuch 5+6 oder [273] Versuch 3+4			
		Kaugummi herstellen	◦ [188] Aufgabe 1			
		Straßenmalkreide herstellen	◦ [83] Aufgabe 1			
		Sprudelnde Badeperlen herstellen	◦ [378] S. 118-123			

Fortsetzung: Produktherstellung durch Misch- und Trennverfahren	Fortsetzung: Produktherstellung durch Mischverfahren	Eiscreme herstellen (Emulsion)	◦ [13] S. 48 (V1+V2)		erfordert Thermometer
		Margarine herstellen (Emulsion)	◦ [166] S. 34 (V8) ◦ [376]		erfordert Thermometer
		Seifenblasen herstellen	◦ [104]		
Beziehung zwischen Stoffeigenschaften und anzuwendender Verfahren	Beziehung zwischen Stoffeigenschaften und anzuwendender Verfahren	Dazu eignen sich im Grunde alle Versuche zu Trennverfahren, v. a. diejenigen, die verschiedene Verfahren kombinieren.			

Verwandlungen – Chemische Reaktionen

Tabelle 3: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Verwandlungen – Chemische Reaktionen“ der Jgst. 8.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Abgrenzung physikalischer und chemischer Vorgänge	Physikalischer Vorgang	Eindampfen von Salzwasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 229 (Exp. 5) ◦ [33] S. 187-199 (Teilversuch 2) ◦ [319] (+ [322]) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8], [33] erfordern Lupe ◦ Versuchsaufbau: Teelichtbecher auf Stövchen
		Salzgewinnung durch Verdunsten	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [33] S. 187-199 (Teilversuch 1) 		
		Verdunsten des Wassers aus Mineralwasser, Leitungswasser, Zitronenlimonade, entmineralisiertem Wasser, Regenwasser, Wasser aus einer Pfütze, Teichwasser, Wasser aus einem Bach/Fluss	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [165] C – Gem 3 		
		Solare Destillationsanlage: Wie man in der Wüste Wasser gewinnen kann	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [165] C – Gem 5 		
		Solare Destillationsanlage: Wie man aus Salzwasser Trinkwasser gewinnen kann	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [230] 		
	Chemische Reaktion	Eisenwolle in Essig	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [320] (+ [322]) 		
		Brennende Wunderkerze	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 70 (Exp. 5) 		
		Erhitzen / Karamellisieren von Zucker	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 70 (Exp. 4) ◦ [13] S. 61 (Experimentelle Hausaufgabe) ◦ [321] (+ [322]) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8], [321] alternativer Versuchsaufbau: Teelichtbecher auf Stövchen ◦ [13] Karamellbonbons zum Selbermachen (auch Butter, Sahne)
		Brausepulver in Wasser lösen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] S. 66 (Experimentelle Hausaufgabe) 		
		Quarkherstellung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 70 (Exp. 2) 		Herdplatte oder Stövchen statt Brenner mit Dreifuß
		Aushärten von Gips	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 70 (Exp. 3) 		

Fortsetzung: Abgrenzung physikalischer und chemischer Vorgänge	Fortsetzung: Chemische Reaktion	Fortsetzung: Aushärten von Gips	◦ [95] Experimente A, C1+2, D1+2		
		Kauen von Brot	◦ [9] S. 13f. (Station 6)		
		Backen von Kuchen	beliebiges Rezept aus Backbuch		
		Erhitzen von Kupfer (Kupferbrief)		◦ [394] V ◦ [398] V	
		Verbrennung von Magnesium		◦ [395] V ◦ [794] V	Zeitlupe zu [395] in [396]
		Reaktion von Eisen und Schwefel		◦ [585] V	leider ohne Untersuchung des Magnetismus
		Reaktion von Kupfer und Schwefel		◦ [474] V ◦ [812] V	
		Reaktion von Zink und Schwefel		◦ [458] V	
		Auflösen von Zink in Salzsäure		◦ [650] V ◦ [743] V	◦ inkl. Knallgasprobe ◦ [650] Zinkgranalien ◦ [743] Zinkpulver
	Physikalischer Vorgang oder chemische Reaktion	Erhitzen von Stearinsäure und Saccharose		◦ [724] V	
		Erhitzen von Salzwasser, Zuckerwasser, Backpulver-Lösung und Cola	◦ [89] S. 40-47 + S. 128-134		
		Lösen von Zucker vs. Lösen einer Brausetablette	◦ [8] S. 70 (Exp. 1)		
		Stationsarbeit zur Unterscheidung von physikalischen Vorgängen und chemischen Reaktionen	◦ [322]		
	Aggregatzustand und Aggregatzustandsänderungen	Schmelzen und Sieden	Die Aggregatzustände des Wassers	◦ [26] S. 23f. (Versuch 4) ◦ [265] ◦ [348]	◦ [479] VE

Fortsetzung: Aggregatzustand und Aggregatzustandsänderungen	Fortsetzung: Schmelzen und Sieden	Fortsetzung: Die Aggregatzustände des Wassers			Problem: Atombetrachter bei flüssigem Wasser zeigt nach dem Schmelzen keine einzelnen Teilchen mehr an, sondern eine blassblaue Fläche
	Sieden und Kondensieren	Siedekurve von Wasser	◦ [8] S. 32 (Exp. 13)		erfordert Thermometer
		Sieden und Kondensieren von Wasser: Die implodierende Dose	◦ [5] ◦ [90] S. 25f. ◦ [165] C – Anf 2		◦ um zu zeigen, dass der Effekt auf der Kondensation des Wassers und nicht auf der Volumenverringern der Luft beim Abkühlen beruht: Versuch mit einer zweiten Dose ohne Wasser wiederholen ◦ Hintergrundinformationen unter [298]
		Sieden und Kondensieren von Wasser: Der Luftballon im Rundkolben		◦ [392] V	
		Luftballon mit Ethanol im Wasserbad	◦ [14] S. 57		Topf auf Herdplatte statt Becherglas auf Dreifuß mit Brenner
		Verdunstungsgeschwindigkeit verschiedener Flüssigkeiten	◦ [165] C – Anf 3		◦ Verdunstungsgeschwindigkeit hängt von Siedetemperatur/-bereich ab ◦ Untersuchung von Wasser, Speiseöl, Schmieröl, Feuerzeugbenzin, Spiritus, Öl von Zitruschalen, Nagellackentferner, ...
		Füllung eines Feuerzeugs	◦ [14] S. 31		Einfluss des Drucks auf die Siedetemperatur
		Schmelzen und Erstarren	Schmelzen und Erstarren von Kerzenwachs	◦ [8] S. 32 (Exp. 15)	
	Schmelzkurve von Kerzenwachs		◦ [8] S. 23 (Exp. 8)		◦ erfordert Thermometer ◦ Wasserbad an Möglichkeiten zuhause anpassen (Topf mit Schüssel o. ä.); alternativ Stövchen verwenden
	Gefrieren von Eis im Schnelldurchlauf		◦ [30] Versuch 1+2		◦ Versuch 2 zeigt, warum man im Winter nicht an einem Laternenpfahl o. ä. lecken soll
	Schmelztemperatur verschiedener Schokoladensorten		◦ [24], [279] Aufgabe 1 ◦ [50] Versuch 2		[50] erfordert Thermometer

Fortsetzung: Aggregatzustand und Aggregatzustandsänderungen	Fortsetzung: Schmelzen und Erstarren	Schmelztemperatur/-bereich verschiedener alltäglicher Substanzen (Butterschmalz, Marshmallows, Schokolade, Eis)	◦ [332]		◦ erfordert Thermometer ◦ Stövchen statt Stativring mit Drahtnetz ◦ kann ergänzt werden um Kerzenwachs, Traubenzucker, Haushaltszucker, ...
		Schmelz- und Erstarrungskurve von Zinn		◦ [704] VE	
		Schmelzwärme von Eis (Wasser)	◦ [318] S. 109f. (Versuch 4)		erfordert Thermometer
	(Re-)Sublimieren	Koffein	◦ [64] ◦ [291] S. 164 (Experiment 154) ◦ [377] S. 16 + S. 27 (Versuch 4)		◦ ggf. Schnappdeckelgläser o.ä. zur Verfügung stellen ◦ [291] erfordert Lupe ◦ [377] Stövchen statt Dreifuß mit Brenner, angefeuchtetes Filterpapier statt Uhrglas
		Iod		◦ [675] V	
		Wasser: Raureif am Metallblock	◦ [26] S. 27 (Versuch 8) ◦ [29] Versuch 1+2		Topfuntersetzer aus Kork oder Styroporplatte statt Korkring
Trockeneis			◦ [789] V	Verhalten von Trockeneis auf einem Tisch, in warmem Wasser (mit Methylenblau bzw. Universalindikator) und in einem Ballon im Wasserbad	
Kennzeichen chemischer Reaktionen	Stoff- und Energieumwandlung	Reaktion von Eisen und Schwefel		◦ [585] V	leider ohne Untersuchung des Magnetismus
		Reaktion von Kupfer und Schwefel		◦ [474] V ◦ [812] V	
		Reaktion von Zink und Schwefel		◦ [458] V	
		Verbrennung von Magnesium		◦ [395] V ◦ [794] V	Zeitlupe zu [395] in [396]
		Brennende Wunderkerze	◦ [8] S. 70 (Exp. 5)		
	Stoffumwandlung	Eisenwolle in Essig	◦ [320] (+ [322])		
		Erhitzen / Karamellisieren von Zucker	◦ [8] S. 70 (Exp. 4) ◦ [321] (+ [322])		alternativer Versuchsaufbau: Teelichtbecher auf Stövchen
		(Lösen von Zucker vs.) Lösen einer Brausetablette	◦ [8] S. 70 (Exp. 1)		
		Brausepulver in Wasser lösen	◦ [13] S. 66 (Experimentelle Hausaufgabe)		
		Quarkherstellung	◦ [8] S. 70 (Exp. 2)		Herdplatte oder Stövchen statt Brenner mit Dreifuß

Fortsetzung: Kennzeichen chemischer Reaktionen	Fortsetzung: Stoffumwandlung	Aushärten von Gips	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 70 (Exp. 3) ◦ [95] Experimente A, C1+2, D1+2 		Fokus auf Stoffumwandlung, aber Energieumwandlung kann ebenfalls beobachtet werden	
		Kauen von Brot	◦ [9] S. 13f. (Station 6)			
		Backen von Kuchen	beliebiges Rezept aus Backbuch			
		Erhitzen von Kupfer (Kupferbrief)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [394] V ◦ [398] V 		
		Auflösen von Zink in Salzsäure		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [650] V ◦ [743] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ inkl. Knallgasprobe ◦ [650] Zinkgranalien ◦ [743] Zinkpulver 	
		Verbrennen einer Kerze	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [182] S. 14 (Versuch 12+13) ◦ [184] S. 18 (3.5.1) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [397] V ◦ [415] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Fokus auf Stoffumwandlung, aber Energieumwandlung kann natürlich ebenfalls beobachtet werden ◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 	
Unterscheidung endothermer und exothermer Reaktionen	Endotherme Reaktionen	Erhitzen von Silber(I)-oxid		◦ [813] V		
		Lösen von Harnstoff	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [108] Experimente A1 ◦ [258] Auftrag 1 oder [274] Versuch 1 ◦ [281] Experiment 1 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Stichwort: Kälte-Sofort-Kompresse ◦ erfordert Ice-Packs mit Harnstoff (Urea) und Thermometer ◦ [258], [274] inkl. Vergleich mit Kochsalz 	
		Lösen von Ammoniumnitrat		◦ [756] V		
		Auflösen von Brausetabletten	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [32] Versuch 4 ◦ [318] S. 128f. (Versuch 16) 		erfordert Thermometer	
		Reaktion von Kristallsoda mit Zitronensäure	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [9] S. 223 (Station 1) ◦ [318] S. 133f. (Versuch 20) 	◦ [640] V	Heimexperimente erfordern Thermometer	
	Exotherme Reaktionen	Reaktion von Zink und Schwefel		◦ [458] V		
		Reaktion von Eisen und Schwefel		◦ [721] V		
		Reaktion von Kupfer und Schwefel		◦ [812] V		
		Anrühren von Gips	◦ [95] Experiment A		erfordert Thermometer	
		Rostvorgang	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [250] Versuch 8 ◦ [316] 		◦ Stichwort: Taschenwärmer und Wärmepflaster (Rosten gegen kalte Finger und Gelenkschmerzen)	

Fortsetzung: Unterscheidung endothermer und exothermer Reaktionen	Fortsetzung: Exotherme Reaktionen	Fortsetzung: Rostvorgang			<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Eisenpulver, verschiedene Kohlesorten (u. a. Aktivkohle) und Thermometer ◦ Aktivkohle ggf. durch gemörserte Kohletabletten ersetzen? ◦ [250] Problem: Genauigkeit von Haushaltswaagen
		Kristallisation von Natriumacetat-Trihydrat	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 380 (Exp. 22) ◦ [92] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Stichwort: Wärmekissen ◦ erfordert Thermometer
		Neutralisation von Natronlauge mit Salzsäure		◦ [414] V	Temperaturmessung bei der Vereinigung äquimolarer Mengen von Salzsäure und Natriumhydroxid-Lösung
		Reaktion von Schwefelsäure mit Wasser: „Erst das Wasser, dann die Säure, sonst geschieht das Ungeheure“		◦ [798] V	
	Exotherm oder endotherm?	Lösen von verschiedenen Salzen in Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] S. 285 (V2) ◦ [20] S. 255 (V1) ◦ [300] S. 12f. (V6) 	◦ [656] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] erfordert Ammoniumchlorid, Natriumchlorid, Kaliumnitrat, Calciumchlorid (wasserfrei), Calciumchlorid-Hydrat, Kupfersulfat (wasserfrei) und Thermometer ◦ [20] erfordert Calciumchlorid, Kaliumchlorid, Natriumchlorid und Thermometer ◦ [300] erfordert Kaliumchlorid, Kaliumcarbonat, Ammoniumchlorid, Natriumchlorid, Natriumcarbonat (Soda) und ein Thermometer ◦ [656] Kupfer (II)-sulfat (wasserfrei), Ammoniumchlorid, Calciumchlorid, Kaliumnitrat, Natriumchlorid, Magnesiumbromid, Natriumsulfat, Kochsalz, Kaliumchlorid
			Lösen von blauem und weißem Kupfersulfat	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 75 (Exp. 13) ◦ [9] S. 200 	◦ [755] V

Fortsetzung: Unterscheidung endothermer und exothermer Reaktionen	Fortsetzung: Exotherm oder endotherm?	Fortsetzung: Lösen von blauem und weißem Kupfersulfat			◦ [9] erfordert blaues und weißes Kupfersulfat und Thermometer
		Lösen von wasserhaltigem und wasserfreiem Calciumchlorid	◦ [350]		◦ erfordert Thermometer, Calciumchlorid und Calciumchlorid-Hexahydrat ◦ Styroporkalorimeter ggf. durch Thermobecher in Glas ersetzen (vgl. [78])
		Lösen von Calciumchlorid und Kaliumnitrat		◦ [492] V	
		Temperatur-Zeit-Diagramm verschiedener chemischer Reaktionen		◦ [479] VE	◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Energie“ → „Endotherm und exotherm“ ◦ verfügbare Chemikalien: Salzsäure, Natriumhydroxid, Wasser, Natriumchlorid, Silbernitrat, Magnesium ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
Formulierung von Wortgleichungen	Reaktion von Metallen und Schwefel zu Metallsulfiden	Reaktion von Zink und Schwefel		◦ [458] V	
		Reaktion von Eisen und Schwefel		◦ [585] V	leider ohne Untersuchung des Magnetismus
		Reaktion von Kupfer und Schwefel		◦ [474] V ◦ [812] V	

Tafel des Wissens – Periodensystem der Elemente

Tabelle 4: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Tafel des Wissens – Periodensystem der Elemente“ der Jgst. 8.

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Elementsymbole					

Schatzkiste der Natur – Chemie in Alltag und Technik

Tabelle 5: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Schatzkiste der Natur – Chemie in Alltag und Technik“ der Jgst. 8.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Lösevorgang im Alltag	Beobachten des Lösevorgangs	Lösen von Kandiszucker in Wasser	◦ [26] S. 95 (Versuch 65)		dünnes Trinkglas oder dünne Blumenvase statt Reagenzglas verwenden
	Stofftrennung von Lösungen durch Verdunsten oder Eindampfen	Salzgewinnung durch Verdunsten	◦ [33] S. 187-199 (Teilversuch 1)		
		Salzgewinnung durch Eindampfen	◦ [8] S. 229 (Exp. 5) ◦ [33] S. 187-199 (Teilversuch 2) ◦ [319] (+ [322])		◦ [8], [33] erfordern Lupe ◦ Versuchsaufbau: Teelichtbecher auf Stövchen
		Verdunsten des Wassers aus Mineralwasser, Leitungswasser, Zitronenlimonade, entmineralisiertem Wasser, Regenwasser, Wasser aus einer Pfütze, Teichwasser, Wasser aus einem Bach/Fluss	◦ [165] C – Gem 3		
		Eindampfen von Leitungswasser, Mineralwasser und entmineralisiertem Wasser	◦ [175]		ggf. Stövchen und Teelichtbecher statt Herdplatte und Gläser verwenden
	Eindampfen eignet sich nicht für alle Lösungen	◦ [89] S. 40-47 + S. 128-134		Salzwasser, Zuckerwasser, Backpulver-Lösung, Cola	
	Einfluss verschiedener Lösungsmittel	Wasser als Lösungsmittel	◦ [8] S. 22 (Exp. 5) + S. 38 (Exp. 19) ◦ [14] S. 145 (Versuch 1)		◦ [8] Kochsalz, Gips/Kreidepulver, Zucker, Holzkohle, Brennspritus, Speiseöl, Sand ◦ [14] Zucker, Stärke, Sand, Spiritus, Öl
		Wasser und Ethanol bzw. Spiritus als Lösungsmittel	◦ [6] S. 46-48 (Versuch 10) + S. 51f. (Versuch 12 b)	◦ [624] V	◦ [6] Fett bzw. Permanentmarker in Wasser bzw. Spiritus; Schnapsgläser o. ä. statt Reagenzgläsern verwenden; Versuch 10: Erwärmen auf einem Stövchen, falls erforderlich

Fortsetzung: Lösevorgang im Alltag	Fortsetzung: Einfluss verschiedener Lösungsmittel	Fortsetzung: Wasser und Ethanol bzw. Spiritus als Lösungsmittel			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [624] Öl in Wasser bzw. Ethanol, Ethanol in Wasser, <i>n</i>-Pentan in Wasser bzw. Ethanol
		Wasser, Spiritus und Benzin als Lösungsmittel	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [15] S. 149 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Spiritus statt Ethanol verwenden ◦ AB bezieht sich auf Strukturformeln (ggf. nur Durchführung nutzen)
		Prinzip der Flüssig-flüssig-Verteilung: Extraktion von Farbstoffen aus verschiedenen Gemüsesorten	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [65] ◦ [291] S. 74 (Experiment 64) ◦ [291] S. 75 (Experiment 65) ◦ [291] S. 75f. (Experiment 66) ◦ [291] S. 86 (Experiment 75) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [65] Natürliche vs. künstliche Carotine ◦ [291] Experiment 64: Carotine aus Möhren ◦ [291] Experiment 65: Farbstoffe aus Paprika ◦ [291] Experiment 66: Farbstoffe aus Tomaten ◦ [291] Experiment 75: Farbstoffe aus Rotkohl
		Löslichkeit von Kaugummi in verschiedenen Lösungsmitteln	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [188] Aufgabe 3 		Wasser, Speiseöl, Zitronensäurelösung, Spiritus
	Löslichkeit: (halb-)quantitative Bestimmung der Löslichkeit	Bestimmung der Wasserlöslichkeit von Kochsalz	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 158 (Exp. 14) ◦ [263] Versuch 1 		[263] exakter, allerdings muss Vollpipette ersetzt werden (Spritze, Schnapsglas, o. ä.)
		Bestimmung der Wasserlöslichkeit von Kochsalz, Kupfersulfat und Soda	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] S. 129 (V1) 		Kochsalz, Kupfersulfat, Natriumcarbonat (Soda)
		Bestimmung der Wasserlöslichkeit von Natriumchlorid, Kaliumnitrat und Natriumnitrat		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Löslichkeit – Definition“
		Vergleich der Wasserlöslichkeit von Zucker und Kochsalz	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [226] 		
		Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 158 (Exp. 16) ◦ [14] S. 51 (Versuch 1) ◦ [18] S. 451 (V1) oder [20] S. 425 (V1) ◦ [260] S. 315 (V3) ◦ [323] ◦ [327] 	◦ [433] V	Heimexperimente: Vase, Flasche o. ä statt Stand-/Messzylinder
	Löslichkeit: Temperaturabhängigkeit	Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit fester Stoffe (qualitativ)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 39-41 ◦ [8] S. 158 (Exp. 15) ◦ [13] S. 129 (V3) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] Natriumchlorid, Alaun (Kaliumaluminiumsulfat) und Saccharose ◦ [8] Natriumchlorid und Kaliumnitrat ◦ [13] Kaliumnitrat

Fortsetzung: Lösevorgang im Alltag	Fortsetzung: Löslichkeit: Temperaturabhängigkeit	Fortsetzung: Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit fester Stoffe (qualitativ)	◦ [108] Experimente A1-A3		◦ [108] Harnstoff aus Kälte-Sofortkom- presse; erfordert Thermometer
		Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit fester Stoffe (quantitativ)	◦ [7] S. 42-44	◦ [479] VE	◦ [7] erfordert Natriumchlorid, Alaun (Kaliumaluminiumsulfat) und Kaliumnitrat ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Löslichkeit und Temperatur“
		Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid	◦ [8] S. 158 (Exp. 17) ◦ [14] S. 51 (Versuch 1+2) ◦ [90] S. 48f. ◦ [341]	◦ [824] V	◦ [8] Kohlenstoffdioxid aus Brausetablette auffangen o. ä ◦ [14] erfordert Thermometer; Vase, Flasche o. ä statt Messzylinder
	Löslichkeit: Kristalle aus heißgesättigten Lösungen züchten	Züchtung von Zuckerkristallen (Kandiszucker)	◦ [26] S. 95f. (Versuch 66) ◦ [33] S. 284-298 ◦ [165] C – Div 2 ◦ [378] S. 28-33		◦ [26] Erhitzen in einem Topf; Trinkgläser statt Bechergläser verwenden ◦ [165] erfordert Thermometer
		Züchtung von Kaliumnitrat-Kristallen aus Flüssigdünger	◦ [296] S. 10-12 (Versuch 3)		
	Energiebilanz des Lösevorgangs / Lösungsenthalpie	Lösen von Harnstoff (endotherm)	◦ [108] Experimente A1 ◦ [258] Auftrag 1 oder [274] Versuch 1 ◦ [281] Experiment 1		◦ Stichwort: Kälte-Sofort-Kompresse ◦ erfordert Ice-Packs mit Harnstoff (Urea) und Thermometer ◦ [258], [274] inkl. Vergleich mit Kochsalz
		Auflösen von Brausetabletten (endotherm)	◦ [32] Versuch 4 ◦ [318] S. 128f. (Versuch 16)		erfordert Thermometer
		Lösen von verschiedenen Salzen in Wasser	◦ [13] S. 285 (V2) ◦ [20] S. 255 (V1) ◦ [300] S. 12f. (V6)	◦ [656] V	◦ [13] erfordert Ammoniumchlorid, Natriumchlorid, Kaliumnitrat, Calciumchlorid (wasserfrei), Calciumchlorid-Hydrat, Kupfersulfat (wasserfrei) und Thermometer ◦ [20] erfordert Calciumchlorid, Kaliumchlorid, Natriumchlorid und Thermometer ◦ [300] erfordert Kaliumchlorid, Kaliumcarbonat, Ammoniumchlorid, Natriumchlorid, Natriumcarbonat (Soda) und ein Thermometer

Fortsetzung: Lösevorgang im Alltag	Fortsetzung: Energiebilanz des Lösevorgangs / Lösungsenthalpie	Fortsetzung: Lösen von verschiedenen Salzen in Wasser			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [656] Kupfer(II)-sulfat (wasserfrei), Ammoniumchlorid, Calciumchlorid, Kaliumnitrat, Natriumchlorid, Magnesiumbromid, Natriumsulfat, Kochsalz, Kaliumchlorid
		Kristallisation von Natriumacetat-Trihydrat (exotherm)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 380 (Exp. 22) ◦ [92] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Stichwort: Wärmekissen ◦ erfordert Thermometer
	Elektrolyte	Elektrische Leitfähigkeit von verschiedenen Lösungen		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [691] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] elektrische Leitfähigkeit von Salzlösungen; unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Ionen in Lösung“; erlaubt zusätzlich die Untersuchung der Leitfähigkeit der Feststoffe (dazu ggf. Elektrodenabstand verringern) und das Verhalten der Lösungen bei Veränderung der Spannung ◦ [691] Bau eines Leitfähigkeitsprüfers und Untersuchung von Wasser, dest. Wasser, Zuckerwasser und Salzwasser; außerdem werden eine Calciumcarbonat-Suspension und Öl untersucht
Prinzipien von Affinitätsreihen	Sauerstoffaffinität	Affinitäts-/Oxidationsreihe der Metalle		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [482] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] Erhitzen von Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin an der Luft; unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Luft)“; nimmt Wortgleichungen vorweg ◦ [482] Verbrennung von Aluminium-, Zink-, Magnesium-, Eisen- und Kupferpulver in der rauschenden Brennerflamme

Blick hinter die Kulissen – Aufbau von Stoffen und chemische Bindung

Tabelle 6: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Blick hinter die Kulissen – Aufbau von Stoffen und chemische Bindung“ der Jgst. 8.

(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation]; [vertonte Videos mit Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Teilchenmodell zur Deutung von Phänomenen	Volumenkontraktion	Brennspiritus-Wasser-Gemisch	◦ [8] S. 38 (Exp. 20)	◦ [811] V	◦ Problem bei Heimversuchen: Genauigkeit von Messbechern, ggf. auf Schnapsgläser mit 2 cL und 4 cL ausweichen oder Einwegspritzen verwenden? ◦ [811] zusätzlich Lösungsenthalpie
		Modellexperiment mit Erbsen und Senfkörnern	◦ [1] ◦ [13] S. 133 (Modellversuch) ◦ [290]	◦ [814] V	◦ Problem bei Heimversuchen: Genauigkeit von Messbechern, ggf. auf Schnapsgläser mit 2 cL und 4 cL ausweichen oder Einwegspritzen verwenden? ◦ [814] mit unterschiedlichen großen Glaskugeln
		Lösen von Zucker in Wasser	◦ [165] C – Div 2 (Aufgabe 1-3) ◦ [176]		bei [165] steht Volumenkontraktion nicht im Vordergrund (nur Frage 1)
	Luft	Luft hat Volumen	◦ [13] S. 107 ◦ [170] ◦ [218] ◦ [225]		[13] Stopfen, Erlenmeyerkolben und Glaswinkelrohr durch Knete, Glasflasche und Strohhalm ersetzen
		Luftvolumen ist temperaturabhängig: Versuche zum Luftdruck	◦ [14] S. 122 (Versuch 2) ◦ [217]		[14] Milchflasche o. ä. statt Erlenmeyerkolben
		Einfluss des Luftdrucks auf einen Schaumkuss	◦ [109]	◦ [575] V	[109] zusätzlich kann untersucht werden, was passiert, wenn man in den Strohhalm pustet statt daran zu saugen
		Luft hat Masse: Luftwaage	◦ [13] S. 107 ◦ [180] ◦ [283] S. 34f.		

Fortsetzung: Teilchenmodell zur Deutung von Phänomenen	Fortsetzung: Luft	Temperaturabhängigkeit der Dichte von Luft	◦ [182] S. 23 (Versuch 27+28)		
	Brown'sche Molekularbewegung und Diffusion	Tee: Einfluss der Temperatur auf die Ausbreitung eines Farbstoffes	◦ [260] S. 41 (V3) ◦ [364]		[364] erfordert Thermometer
		Zuckerwürfel mit Tinte: Diffusion entlang eines Konzentrationsgefälles sichtbar machen	◦ [245], [248] Aufgabe 3		◦ [245], [248] Aufgabe 3c) thematisiert auch den Einfluss der Temperatur auf die Diffusionsgeschwindigkeit (allerdings nicht Teil des Experiments) ◦ Anregung: [382], aber nur das Experiment an sich, nicht die Erklärung
		Wasser und Fruchtsirup: Diffusion entlang eines Konzentrationsgefälles sichtbar machen	◦ [20] S. 31 (V2)		erfordert intensiv gefärbten Fruchtsirup und Einwegpipette
		Osmose (= Diffusion durch eine semipermeable Membran)	◦ [81], [241], [244] Aufgabe 1 ◦ [113] ◦ [165] C – Div 1 ◦ [189] Versuch 2c ◦ [243], [246] Aufgabe 5 ◦ [359]		◦ [81], [241], [244] Salatgurke ◦ [113], [189], [243], [246], [359] Eier ◦ [165] Eier, Kirschen, Erbsen; Versuch mit Gummibärchen basiert auf Eigenschaften der Gelatine, nicht auf Osmose
		Reaktion von Zitronensäure und Soda in der Petrischale	◦ [115]		erfordert Petrischale (kann z. B. durch Kunststoffdeckel von 500-mL-Joghurtbechern ersetzt werden)
	Aggregatzustandsänderungen: Sieden und Kondensieren	Luftballon mit Ethanol im Wasserbad	◦ [14] S. 57		
		Sieden und Kondensieren von Wasser: Die implodierende Dose	◦ [5] ◦ [90] S. 25f. ◦ [165] C – Anf 2		◦ um zu zeigen, dass der Effekt auf der Kondensation des Wassers und nicht auf der Volumenverringerng der Luft beim Abkühlen beruht: Versuch mit einer zweiten Dose ohne Wasser wiederholen ◦ Hintergrundinformationen unter [298]
		Sieden und Kondensieren von Wasser: Der Luftballon im Rundkolben		◦ [392] V	
	Modellversuch zur Teilchengröße	Teilchengröße verschiedener Stoffe unterscheidet sich		◦ [571] V	
Wie groß sind Seifenmoleküle?		◦ [165] C – At 2			

Magie des Kohlenstoffs – Organische Verbindungen

Tabelle 7: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Magie des Kohlenstoffs – Organische Verbindungen“ der Jgst. 8.
(Quellen für Videoexperimente: [\[unvertonte Videos\]](#); [\[vertonte Videos ohne Interpretation\]](#))

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Eigenschaften organischer Stoffe	Verkohlung und Verbrennung von organischen Stoffen	Erhitzen von Zucker, Mehl, Holz und Stärke		◦ [609] V	
		Verkohlen von Zucker: Der Kohlenstoffpilz		◦ [431] V ◦ [541] V ◦ [722] V	◦ [431] Kondensation des Wasserdampfes an der Becherglaswand gut erkennbar ◦ [541] entsprechendes Arbeitsmaterial unter [558]; allerdings wird das Experiment mit Saccharose durchgeführt, während im AB mit Glucose gearbeitet wird ◦ [722] Wasserdampf gut erkennbar
		Verkohlen von Zucker: Emser Pastillen – Schlangen des Pharao	◦ [184] S. 15 (3.2.5) ◦ [291] S. 214f. (Experiment 207) ◦ [292] S. 65f. (Experiment 34)	◦ [532] V	◦ [291], [292], [532] Emser Pastillen mit und ohne Zucker im Vergleich ◦ Arbeitsmaterial zu [532] unter [556]
		Gasförmige Verbrennungsprodukte	◦ [9] S. 19f. ◦ [182] S. 14 (Versuch 12+13) ◦ [184] S. 18 (3.5.1)	◦ [397] V ◦ [415] V ◦ [618] V ◦ [620] V ◦ [625] V ◦ [781] V	◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11 ◦ [9] Kerze; nur Nachweis von Kohlenstoffdioxid ◦ [182], [184], [397], [415] Kerze; Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid ◦ [618] Feuerzeugflamme; Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid ◦ [620] Feuerzeuggas; nur Nachweis von Wasser ◦ [625], [781] Ethanol; Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid

Fortsetzung: Eigenschaften organischer Stoffe	Unterscheidung von organischen und anorganischen Stoffen	Experimentelle Unterscheidung durch Verhalten beim Erhitzen (Verkohlung)	◦ [264] S. 14-18		Teelichtbecher und Stövchen statt Reagenzglas und Brenner
	Exkurs: Kerze	Was brennt in der Kerzenflamme? Der Docht oder das Wachs?	◦ [182] S. 8 (Versuch 1+2)		Versuch 2: Stabfeuerzeug oder eine zweite Kerze für den Entzündungsversuch verwenden
		Das Geheimnis des Dochtes	◦ [182] S. 10 (Versuch 4+5) ◦ [210]		◦ [182] untersucht die Aufgabe des Dochtes und die Eignung von Tafelkreide als Docht; erfordert Lampenöl ◦ [210] untersucht die Eignung verschiedener Materialien als Docht
		Entzünden von Wachsdämpfen	◦ [182] S. 10f. (Versuch 6+8b)) ◦ [266] S. 9f. (Versuch 01+02) ◦ [365]		◦ [182] Versuch 6, [266] Versuch 02, [365] Fernzündung einer Kerze („springende Flamme“); [365] Löschen mit Kaffeelöffel statt Löschlöffel ◦ [182] Versuch 8b) Erzeugen einer Tochterflamme ◦ [266] Versuch 01 untersucht, in welchem Aggregatzustand Wachs entzündet werden kann; Erhitzen des Waxes in einem Teelichtbecher auf dem Stövchen o. ä.
		Wo ist die Kerzenflamme am heißesten?	◦ [20] S. 83 (V1+V4) ◦ [182] S. 15f. (Versuch 17) ◦ [211] ◦ [358]		
		Brenndauer von Kerzen in Abhängigkeit vom Luftvolumen	◦ [13] S. 71 (Aufgabe 4) ◦ [182] S. 19 (Versuch 20) ◦ [213] ◦ [266] S. 16f. (Versuch 09) ◦ [363]		Leitfrage: Ist neben dem Kerzenmaterial ein weiterer Ausgangsstoff für die Verbrennung notwendig?
		Vergleich der Verbrennung einer Kerze in Luft und Ausatemluft	◦ [182] S. 13 (Versuch 11)		
		Gasförmige Verbrennungsprodukte einer Kerze	◦ [9] S. 19f. ◦ [182] S. 14 (Versuch 12+13)	◦ [397] V ◦ [415] V	◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11 ◦ [9] nur Kohlenstoffdioxid

Fortsetzung: Eigenschaften organischer Stoffe	Fortsetzung: Exkurs: Kerze	Fortsetzung: Gasförmige Verbrennungsprodukte einer Kerze	◦ [184] S. 18 (3.5.1)		◦ [182], [184], [397], [415] Wasser und Kohlenstoffdioxid
		Ruß als Verbrennungsprodukt einer Kerze	◦ [182] S. 14 (Versuch 14) ◦ [362]		Porzellanteller o. ä. statt Porzellantiegel

Jahrgangsstufe 9/10

Welt der Stoffe – Identifikation und Ordnung von Stoffen

Tabelle 8: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Welt der Stoffe – Identifikation und Ordnung von Stoffen“ der Jgst. 9/10.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation]; [vertonte Videos mit Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Identifikation und Ordnung von Stoffgruppen nach fachsystematischen Kriterien: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Kunststoffe	Säuren/Laugen: pH-Indikatoren	Universalindikator	◦ [8] S. 159 (Exp. 19)		◦ erfordert pH-Papier ◦ neben sauren Bonbons und Kalkentferner können auch andere Alltagssubstanzen getestet werden
		Universalindikator, Bromthymolblau, Phenolphthalein und Rotkohllindikator		◦ [698] V	
		Universalindikator, Phenolphthalein und Lackmus		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „pH-Indikatoren“
		Rotkohllindikator	◦ [7] S. 63-65 + S. 68f. + S. 73f. ◦ [12] S. 190 ◦ [20] S. 38 (V1+V5) ◦ [39] ◦ [56] S. 8-16 (Versuch 2) ◦ [89] S. 70-80 + S. 142-155 ◦ [136], [137] ◦ [165] C – SL 2 Aufgabe 5 + SL 3a-c ◦ [179] ◦ [183] S. 10f. (Versuch 7-12) ◦ [201] S. 10-12 (Versuch 1-3)	◦ [671] V	◦ Erklärung in [291] S. 6-8 ◦ Impuls: Rotkohl vs. Blaukraut ◦ [7] S. 63-65 Rotkohl, Rote Beete und Radieschen als Indikator ◦ [7] S. 68f., [165] Universal- und Rotkohllindikator; erfordert pH-Papier ◦ [7] S. 73f., [20], [39], [56], [89], [136], [137], [179], [183], [277], [671] nur Rotkohllindikator ◦ [12] Heidelbeeren, Preiselbeeren, Aronia, Cranberries, Brombeeren, Rotkohl und Radieschen als Indikator; Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [201] v. a. Rotkohl, nur in Versuch 1 auch schwarzer Tee

Fortsetzung: Identifikation und Ordnung von Stoffgruppen nach fachsystematischen Kriterien: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Kunststoffe	Fortsetzung: Säuren/Laugen: Indikatoren	Fortsetzung: Rotkohllindikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [277] ◦ [317] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [317] Rotkohl, Blüten und Radieschen als Indikator
		Tee als Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 66f. ◦ [8] S. 159 (Exp. 21) ◦ [140], [141] ◦ [165] C – SL 2 Aufgabe 2+3 ◦ [192] Versuch 3a(+c) oder [252] Versuch 3a(+c) ◦ [285] S. 17-19 (Versuch 3) ◦ [291] S. 41 (Experiment 28) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] neben Tee wird auch blaues Wasseris untersucht ◦ [140], [141] Tee und Blüten als Indikator ◦ [291] Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen
		Blüten als Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [140], [141] ◦ [165] C – SL 2 Aufgabe 1 ◦ [317] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [140], [141] Tee und Blüten als Indikator ◦ [317] Rotkohl, Blüten und Radieschen als Indikator
		Radieschen als Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 63-65 ◦ [11] S. 113 ◦ [12] S. 190 ◦ [13] S. 135 (V1) ◦ [93] Experimente A1-A3 ◦ [288] ◦ [317] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] Rotkohl, Rote Beete und Radieschen als Indikator; pH-Papier statt Universalindikatorlösung verwenden ◦ [11], [13] Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [12] Heidelbeeren, Preiselbeeren, Aronia, Cranberries, Brombeeren, Rotkohl und Radieschen als Indikator; Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [317] Rotkohl, Blüten und Radieschen als Indikator
		Gummibärchen als Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [14] S. 50 (Versuch 1) ◦ [42] Versuch 2+3 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [42] Erhitzen der Gummibärchen auf dem Herd oder einem Stövchen; Versuch 3 erfordert Ammoniak-Lösung (z. B. Salmiak-Geist) ◦ Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen
		Brausepulver-Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [42] Versuch 1 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen

Fortsetzung: Identifikation und Ordnung von Stoffgruppen nach fachsystematischen Kriterien: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Kunststoffe	Säuren: Eigenschaften	Vergleich: Reine Säure vs. wässrige Lösung (am Beispiel der Essigsäure)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [607] V ◦ [807] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [607] Verhalten gegenüber Magnesium und Lackmuspulver ◦ [807] elektrische Leitfähigkeit, Färbung von trockenem pH-Papier, Verhalten gegenüber Magnesium (inkl. Knallgasprobe)
		Aggregatzustände von Säuren: Vergleich des Verhaltens von Zitronen- und Essigsäure beim Eindampfen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [73] S. 73 (Versuch 6+7) oder [201] S. 15f. (Versuch 10+11) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert pH-Papier ◦ Stövchen oder Herdplatte statt Brenner mit Dreifuß zum Eindampfen verwenden
	Metalle	Sinnliche Wahrnehmung: Farbe, Transparenz, Glanz, Oberflächenbeschaffenheit, Verformbarkeit und Klang ausgewählter Metallproben	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [26] S. 72f. (Versuch 47) 		erfordert Proben von Aluminium, Kupfer, Eisen, Zink und Lötzinn
		Härtebestimmung ausgewählter Metalle durch Ritzversuche	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [26] S. 73f. (Versuch 48) 		erfordert Proben von Aluminium, Kupfer, Eisen, Zink und Lötzinn
		Magnetismus	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 22 (Exp. 2) ◦ [26] S. 76 (Versuch 51) ◦ [200] Aufgabe 1 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Magneten ◦ [26] erfordert Proben von Aluminium, Kupfer, Eisen, Zink und Zinn, Drahtkleiderbügel und Getränkedose
		Elektrische Leitfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [223] ◦ [360] 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [435] V ◦ [572] V ◦ [655] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Heimexperimente haben hohen Materialaufwand: Flachbatterie (4,5 V), Kabel mit Krokodilklemmen und Glühlämpchen ◦ [223], [360], [572] Elektrische Leitfähigkeit verschiedener Alltagsgegenstände ◦ [435] Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von Metallen ◦ [655] Elektrische Leitfähigkeit von Lithium und Natrium
		Wärmeleitfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [14] S. 34 ◦ [26] S. 80f. (Versuch 55) ◦ [51], [52] 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [436] V ◦ [573] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [14] Wärmeleitfähigkeit von Stahl, Kunststoff, Holz, Styropor, Messing und Glas; untersuchte Materialien an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [26] Vergleich der Wärmeleitfähigkeit von Kupfer und Eisen

Fortsetzung: Identifikation und Ordnung von Stoffgruppen nach fachsystematischen Kriterien: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Kunststoffe	Fortsetzung: Metalle	Fortsetzung: Wärmeleitfähigkeit			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [51], [52] Vergleich der Wärmeleitfähigkeit von Kupfer/Nickel und Holz (Münze gegen Streichholz) ◦ [436] Vergleich der Wärmeleitfähigkeit von Wärmeleitfähigkeit von Kupfer und Glas ◦ [573] Wärmeleitfähigkeit von Kupfer, Kunststoff, Holz, Eisen und Glas
	Alkalimetalle	Natrium		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [598] V ◦ [752] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [598] metallischer Glanz, elektrische Leitfähigkeit, Reaktion mit Wasser und anschließendes Eindampfen ◦ [752] Reaktion mit Wasser: hochauflösende Makroaufnahme in Zeitlupe
		Lithium		◦ [597] V	metallischer Glanz, elektrische Leitfähigkeit, Reaktion mit Wasser
		Kalium		◦ [751] V	Reaktion mit Wasser: hochauflösende Makroaufnahme in Zeitlupe
		Autoxidation (Oxidation an Schnittkanten durch Luftsauerstoff)		◦ [513] V	Arbeitsmaterial unter [523] A01
		Reaktion von Lithium, Natrium und Kalium mit Wasser im Vergleich		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [514] V ◦ [667] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] unter „Anorganische Chemie → „Das Periodensystem“ → „Alkalimetalle (Reaktivität)“; ohne Indikator und Knallgasprobe ◦ [514] Arbeitsmaterial unter [523] A03; ohne Indikator und Knallgasprobe ◦ [667] inkl. Thymolphthalein als Indikator
		Reaktion von Natrium mit Wasser (inkl. Untersuchung der Reaktionsprodukte)		◦ [515] V	Arbeitsmaterial unter [523] A04
		Verbrennung von Lithium, Natrium und Kalium (inkl. Reaktion des Verbrennungsproduktes mit Wasser)		◦ [516] V	Arbeitsmaterial unter [523] A05
	Nichtmetalle: Halogene	Nachweis von Halogenid-Ionen mit Silbernitrat	◦ [292] S. 221f. (Experiment 175)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [567] VE ◦ [601] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [292] nur Chlorid; Herstellung einer Silbernitrat-Lösung siehe [292] S. 222 oben ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Bestimmen von Substanzen“ → „Halogenid-Test“; Chlorid, Bromid und Iodid

Fortsetzung: Identifikation und Ordnung von Stoffgruppen nach fachsystematischen Kriterien: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Kunststoffe	Fortsetzung: Nichtmetalle: Halogene	Fortsetzung: Nachweis von Halogenid-Ionen mit Silbernitrat			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [567] nur Chlorid; virtuelles Videoexperiment inkl. Auflösen des Niederschlags mit konz. Ammoniak-Lösung ◦ [601] Chlorid, Bromid und Iodid
		Beilsteinprobe: Qualitativer Nachweis der Halogene in verschiedenen Verbindungen		◦ [521] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Arbeitsmaterial unter [524] H09 ◦ untersucht werden: Salzsäure, Bromwasser, Iod-Kaliumiodid-Lösung, PVC-Schlauch und Celafloor Pilzfrei
	Salze	Sprödigkeit von Salzkristallen	◦ [8] S. 229 (Exp. 7)		erfordert Natriumchloridkristall
		Elektrische Leitfähigkeit von Salzlösungen		◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Ionen in Lösung“ ◦ erlaubt zusätzlich die Untersuchung der Leitfähigkeit der Feststoffe (dazu ggf. Elektrodenabstand verringern) und das Verhalten der Lösungen bei Veränderung der Spannung
		Elektrische Leitfähigkeit: Feststoff vs. Lösung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 228 (Exp. 1) ◦ [361] 	◦ [785] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Heimexperimente haben hohen Materialaufwand: Blockbatterie (9 V), Kabel mit Krokodilklemmen und Glühlämpchen ◦ [8] Aufbau von [361]
		Elektrische Leitfähigkeit: Feststoff vs. Lösung vs. Schmelze		◦ [432] V	
		Wasserlöslichkeit von Salzen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 158 (Exp. 14) ◦ [13] S. 129 (V1) ◦ [263] Versuch 1 	◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8], [263] Kochsalz; [263] exakter, allerdings muss Vollpipette ersetzt werden (Spritze, Schnapsglas, o. ä.) ◦ [13] Kochsalz, Kupfersulfat, Natriumcarbonat (Soda) ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Löslichkeit – Definition“
		Wasserlöslichkeit von Salzen: Einfluss der Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 42-44 ◦ [8] S. 158 (Exp. 15) ◦ [13] S. 129 (V3) 	◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] quantitativ ◦ [8], [13] qualitativ ◦ [7] Natriumchlorid, Alaun (Kaliumaluminiumsulfat) und Kaliumnitrat ◦ [8] Natriumchlorid und Kaliumnitrat ◦ [13] Kaliumnitrat

Fortsetzung: Identifikation und Ordnung von Stoffgruppen nach fachsystematischen Kriterien: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Kunststoffe	Fortsetzung: Salze	Fortsetzung: Wasserlöslichkeit von Salzen: Einfluss der Temperatur			◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Löslichkeit und Temperatur“
		Züchtung von Salzkristallen	◦ [7] S. 45-50 ◦ [8] S. 37 (Exp. 1) ◦ [10] S. 154 ◦ [13] S. 230 (V1+V2) ◦ [48] Versuch 3 ◦ [283] S. 21 ◦ [296] S. 10-12 (Versuch 3)		◦ [7], [10], [13], [283] Alaun (Kaliumaluminiumsulfat) ◦ [8], [48] Kupfersulfat ◦ [296] Kaliumnitrat (aus Flüssigdünger) ◦ [7], [8], [10] erfordern Thermometer
	Kovalente, ionische und metallische Stoffe im Vergleich	Elektrische Leitfähigkeit von Feststoffen und Lösungen		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Klassifizieren von Stoffen“ → „Ionisch, kovalent und metallisch (Leitfähigkeit)“
		Schmelz- bzw. Sublimationstemperatur		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Klassifizieren von Stoffen“ → „Ionisch, kovalent und metallisch (Schmelzpunkte)“
		Wasserlöslichkeit		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Klassifizieren von Stoffen“ → „Ionisch, kovalent und metallisch (Löslichkeit)“
	Alltags-, Lebens- und Umweltrelevanz von Luft und Wasser	Luft	Luft hat Volumen	◦ [13] S. 107 ◦ [170] ◦ [218] ◦ [225]	
Luftvolumen ist temperaturabhängig: Versuche zum Luftdruck			◦ [14] S. 122 (Versuch 2) ◦ [217]		[14] Milchflasche o. ä. statt Erlenmeyerkolben
Einfluss des Luftdrucks auf einen Schaumkuss			◦ [109]	◦ [575] V	[109] zusätzlich kann untersucht werden, was passiert, wenn man in den Strohhalm pustet statt daran zu saugen
Luft hat Masse: Luftwaage			◦ [13] S. 107 ◦ [180] ◦ [283] S. 34f.		
Temperaturabhängigkeit der Dichte von Luft			◦ [182] S. 23 (Versuch 27+28)		
Luft als Gasgemisch: Verbrennung von Kerze, Holz und Eisenwolle an der Luft und in reinem Sauerstoff				◦ [810] V	

Fortsetzung: Alltags-, Lebens- und Umweltrelevanz von Luft und Wasser	Fortsetzung: Luft	Sauerstoffgehalt der Luft	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 97 (Exp. 6) ◦ [89] S. 48-59 + S. 135-138 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [820] V ◦ [830], [831] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] erfordert Spritze und Eisenwolle; Reagenzglas ggf. durch zylinderförmige Vase, Einwegspritze ohne Stempel o. ä. ersetzen ◦ [89] erfordert Eisenwolle ◦ [830], [831] mit Luft auch als Heimexperiment möglich
		Warum kann der Sauerstoffgehalt nicht durch Verbrennung einer schwimmenden Kerze unter einer Glasglocke bestimmt werden?	◦ [165] C – Div 3		thematisiert u. a. Wasserlöslichkeit von Kohlenstoffdioxid
		Gasentwicklung bei der Photosynthese	◦ [13] S. 111 (V1)	◦ [832] VE (Lab 5: Das grüne Wunder)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] erfordert Kaliumhydrogencarbonat und Wasserpest; entweder Reagenzglas mitgeben oder durch Röhrchen von Vanilleschoten o. ä. ersetzen ◦ [832] zusätzlich Stärkenachweis
		Kohlenstoffdioxid in der Luft	◦ [26] S. 64 (Versuch 39)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11 ◦ erfordert Petrischale (ggf. durch Glaschälchen o. ä. ersetzen)
		Kohlenstoffdioxid in der Ausatemluft	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] S. 111 (V2) ◦ [15] S. 10 (Versuch 1) ◦ [184] S. 18 (3.5.2) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11 ◦ [13] außerdem Nachweis von Wasser in der Ausatemluft; erfordert weißes Kupfersulfat
		Kohlenstoffdioxid als Verbrennungsprodukt organischer Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [9] S. 19f. ◦ [182] S. 14 (Versuch 12+13) ◦ [184] S. 18 (3.5.1) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [397] V ◦ [415] V ◦ [618] V ◦ [620] V ◦ [625] V ◦ [781] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11 ◦ [9] Kerze; nur Nachweis von Kohlenstoffdioxid ◦ [182], [184], [397], [415] Kerze; Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid ◦ [618] Feuerzeugflamme; Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid ◦ [620] Feuerzeuggas; nur Nachweis von Wasser ◦ [625], [781] Ethanol; Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid

Fortsetzung: Alltags-, Lebens- und Umweltrelevanz von Luft und Wasser	Fortsetzung: Luft	Kohlenstoffdioxid als Löschmittel	◦ [184] S. 8f. (3.1.3+3.1.4)		
		Dichte von Kohlenstoffdioxid	◦ [8] S. 97 (Exp. 9) ◦ [104] Experiment D oder [254] Auftrag 4 ◦ [184] S. 10 (3.1.6+3.1.7)	◦ [823] V	◦ [8], [104], [184], [254] im Vergleich zu Luft ◦ [823] Dichtebestimmung von Kohlenstoffdioxid mit einer Spritze
		Trockeneis		◦ [789] V	Verhalten von Trockeneis auf einem Tisch, in warmem Wasser (mit Methylenblau bzw. Universalindikator) und in einem Ballon im Wasserbad
	Luft: Exkurs zur Kerze	Kerze: Was brennt in der Kerzenflamme? Der Docht oder das Wachs?	◦ [182] S. 8 (Versuch 1+2)		Versuch 2: Stabfeuerzeug oder eine zweite Kerze für den Entzündungsversuch verwenden
		Kerze: Das Geheimnis des Dochtes	◦ [182] S. 10 (Versuch 4+5) ◦ [210]		◦ [182] untersucht die Aufgabe des Dochtes und die Eignung von Tafelkreide als Docht; erfordert Lampenöl ◦ [210] untersucht die Eignung verschiedener Materialien als Docht
		Kerze: Entzünden von Wachsdämpfen	◦ [182] S. 10f. (Versuch 6+8b)) ◦ [266] S. 9f. (Versuch 01+02) ◦ [365]		◦ [182] Versuch 6, [266] Versuch 02, [365] Fernzündung einer Kerze („springende Flamme“); [365] Löschen mit Kaffeelöffel statt Löschlöffel ◦ [182] Versuch 8b) Erzeugen einer Tochterflamme ◦ [266] Versuch 01 untersucht, in welchem Aggregatzustand Wachs entzündet werden kann; Erhitzen des Waxes in einem Teelichtbecher auf dem Stövchen o. ä.
		Kerze: Wo ist die Kerzenflamme am heißesten?	◦ [20] S. 83 (V1+V4) ◦ [182] S. 15f. (Versuch 17) ◦ [211] ◦ [358]		
		Kerze: Brenndauer von Kerzen in Abhängigkeit vom Luftvolumen	◦ [13] S. 71 (Aufgabe 4) ◦ [182] S. 19 (Versuch 20) ◦ [213] ◦ [266] S. 16f. (Versuch 09)		Leitfrage: Ist neben dem Kerzenmaterial ein weiterer Ausgangsstoff für die Verbrennung notwendig?

Fortsetzung: Alltags-, Lebens- und Umweltrelevanz von Luft und Wasser	Fortsetzung: Luft: Exkurs zur Kerze	Fortsetzung: Kerze: Brenndauer von Kerzen in Abhängigkeit vom Luftvolumen	◦ [363]		
		Kerze: Vergleich der Verbrennung einer Kerze in Luft und Ausatemluft	◦ [182] S. 13 (Versuch 11)		
		Kerze: Gasförmige Verbrennungsprodukte einer Kerze	◦ [9] S. 19f. ◦ [182] S. 14 (Versuch 12+13) ◦ [184] S. 18 (3.5.1)	◦ [397] V ◦ [415] V	◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11 ◦ [9] nur Kohlenstoffdioxid ◦ [182], [184], [397], [415] Wasser und Kohlenstoffdioxid
		Kerze: Ruß als Verbrennungsprodukt einer Kerze	◦ [182] S. 14 (Versuch 14) ◦ [362]		Porzellanteller o. ä. statt Porzellantiegel
	Wasser	Wassergehalt von Lebensmitteln	◦ [165] C – Anf 1 ◦ [222]		◦ [165] Wassergehalt verschiedener Lebensmittel durch Trocknen im Ofen ◦ [222] Wassergehalt einer Salatgurke durch Reiben und Auspressen
		Temperaturabhängigkeit der Dichte: Bau eines Thermometers	◦ [245], [248] Aufgabe 4 ◦ [340]		
		Temperaturabhängigkeit der Dichte: Unterwasservulkan	◦ [338]		
		Dichteanomalie des Wassers: Eis schwimmt auf Wasser	◦ [8] S. 150 (Exp. 1) ◦ [14] S. 148 (Versuch 1)	◦ [679] V	◦ [8], [679] Vergleich von Wasser und Wachs ◦ [14] erfordert zwei Thermometer ◦ neben dem Vergleich mit Wachs kann auch ein Erfolg mit anderen Alltagsstoffen erfolgen, z. B. Olivenöl
		Dichteanomalie des Wasser: Wasser dehnt sich beim Gefrieren aus	◦ [16] S. 82f. (V3.7) ◦ [30] Versuch 1 ◦ [224] ◦ [347]	◦ [495] V	◦ [16] erfordert Thermometer ◦ [224] erfordert Einwegspritze (10 mL) ◦ [347] entweder Reagenzglas mitgeben oder durch Röhrchen von Vanilleschoten o. ä. ersetzen
		Dichteanomalie des Wasser: Verflüssigung unter Druck (Regelation)		◦ [565] V	
Oberflächenspannung von Wasser	◦ [6] S. 45f. (Versuch 9 b) ◦ [7] S. 106f. ◦ [8] S. 265 (Exp. 1) ◦ [10] S. 149	◦ [683] V	◦ [6] Wasserberg – Vergleich von Wasser und Spiritus; erfordert Einwegpipetten ◦ [7] Wasserberg und schwimmende Gegenstände		

Fortsetzung: Alltags-, Lebens- und Umweltrelevanz von Luft und Wasser	Fortsetzung: Wasser	Fortsetzung: Oberflächenspannung von Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] S. 288 (Aufgabe 2) ◦ [183] S. 7 (Versuch 2) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8], [10] schwimmende Büroklammer; [10] erfordert Lupe ◦ [13], [183], [683] Wasserberg; [183] erfordert Einwegpipette
		Aggregatzustände des Wassers	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [26] S. 23f. (Versuch 4) ◦ [265] ◦ [348] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [26], [265] erfordert Thermometer; inkl. Temperatur-Zeit-Diagramm; [26] Herdplatte statt Magnetrührer und ein normales Thermometer verwenden ◦ [348] erfordert Thermometer; Stövchen oder Kochfeld statt Bunsenbrenner und Untertasse statt Uhrglas
		Siedepunktserniedrigung von Wasser (durch Unterdruck): Der Eiskocher	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [31] Versuch 1 		
		Gefrierpunktserniedrigung von Wasser: Mit Salz bekämpft man Eis	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [177] ◦ [356] 		erfordert (zwei) Thermometer
		Boden als natürliche „Kläranlage“	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [26] S. 119 (Versuch 84) ◦ [212] ◦ [324] ◦ [354] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Stichwort: „natürliche Kläranlage“, Funktionsweise eines Kiesfilters ◦ [324] erfordert Aktivkohle; ggf. durch gemörserte Kohletabletten ersetzen?
		Abwasserreinigung: Trennen eines Stoffgemisches aus Papiertaschentuchschnipseln, Gemüseschnipseln, Sand, Waschpulver und Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [227] S. 31-34 (Arbeitsblatt 5) 		Hinweise und Auswertung unter [227] S. 49
		Solare Destillationsanlage: Wie man in der Wüste Wasser gewinnen kann	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [165] C – Gem 5 		
		Solare Destillationsanlage: Wie man aus Salzwasser Trinkwasser gewinnen kann	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [230] 		
Eignung von Werkstoffen	Metallkorrosion	Korrosion von Eisen, Aluminium, Kupfer, Zinn und Silber unter verschiedenen Bedingungen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [17] Aufgabe 1+3+5 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Bedingungen: trocken, Mineralwasser, destilliertes Wasser, Essig, Seifenwasser und Salzwasser ◦ bei Aluminium zusätzlich Sauerkraut
		Korrosion von Eisen, Aluminium, Kupfer, Zink und Zinn unter verschiedenen Bedingungen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [310] Experimente A+C 		Bedingungen: Leitungswasser, Cola, Zitronensaft, Salzwasser
		Korrosion von Eisen, Messing und Kupfer in Salzlösung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 238 (Exp. 15) 		

Fortsetzung: Eignung von Werkstoffen	Fortsetzung: Metallkorrosion	Kupfer unter Umwelteinflüssen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] S. 144 (V2) ◦ [173] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] Einfluss von Säuren, Laugen, Feuchtigkeit und Salz; erfordert Eisenwolle und mehrere Kupferblechstreifen ◦ [173] Einfluss von Säuren; erfordert Kupferblech
	Kunststoffe	Verformbarkeit und Ritzprobe	◦ [57] S. 407 (EXP 17.01)		
		Dichte	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [57] S. 407 (EXP 17.03) ◦ [293] S. 13f. 		
		Lösemittel-Beständigkeit	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] S. 200 (Versuch 48 a) ◦ [128], [129] ◦ [293] S. 14f., S. 80, S. 82 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [418] V ◦ [442] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] Löslichkeit von Nagellack, Polystyrol (Schaum und Becher) und Legobausteinen in Aceton vs. Spiritus ◦ [128], [129], [418], [442] Löslichkeit von Polystyrol in Aceton ◦ [293] Löslichkeit verschiedener Kunststoffproben in Spiritus, Reinigungsbenzin, Nagellackentferner und Nitro- bzw. Universalverdünner
		Wärmeleitfähigkeit	◦ [293] S. 16f.		erfordert Thermometer
		Brennbarkeit	◦ [293] S. 21-23		
		Verhalten beim Erwärmen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [57] S. 407 (EXP 17.06) ◦ [293] S. 79 	◦ [682] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [293] nur Versuchsteil a) ◦ [682] Wärmeeinwirkung auf ein Gummiband

Der Mix macht's – Stoffgemische

Tabelle 9: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Der Mix macht's - Stoffgemische“ der Jgst. 9/10.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen	
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)		
Zielführende Trenn- und Mischverfahren: Destillation, Neutralisation	Destillation als zielführendes Trennverfahren	Einfache Destillation einer Salzlösung		◦ [685] V	unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Fraktionierte Destillation“	
		Destillation eines Ethanol-Wasser-Gemischs		◦ [479] VE		
		Destillation von Rotwein		◦ [714] V		
		Solare Destillationsanlage: Wie man in der Wüste Wasser gewinnen kann	◦ [165] C – Gem 5			
		Solare Destillationsanlage: Wie man aus Salzwasser Trinkwasser gewinnen kann	◦ [230]			
	Neutralisation als zielführendes Mischverfahren	Neutralisation von Säuren durch Laugen			◦ [413] V ◦ [427] V	◦ [413] tropfenweise Zugabe von Natriumhydroxid-Lösung zu Salzsäure (Indikator: Bromthymolblau) ◦ [427] Vereinigung äquimolarer Mengen von Salzsäure und Natriumhydroxid-Lösung (pH-Papier) und anschließendes Eindampfen
			Neutralisation einer alkalischen Lösung durch eine saure Lösung	◦ [20] S. 39 (V5)		◦ Zugabe von Essigsäure-Lösung zu Natriumcarbonat-Lösung in Gegenwart von Rotkohllindikator ◦ erfordert Einwegpipette
		Neutralisationen aus dem Alltag: Sodbrennen		◦ [291] S. 215f. (Experiment 208) oder [292] S. 79 (Experiment 41) ◦ [367]		◦ [291], [292] Bullrich Salz (Natriumhydrogencarbonat) ◦ [367] Bullrich Salz (Natriumhydrogencarbonat) und Maaloxan (Aluminium- und Magnesiumhydroxid); statt Salzsäure und Universalindikator können Essig und Rotkohllindikator verwendet werden

Fortsetzung: Zielführende Trenn- und Mischverfahren: Destillation, Neutralisation	Fortsetzung: Neutralisation als zielführendes Mischverfahren	Neutralisationen aus dem Alltag: Spülmaschine	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [11] S. 87 (Versuch 1) ◦ [260] S. 349 (V4) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Rotkohllindikator oder pH-Papier statt Universalindikatorlösung ◦ [11] AB verlangt das Formulieren von Reaktionsgleichungen (ggf. nur Durchführung nutzen)
---	--	---	---	--	---

Verwandlungen – Chemische Reaktionen

Tabelle 10: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Verwandlungen – Chemische Reaktionen“ der Jgst. 9/10.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation]; [vertonte Videos mit Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Kennzeichen chemischer Reaktionen: Aktivierungsenergie, Erhaltung der Masse, Energiebilanz, Donator-Akzeptor-Prinzip	Aktivierungsenergie	Wunderkerzen und Knallerbsen zur Demonstration der Aktivierungsenergie	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [318] S. 134f. (Versuch 21) + S. 138-141 (Versuch 24) ◦ [329] ◦ [346] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [318], [346] Wunderkerzen und Knallerbsen ◦ [329] Knallerbsen
		Entzünden von Streichhölzern	◦ [318] S. 135f. (Versuch 22)		Aktivierung durch Wärme oder mechanische Arbeit
		Entzünden von Stahlwolle	◦ [318] S. 136-138 (Versuch 23)		Aktivierung durch Wärme oder elektrischen Strom
		Saugheber-Modell zur Aktivierungsenergie	◦ [342], [357]		statt Rundkolben können auch zwei Schüsseln verwendet werden, von denen eine erhöht auf einem Tisch/Stuhl/Bücherstapel o. ä. steht
		Knallgas-Reaktion		◦ [788] V	zusätzlich: Palladium-Platin als Katalysator
		Exotherme Reaktion von Zink und Schwefel		◦ [458] V	
		Exotherme Reaktion von Eisen und Schwefel		◦ [721] V	
		Exotherme Reaktion von Kupfer und Schwefel		◦ [812] V	
	Aktivierungsenergie: Einfluss von Katalysatoren	Asche als Katalysator: Zuckerverbrennung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 83 (Exp. 19) ◦ [20] S. 165 (V1) ◦ [291] S. 24f. (Experiment 11) 	◦ [796] V	
		Entzünden von Wasserstoff mit Hilfe eines Platinkatalysators		◦ [641] V	
		Katalytische Zersetzung von Wasserstoffperoxid		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [407] V ◦ [479] VE 	◦ [407] Braunstein; inkl. Kupfersulfat- und Glimmspanprobe

Fortsetzung: Kennzeichen chemischer Reaktionen: Aktivierungsenergie, Erhaltung der Masse, Energiebilanz, Donator-Akzeptor-Prinzip	Fortsetzung: Aktivierungsenergie: Einfluss von Katalysatoren	Fortsetzung: Katalytische Zersetzung von Wasserstoffperoxid		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [491] V ◦ [725] V ◦ [801] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] Braunstein vs. unkatalysiert; unter „Anorganische Chemie“ → „Reaktionsgeschwindigkeit“ → „Katalysatoren und Reaktionsgeschwindigkeit“ ◦ [491], [725] Kaliumiodid; [491] inkl. Glimmspanprobe, [725] Herstellung von Elefantenzahnpasta ◦ [801] Platin und Braunstein; inkl. Wärmebild, Glimmspanprobe und Wiederverwendbarkeit
		Enzymatische Zersetzung von Wasserstoffperoxid: Katalase in Kartoffeln	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [20] S. 164 (V3) ◦ [195] Versuch 2 ◦ [256], [257] Auftrag 1 oder [271] Vorbereitung 1, Versuch 4+5 oder [313] Experiment 2 ◦ [268] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Wasserstoffperoxid-Lösung (alternativ: Kontaktlinseflüssigkeit) ◦ [20], [195], [268] nativ vs. denaturiert; [268] Münze in Kerzen- statt Brennerflamme erhitzen ◦ [256], [257], [271], [313] Untersuchung verschiedener Temperaturen und Konzentrationen
		Amylase im Speichel, in Honig oder in Waschmittel	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [57] S. 343 (EXP 13.11) ◦ [110] ◦ [134], [135] Teil c) ◦ [291] S. 26f. (Experiment 13) + S. 191 (Experiment 181) ◦ [292] S. 146 (Experiment 107) ◦ [370] 	◦ [652] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Alternative zu Iod-Kaliumiodid-Lösung: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) oder Betaisodona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29) ◦ [57], [134], [135], [291] Experiment 181, [292] Waschmittel ◦ [110], [370] Speichel ◦ [291] Experiment 13: Honig; erfordert Kunsthonig (siehe [291] Experiment 12) ◦ [652] Speichel; zusätzlich saure Hydrolyse ◦ [57] erfordert Thermometer ◦ [134], [135] erfordert Biozym SE
		Urease in Sojamehl	◦ [274] Versuch 2		erfordert Sojamehl und Ice-Packs mit Harnstoff (Urea)

Fortsetzung: Kennzeichen chemischer Reaktionen: Aktivierungsenergie, Erhaltung der Masse, Energiebilanz, Donator-Akzeptor-Prinzip	Gesetz von der Erhaltung der Masse	Das Geheimnis der verschwundenen Masse	◦ [79]	◦ [412], [416], [417] V ◦ [439], [440] V	◦ [79] Kerze/Streichhölzer vs. Eisenwolle, Problem bei Heimexperimenten: Genauigkeit von Haushaltswaagen und ggf. reicht eine Kerzenflamme nicht aus, um die Streichhölzer zu entzünden ◦ [412], [416], [417] Kerze wird beim Verbrennen leichter, Eisenwolle wird beim Verbrennen schwerer, Masse verändert sich beim Verbrennen von Streichhölzern im geschlossenen System nicht ◦ [439], [440] Eisenwolle wird beim Verbrennen schwerer, Holzwolle wird beim Verbrennen leichter
		Massenerhaltung bei der Verbrennung einer Kerze	◦ [3] Versuch 3		◦ Problem: Genauigkeit von Haushaltswaagen ◦ am besten zunächst Verbrennung einer Kerze im offenen System
		Massenerhaltung bei der Verbrennung von Eisenwolle	◦ [13] S. 96 (V2)		◦ zum Entzünden Flach- oder Blockbatterie verwenden ◦ Problem: Genauigkeit von Haushaltswaagen und Versuch mit geschlossenem System zuhause nicht möglich
		Massenerhaltung bei der Verbrennung von Streichholzköpfen		◦ [390] V	nur geschlossenes System
		Massenerhaltung beim Auflösen einer Brausetablette	◦ [301], [302]		ggf. Vergleich offenes und geschlossenes System, d. h. zunächst ohne Luftballon durchführen
		Massenerhaltung beim Verbrennen von Kohle		◦ [391] V ◦ [576] V	nur geschlossenes System
		Massenerhaltung beim Verbrennen von Magnesium		◦ [395] V	◦ nur offenes System ◦ Zeitlupe in [396]
		Energiebilanz: Endotherme Reaktionen	Erhitzen von Silber(I)-oxid		◦ [813] V
	Lösen von Harnstoff		◦ [108] Experimente A1 ◦ [258] Auftrag 1 oder [274] Versuch 1 ◦ [281] Experiment 1		◦ Stichwort: Kälte-Sofort-Kompresse ◦ erfordert Ice-Packs mit Harnstoff (Urea) und Thermometer ◦ [258], [274] inkl. Vergleich mit Kochsalz
	Lösen von Ammoniumnitrat			◦ [756] V	

Fortsetzung: Kennzeichen chemischer Reaktionen: Aktivierungsenergie, Erhaltung der Masse, Energiebilanz, Donator-Akzeptor-Prinzip	Fortsetzung: Energiebilanz: Endotherme Reaktionen	Auflösen von Brausetabletten	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [32] Versuch 4 ◦ [318] S. 128f. (Versuch 16) 		erfordert Thermometer
		Reaktion von Kristallsoda mit Zitronensäure	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [9] S. 223 (Station 1) ◦ [318] S. 133f. (Versuch 20) 	◦ [640] V	Heimexperimente erfordern Thermometer
	Energiebilanz: Exotherme Reaktionen	Reaktion von Zink und Schwefel		◦ [458] V	
		Reaktion von Eisen und Schwefel		◦ [721] V	
		Reaktion von Kupfer und Schwefel		◦ [812] V	
		Anrühren von Gips	◦ [95] Experiment A		erfordert Thermometer
		Rostvorgang	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [250] Versuch 8 ◦ [316] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Stichwort: Taschenwärmer und Wärmepflaster (Rosten gegen kalte Finger und Gelenkschmerzen) ◦ erfordert Eisenpulver, verschiedene Kohlesorten (u. a. Aktivkohle) und Thermometer ◦ Aktivkohle ggf. durch gemörserte Kohletabletten ersetzen? ◦ [250] Problem: Genauigkeit von Haushaltswaagen
		Kristallisation von Natriumacetat-Trihydrat	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 380 (Exp. 22) ◦ [92] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Stichwort: Wärmekissen ◦ erfordert Thermometer
		Neutralisation von Natronlauge mit Salzsäure		◦ [414] V	Temperaturmessung bei der Vereinigung äquimolarer Mengen von Salzsäure und Natriumhydroxid-Lösung
	Reaktion von Schwefelsäure mit Wasser: „Erst das Wasser, dann die Säure, sonst geschieht das Ungeheure“		◦ [798] V		
	Energiebilanz: Endotherme oder exotherme Reaktion?	Lösen von verschiedenen Salzen in Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] S. 285 (V2) ◦ [20] S. 255 (V1) ◦ [300] S. 12f. (V6) 	◦ [656] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] erfordert Ammoniumchlorid, Natriumchlorid, Kaliumnitrat, Calciumchlorid (wasserfrei), Calciumchlorid-Hydrat, Kupfersulfat (wasserfrei) und Thermometer ◦ [20] erfordert Calciumchlorid, Kaliumchlorid, Natriumchlorid und Thermometer

Fortsetzung: Kennzeichen chemischer Reaktionen: Aktivierungsenergie, Erhaltung der Masse, Energiebilanz, Donator-Akzeptor-Prinzip	Fortsetzung: Energiebilanz: Endotherme oder exotherme Reaktion?	Fortsetzung: Lösen von verschiedenen Salzen in Wasser			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [300] erfordert Kaliumchlorid, Kaliumcarbonat, Ammoniumchlorid, Natriumchlorid, Natriumcarbonat (Soda) und ein Thermometer ◦ [656] Kupfer (II)-sulfat (wasserfrei), Ammoniumchlorid, Calciumchlorid, Kaliumnitrat, Natriumchlorid, Magnesiumbromid, Natriumsulfat, Kochsalz, Kaliumchlorid 	
		Lösen von blauem und weißem Kupfersulfat	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 75 (Exp. 13) ◦ [9] S. 200 	◦ [755] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] erfordert blaues Kupfersulfat und Thermometer; Problem: Reicht Hitze einer Kerzenflamme, um weißes Kupfersulfat herzustellen? ◦ [9] erfordert blaues und weißes Kupfersulfat und Thermometer 	
		Lösen von wasserhaltigem und wasserfreiem Calciumchlorid	◦ [350]		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Thermometer, Calciumchlorid und Calciumchlorid-Hexahydrat ◦ Styroporkalorimeter ggf. durch Thermobecher in Glas ersetzen (vgl. [78]) 	
		Lösen von Calciumchlorid und Kaliumnitrat			◦ [492] V	
		Temperatur-Zeit-Diagramm verschiedener chemischer Reaktionen			◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Energie“ → „Endotherm und exotherm“ ◦ verfügbare Chemikalien: Salzsäure, Natriumhydroxid, Wasser, Natriumchlorid, Silbernitrat, Magnesium ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
	Donator-Akzeptor-Prinzip: Oxidation als Sauerstoffaufnahme und Reduktion als Sauerstoffabgabe	Oxidation von Metallen (Verbrennung)	◦ [84]	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [394] V ◦ [395] V ◦ [398] V ◦ [399] V ◦ [479] VE ◦ [482] V ◦ [493] V ◦ [794] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [84] Eisen; erfordert Eisenwolle und Blockbatterie (9 V) ◦ [394], [398] Kupfer ◦ [395], [794] Magnesium; Zeitlupe zu [395] in [396] ◦ [399] Kupfer, Eisen, Magnesium ◦ [479] Erhitzen von Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin an der Luft; 	

Fortsetzung: Kennzeichen chemischer Reaktionen: Aktivierungsenergie, Erhaltung der Masse, Energiebilanz, Donator-Akzeptor-Prinzip	Fortsetzung: Donator-Akzeptor-Prinzip: Oxidation als Sauerstoffaufnahme und Reduktion als Sauerstoffabgabe	Fortsetzung: Oxidation von Metallen (Verbrennung)			unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Luft)“; nimmt Wortgleichungen vorweg <ul style="list-style-type: none"> ◦ [482] Verbrennung von Aluminium-, Zink-, Magnesium-, Eisen- und Kupferpulver in der rauschenden Brennerflamme ◦ [493] Lithium
		Oxidation von Nichtmetallen (Verbrennung)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [401] V ◦ [402] V ◦ [479] VE ◦ [697] V ◦ [746] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [401] Verbrennung von Holzkohle an der Luft und in reinem Sauerstoff ◦ [402] Verbrennung von Schwefel an der Luft und in reinem Sauerstoff ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Saurer Regen“; Verbrennung von Schwefel und Reaktion von Schwefeldi-/trioxid mit Wasser ◦ [697] Verbrennung von Schwefel und Reaktion von Schwefeldi-/trioxid mit Wasser ◦ [746] Verbrennung von rotem Phosphor in reinem Sauerstoff und Reaktion von Phosphorpentoxid mit Wasser
		Thermolyse von Iod(V)-oxid		◦ [815] V	inkl. Glimmspanprobe und Betrachtung der Energetik
		Thermolyse von Silber(I)-oxid		◦ [813] V	inkl. Glimmspanprobe und Betrachtung der Energetik
		Elektrolyse von Wasser: Hoffmann'scher Wasserzersetzungsapparat		◦ [651] V	inkl. Glimmspan- und Knallgasprobe
		Verbrennung von Kerze, Holz und Eisenwolle		◦ [810] V	jeweils an der Luft und in reinem Sauerstoff
Korrosion von Eisen: Rosten als Oxidation von Eisen durch Luft(-sauerstoff)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [56] S. 20-23 (Versuch 4) ◦ [89] S. 48-59 + S. 135-138 		erfordert Eisenwolle	

Fortsetzung: Kennzeichen chemischer Reaktionen: Aktivierungsenergie, Erhaltung der Masse, Energiebilanz, Donator-Akzeptor-Prinzip	Donator-Akzeptor-Prinzip: Oxidation als Elektronenabgabe und Reduktion als Elektronenaufnahme	Reaktion von Metallen mit Halogenen		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [393] V ◦ [411] V ◦ [479] VE ◦ [570] V ◦ [668] V ◦ [669] V ◦ [790] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [393] Kupfer mit Iod ◦ [411] Aluminium mit Brom ◦ [479] Kalium, Natrium, Lithium und Magnesium mit Chlor und Iod; unter „Anorganische Chemie“ → „Das Periodensystem“ → „Halogene“ ◦ [570] Natrium mit Chlor ◦ [668] Zink und Magnesium mit Brom; inkl. Leitfähigkeitsmessung und Silbernitrat-Probe ◦ [669] Magnesium mit Iod in ethanolischer Lösung; inkl. Leitfähigkeitsmessung und Silbernitrat-Probe ◦ [790] Natrium mit Chlor, Brom und Iod
		Reaktion von Metallen mit Schwefel		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [458] V ◦ [474] V ◦ [585] V ◦ [812] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [458] Zink ◦ [474], [812] Kupfer ◦ [585] Eisen; leider ohne Untersuchung des Magnetismus
		Reaktion von Metallen mit Salzsäure		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [587] V ◦ [650] V ◦ [743] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin; unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Säure)“; nimmt Wortgleichungen vorweg ◦ [587] Magnesium, Aluminium, Zink, Eisen, Kupfer und Silber; inkl. Knallgasprobe bei Magnesium ◦ [650], [743] Zink; inkl. Knallgasprobe
		Reduktion von Metalloxiden durch Wasserstoff		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [583] V ◦ [805] V 	Reduktion von Kupfer(II)-oxid inkl. Wassernachweis
		Reduktion von Metalloxiden durch Kohlenstoff		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [580] V 	Reduktion von Kupfer(II)-oxid mit Kohlenstoff inkl. Kalkwasserprobe
		Reduktion von Metalloxiden durch Kohlenstoff oder Thermolyse		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE 	◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Metallgewinnung aus Erzen“

Fortsetzung: Kennzeichen chemischer Reaktionen: Aktivierungsenergie, Erhaltung der Masse, Energiebilanz, Donator-Akzeptor-Prinzip	Fortsetzung: Donator-Akzeptor-Prinzip: Oxidation als Elektronenabgabe und Reduktion als Elektronenaufnahme	Fortsetzung: Reduktion von Metalloxiden durch Kohlenstoff oder Thermolyse			<ul style="list-style-type: none"> ◦ Reduktion von Eisen(III)-oxid, Silberoxid und Zinkoxid (aber nicht Aluminiumoxid) mit Kohlenstoff; Reduktion von Silberoxid (aber nicht Eisen(III)-oxid, Zinkoxid und Aluminiumoxid) durch Erhitzen ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
		Oxidation von Eisen durch Sauerstoff und Reduktion von Eisen(III)-oxid durch Aluminium oder Kohlenstoff		◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Eisen“ ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
		Hochofenprozess: Reduktion von Eisen(III)-oxid durch Kohlenstoffmonoxid		◦ [470] V	Modellversuch im Labormaßstab
		Thermit-Verfahren (Aluminothermie): Reduktion von Eisen(III)-oxid durch Aluminium		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [428] V ◦ [594] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [428] keine Untersuchung mit einem Magneten ◦ [594] inkl. Untersuchung mit Magneten, aber auch inkl. Reaktionsgleichung und Erläuterung
		Oxidation von Metallen durch Wasserdampf		◦ [584] V	Reaktion von erhitztem Magnesium mit Wasserdampf inkl. Knallgasprobe
		Reaktion von Halogenid-Lösungen mit Halogenen		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [522] V ◦ [629] V 	Arbeitsmaterial zu [522] unter [524] H12
		Elektrolyse einer Salzlösung		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [419] V ◦ [446] V ◦ [507] V ◦ [711] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [419], [711] Zinkbromid-Lösung; [711] inkl. Untersuchung des entstehenden Zinks mit Salzsäure ◦ [446], [507] Zinkiodid-Lösung; [446] inkl. Untersuchung des entstehenden Zinks mit Salzsäure, [507] inkl. Untersuchung des entstehenden Iods durch Extraktion mit <i>n</i>-Hexan
		Schmelzflusselektrolyse von Zinkbromid		◦ [508] V	
		Elektrolyse einer Kupfer(II)-chlorid-Lösung, einer Salzsäure-Lösung und einer Bleibromid-Schmelze		◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Elektrolyse (Grundlagen)“ ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg

Fortsetzung: Kennzeichen chemischer Reaktionen: Aktivierungsenergie, Erhaltung der Masse, Energiebilanz, Donator-Akzeptor-Prinzip	Donator-Akzeptor-Prinzip: Säuren und Basen	Neutralisation von Säuren durch Laugen		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [413] V ◦ [427] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [413] tropfenweise Zugabe von Natriumhydroxid-Lösung zu Salzsäure (Indikator: Bromthymolblau) ◦ [427] Vereinigung äquimolarer Mengen von Salzsäure und Natriumhydroxid-Lösung (pH-Papier) und anschließendes Eindampfen
		Neutralisation einer alkalischen Lösung durch eine saure Lösung	◦ [20] S. 39 (V5)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Zugabe von Essigsäure-Lösung zu Natriumcarbonat-Lösung in Gegenwart von Rotkohllindikator ◦ erfordert Einwegpipette
		Neutralisationen aus dem Alltag: Sodbrennen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [291] S. 215f. (Experiment 208) oder [292] S. 79 (Experiment 41) ◦ [367] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [291], [292] Bullrich Salz (Natriumhydrogencarbonat) ◦ [367] Bullrich Salz (Natriumhydrogencarbonat) und Maaloxan (Aluminium- und Magnesiumhydroxid); statt Salzsäure und Universalindikator können Essig und Rotkohllindikator verwendet werden
		Neutralisationen aus dem Alltag: Spülmaschine	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [11] S. 87 (Versuch 1) ◦ [260] S. 349 (V4) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Rotkohllindikator oder pH-Papier statt Universalindikatorlösung ◦ [11] AB verlangt das Formulieren von Reaktionsgleichungen (ggf. nur Durchführung nutzen)
		Formulierung von Reaktionsgleichungen mit Stoff- und Reaktionssymbolen			
Stöchiometrie	Verhältnisformeln, Gesetz der konstanten Proportionen	Hoffmann'scher Wasserzersetzungsapparat		◦ [651] V	inkl. Glimmspan- und Knallgasprobe
		Empirische Bestimmung der Formel für Metalloxide durch Wiegen und Verbrennen		◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Gleichungen und Mengen“ → „Empirische Formel für Metalloxide“ ◦ Untersuchung von Magnesium, Natrium und Zink
		Knallgasreaktion im Eudiometer: Variation der Volumenverhältnisse von Wasserstoff und Sauerstoff		◦ [706] VE	

Sonstiges	Einfluss des Zerteilungsgrads auf das Ablaufen und die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen	Holz und Aluminium - brennbar oder nicht?		◦ [809] V	
		Eisen, Aluminium und Petrol – brennbar oder nicht?		◦ [496] V	
		Reaktion von Salzsäure mit Zinkpulver und Zinkgranalien		◦ [666] V	
		Reaktion von Salzsäure mit feinem, mittelfeinem und grobem Calciumcarbonat		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Reaktionsgeschwindigkeit“ → „Oberfläche und Geschwindigkeit“
		Reaktion von Eisen mit Luftsauerstoff – Verbrennung von Eisennagel, -wolle und -pulver		◦ [703] V	◦ Artikel und Material müssen käuflich erworben werden ◦ beinhaltet neben dem eigentlichen Video eine interaktive Videopräsentation, eine Animation zur Verbrennung von Eisennagel und ein Arbeitsblatt
	Analyse und Synthese	Analyse: Thermolyse von Iod(V)-oxid		◦ [815] V	inkl. Glimmspanprobe und Betrachtung der Energetik
		Analyse: Thermolyse von Silber(I)-oxid		◦ [813] V	inkl. Glimmspanprobe und Betrachtung der Energetik
		Synthese und Analyse von Zinkbromid		◦ [684] V	Analyse durch Elektrolyse

Tafel des Wissens – Periodensystem der Elemente

Tabelle 11: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Tafel des Wissens – Periodensystem der Elemente“ der Jgst. 9/10.

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Systematischer Aufbau des PSE: Gruppen und Perioden, Ordnungszahl, Kernladungszahl, Atommassen					
Zusammenhang zwischen Elektronenkonfiguration und Reaktionsverhalten					
Elementsymbole und Formeln					
Stoffdaten					
Elektronegativität					

Schatzkiste der Natur – Chemie in Alltag und Technik

Tabelle 12: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Schatzkiste der Natur – Chemie in Alltag und Technik“ der Jgst. 9/10.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation]; [vertonte Videos mit Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Säuren: Eigenschaften	Vergleich: Reine Säure vs. wässrige Lösung (am Beispiel der Essigsäure)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [607] V ◦ [807] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [607] Verhalten gegenüber Magnesium und Lackmuspulver ◦ [807] elektrische Leitfähigkeit, Färbung von trockenem pH-Papier, Verhalten gegenüber Magnesium (inkl. Knallgasprobe)
		Aggregatzustände von Säuren: Vergleich des Verhaltens von Zitronen- und Essigsäure beim Eindampfen	◦ [73] S. 73 (Versuch 6+7) oder [201] S. 15f. (Versuch 10+11)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert pH-Papier ◦ Stövchen oder Herdplatte statt Brenner mit Dreifuß zum Eindampfen verwenden
		„Erst das Wasser, dann die Säure, sonst geschieht das Ungeheure“ (am Beispiel der Schwefelsäure)		◦ [798] V	
	Säuren: Salzsäure und ihre Salze	Wirkung von Salzsäure auf Metalle		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [587] V ◦ [650] V ◦ [743] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin; unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Säure)“; nimmt Wortgleichungen vorweg ◦ [587] Magnesium, Aluminium, Zink, Eisen, Kupfer und Silber; inkl. Knallgasprobe bei Magnesium ◦ [650], [743] Zink; inkl. Knallgasprobe
			Untersuchung des Gasraums einer Salzsäureflasche (mit pH-Papier)		◦ [678] V

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Säuren: Salzsäure und ihre Salze	Entwicklung von Chlorwasserstoff (durch Reaktion von Schwefelsäure mit Natriumchlorid) und Einleiten in Wasser		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [649] V ◦ [673] V 	[673] Chlorwasserstoff-Springbrunnen
	Säuren: Kohlensäure und ihre Salze	Nachweis von Kohlensäure bzw. Kohlenstoffdioxid in Sprudelwasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [20] S. 97 (V3) ◦ [26] S. 62 (Versuch 36) ◦ [184] S. 17 (3.4.1) ◦ [353] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [20] eigene Versuchsplanung; denkbar sind das Löschen einer Kerze oder die Kalkwasserprobe ◦ [26], [184], [353] Nachweis durch Löschen einer Kerze; [26], [184] können ggf. durch Kalkwasserprobe ergänzt werden; [26] Knete und Strohhalme statt Stopfen mit Glasableitungsrohr
		Untersuchung des pH-Werts beim Einleiten von Kohlenstoffdioxid in Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 276 (Exp. 4) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [511] V ◦ [593] V ◦ [747] V ◦ [832] VE (Lab 10: Die sprudelnde Erfrischung) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] Strohhalme, Knete und Rotkohllindikator statt Glasrohr, Stopfen und Universalindikator ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Kohlensäurehaltige Getränke“ ◦ [511] mit Trockeneis und pH-Meter
		Natriumhydrogencarbonat: Experimente mit Backpulver	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [89] S. 65f. ◦ [168] S. 35-37 (Demo 3) ◦ [184] S. 13 (3.2.1) ◦ [381] ◦ [383] 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [832] VE (Lab 9: Backstube Chemielabor) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [89] Ersticken einer Flamme und Aufblasen eines Ballons ◦ [168] Backpulver-Rakete ◦ [184], [381] Ersticken einer Flamme ◦ [383] Handschuh aufblasen ◦ [832] Ersticken einer Flamme und Backtriebmittel
		Natriumhydrogencarbonat: Experimente mit Haus-Natron	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 78 ◦ [8] S. 112 (Exp. 2) ◦ [20] S. 106 (V2) ◦ [56] S. 6-8 (Versuch 1) ◦ [89] S. 60-64 + S. 139-141 ◦ [168] S. 30f. (Versuch 6a) + S. 33f. (Demo 2) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7], [8], [168] S. 33f. Schaumlöscher; Aufbau von [168] verwenden, erfordert Einwegspritze ◦ [20] Reaktion von Natron mit Essig: Ersticken einer Flamme und Kalkwasserprobe (Herstellung für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11); Versuchsaufbau aus [184] S. 16 (3.3.2) verwenden (erfordert Einwegspritze)

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Säuren: Kohlensäure und ihre Salze	Fortsetzung: Natriumhydrogencarbonat: Experimente mit Haus-Natron	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [184] S. 14 (3.2.3+3.2.4) + S. 16 (3.3.1+3.3.2) ◦ [201] S. 31f. (Versuch 29) ◦ [232], [234] Experiment 1A ◦ [378] S. 118-123 + S. 148-153 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [56], [201], [232], [234] Ersticken einer Flamme; [201] Knete und Strohalm statt Stopfen und Ableitungsrohr verwenden ◦ [89] Kaffee-Feuerlöscher; mit Natron statt Backpulver, damit Kaffee nicht überflüssig ist ◦ [168] S. 30f., [184] S. 16 (3.3.1) Natron in Wasser bzw. saurer Lösung ◦ [184] S. 14 Trockenlöscher; 3.2.3 mit Teelicht statt Kartuschenbrenner durchführen (Reicht die Hitze der Kerze?) ◦ [184] S. 16 (3.3.2) Nassfeuerlöscher (CO₂ als Treibgas); erfordert Einwegspritze ◦ [378] Herstellung von Badeperlen und Bau eines Natron-Vulkans
		Natriumhydrogencarbonat: Backpulver und Natron im Vergleich	◦ [106]		Backtriebmittel und Löschen einer Kerze
		Natriumhydrogencarbonat: Experimente mit Brausepulver	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 162-164 ◦ [13] S. 66 (Experimentelle Hausaufgabe) ◦ [74] S. 21f. (Versuch 9+10) oder [201] S. 30f. (Versuch 27+28) ◦ [87] ◦ [165] C – Gem 4 	◦ [696] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7], [74], [201] Untersuchung; erfordert Kalkwasser (Herstellung in [184] S. 9 oder [291] S. 11), Knete und Strohalm statt Stopfen und Glasrohr verwenden; [7] erfordert außerdem eine Lupe ◦ [13], [87] Herstellung ◦ [165] Herstellung und Untersuchung; erfordert Kalkwasser (Herstellung in [184] S. 9 oder [291] S. 11) und pH-Papier ◦ [696] Verhalten von Brausepulver, seinen Hauptbestandteilen und deren Mischungen in Wasser; auch als Heimexperiment möglich
		Natriumhydrogencarbonat: Experimente mit Brausetabletten	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [14] S. 139 ◦ [32] Versuch 1+2 ◦ [91] S. 12f. ◦ [168] S. 31-33 (Versuch 6b) ◦ [169] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [14] Schaumlöscher; Aufbau von [184] 3.1.4 übernehmen ◦ [32], [91], [318] Brausetabletten-Rakete; [32] erfordert Rollrandgläschen; [91], [318] erfordern Einwegspritze ◦ [168], [169] Ersticken einer Flamme

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Säuren: Kohlensäure und ihre Salze	Fortsetzung: Natriumhydrogencarbonat: Experimente mit Brausetabletten	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [184] S. 8-12 ◦ [276] ◦ [312] ◦ [318] S. 202 (Versuch 47) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [184] Erstickten einer Flamme, Kalkwasserprobe, Brausetabletten-Rakete, Aufblasen eines Handschuhs, Schaum-Vulkan ◦ [276] Choice²learn zum Thema „Warum blubbert’s in der Brause?“ ◦ [312] Wasserlöslichkeit von Kohlenstoffdioxid
		Natriumcarbonat: Experimente mit Soda	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 75f. ◦ [115] ◦ [292] S. 84 (Experiment 44) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] Reaktion von Soda mit Essig bzw. Zitronensäure und Wasser ◦ [115] Reaktion von Soda mit Zitronensäure und Wasser; erfordert Petrischale (kann z. B. durch Kunststoffdeckel von 500-mL-Joghurtbechern ersetzt werden) ◦ [292] Erstickten einer Flamme
		Calciumcarbonat: Experimente mit Kalk	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 125 ◦ [15] S. 173 ◦ [20] S. 175 (V3) ◦ [38] ◦ [148], [149] ◦ [150], [151] ◦ [162] ◦ [165] C – SL 1 ◦ [184] S. 19-21 ◦ [202] S. 33f. (Versuch 37) ◦ [243], [246] Aufgabe 5 ◦ [267] S. 14-16 (V2a+b) ◦ [291] S. 146 (Experiment 135) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [473] V ◦ [566] VE ◦ [603] V ◦ [604] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Achtung: Kreide besteht in Deutschland meist aus Gips (Calciumsulfat), nicht Calciumcarbonat! ◦ [7], [162], [243], [246] Eierschale; inkl. Osmose ◦ [15] Vergleich von Haushaltessig und Essigessenz; erfordert Calciumcarbonat/Kalkstein ◦ [20] Tafelkreide; eigene Versuchsplanung ◦ [38] Schneckenhaus, Muschel, Eierschale (und Kreide) ◦ [148], [149], [291] Eierschale; inkl. Sättigung mit Soda ◦ [150], [151] Entkalken mit Zitronensäure ◦ [165] Bodenproben, Schneckenhaus, Muschel (und Kreide) ◦ [184] Eierschale, Muschel (und Kreide); inkl. Untersuchung des entstehenden Gases und Kariesschutz; erfordert Kalkwasser (Herstellung in [184] S. 9 oder [291] S. 11)

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Säuren: Kohlensäure und ihre Salze	Fortsetzung: Calciumcarbonat: Experimente mit Kalk			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [202] Entkalken mit Essig-Essenz ◦ [267] Heißentkalken; erfordert Calciumcarbonat ◦ [473] Calciumcarbonat; inkl. Kalkwasserprobe ◦ [566], [604] Marmor; [566] interaktives Videoexperiment; [604] inkl. Kalkwasserprobe ◦ [603] Muschel 	
		Der Zerfall von Hirschhornsalz	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [291] S. 46 (Experiment 34) ◦ [292] S. 166f. (Experiment 124) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [291] inkl. Untersuchung des pH-Werts ◦ [292] Erhitzen auf einem Stövchen oder der Herdplatte 	
		Neutralisationen aus dem Alltag: Sodbrennen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [232], [234] Experiment 1B ◦ [291] S. 215f. (Experiment 208) oder [292] S. 79 (Experiment 41) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [232], [234] Experiment 1B: Natron ◦ [291], [292] Bullrich Salz 	
		Säuren: Schwefelsäure und Schweflige Säure und ihre Salze	Verbrennen von Schwefel und Reaktion von Schwefeldi- und -trioxid mit Wasser		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [697] V 	[479] unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Saurer Regen“
			Bleichende Wirkung von Schwefeldioxid		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [465] V 	
			Nachweis von Schwefeldioxid in Trockenfrüchten oder Wein	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [294] S. 72f. (SCH 1) ◦ [331] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Stövchen (und Untertasse oder Knete) statt Brenner mit Dreifuß (und Stopfen) ◦ Alternative zu Iod-Kaliumiodid-Lösung: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) oder Betaisodona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29) ◦ [331] Herstellung von Iod-Stärke-Papier wie in [294]
			Sulfite und Dithionite in Tintenkillern	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [245], [248] Aufgabe 1 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ ggf. Versuche mit Knödelhilfe (Natriumsulfit) wiederholen; siehe [194] Versuch 4 ◦ ggf. Essig oder Zitronensäure-Lösung statt Zitronensaft einsetzen

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Säuren: Schwefelsäure und Schweflige Säure und ihre Salze	Sulfite und Dithionite in Tintenkillern und Zaubermalern	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [41] S. 1-3, S. 5 + S. 7f. ◦ [194] ◦ [255] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [41] S. 2 erfordert pH-Papier ◦ [41] S. 3 erfordert Iod-Kaliumiodid-Lösung (erbsengroßes Stück Povidon-Iod-Salbe in 1 TL Wasser lösen (vgl. [194] Versuch 1)); Stärke auf Herdplatte oder Stövchen lösen ◦ [41] S. 5 Essig oder Zitronensäure statt Salzsäure verwenden ◦ [41] S. 7f. erfordert Natriumsulfit (z. B. Knödelhilfe) ◦ [255] als saure Testlösung besser Zitronensäure-Lösung verwenden 	
		Dithionite in Entfärber	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [142], [143] ◦ [291] S. 153 (Experiment 143) + S. 175 (Experiment 164) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [142], [143], [291] S. 153: Wirkung auf Indigotin in Ostereier- und Lebensmittelfarbe; zusätzlich wird auch die Wirkung von Percarbonaten sowie Säuren und Basen untersucht ◦ [291] S. 175 Wirkung auf natürliche Farbstoffe (Frucht-/Gemüsesaft); zusätzlich wird auch die Wirkung von Percarbonaten untersucht 	
		Kontaktverfahren: Oxidation von Schwefeldioxid zu Schwefeltrioxid			◦ [464] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Platinkatalysator ◦ inkl. Sulfat-Nachweis als Bariumsulfat
		Hygroskopie von Schwefelsäure			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [431] V ◦ [541] V ◦ [722] V ◦ [798] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [431], [541], [722], Verkohlen von Zucker; Arbeitsmaterial zu [541] unter [558], allerdings wird das Experiment mit Saccharose durchgeführt, während im AB mit Glucose gearbeitet wird ◦ [798] exotherme Vorgang bei Zugabe von Wasser zu konzentrierter Schwefelsäure
		Reaktion von Schwefelsäure mit Natriumchlorid und Einleiten des entstehenden Gases in Wasser			◦ [649] V	Stichwort: „Die stärkere Säure verdrängt die schwächere aus ihrem Salz“
		Sulfat-Nachweis mit Bariumchlorid und verdünnter Salzsäure			◦ [479] VE	◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Bestimmen von Substanzen“ → „Sulfat-Ion-Test“

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Säuren: Schwefelsäure und Schweflige Säure und ihre Salze	Fortsetzung: Sulfat-Nachweis mit Bariumchlorid und verdünnter Salzsäure			<ul style="list-style-type: none"> ◦ Vergleich mit Nitraten, Carbonaten und Halogeniden ◦ zeigt, dass Silber-Ionen stören (Fällung von Silberchlorid)
		Anwendung von Gips: Erstellen von Gipsabdrücken	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [44] Versuch 2 ◦ [75] S. 7f. (Spur 1) ◦ [99] Experiment B 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [44] Fuß-, Hand- oder Reifenabdruck ◦ [75], [99] Schuhabdrücke
	Säuren: Salpetersäure und ihre Salze	Wirkung von Salpetersäure auf Metalle		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [753] V ◦ [754] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [753] 2-Cent-Münze ◦ [754] Kupferspirale
		Ringprobe: Nachweis von Nitrat		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [476] V ◦ [486] V 	
	Säuren: Phosphorsäure und ihre Salze	Verbrennen von rotem Phosphor in reinem Sauerstoff und Reaktion von Phosphorpentoxid mit Wasser		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [746] V 	
		Wirkung von Säuren auf Knochen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [73] S. 73 (Versuch 5) oder [201] S. 14 (Versuch 8) 		Marmeladenglas o. ä. statt Reagenzglas
	Metalle	Sinnliche Wahrnehmung: Farbe, Transparenz, Glanz, Oberflächenbeschaffenheit, Verformbarkeit und Klang ausgewählter Metallproben	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [26] S. 72f. (Versuch 47) 		erfordert Proben von Aluminium, Kupfer, Eisen, Zink und Lötzinn
		Härtebestimmung ausgewählter Metalle durch Ritzversuche	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [26] S. 73f. (Versuch 48) 		erfordert Proben von Aluminium, Kupfer, Eisen, Zink und Lötzinn
		Magnetismus	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 22 (Exp. 2) ◦ [26] S. 76 (Versuch 51) ◦ [200] Aufgabe 1 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Magneten ◦ [26] erfordert Proben von Aluminium, Kupfer, Eisen, Zink und Zinn, Drahtkleiderbügel und Getränkedose
		Elektrische Leitfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [223] ◦ [360] 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [435] V ◦ [572] V ◦ [655] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Heimexperimente haben hohen Materialaufwand: Flachbatterie (4,5 V), Kabel mit Krokodilklemmen und Glühlämpchen ◦ [223], [360], [572] Elektrische Leitfähigkeit verschiedener Alltagsgegenstände ◦ [435] Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von Metallen ◦ [655] Elektrische Leitfähigkeit von Lithium und Natrium

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Metalle	Wärmeleitfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [14] S. 34 ◦ [26] S. 80f. (Versuch 55) ◦ [51], [52] 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [436] V ◦ [573] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [14] Wärmeleitfähigkeit von Stahl, Kunststoff, Holz, Styropor, Messing und Glas; untersuchte Materialien an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [26] Vergleich der Wärmeleitfähigkeit von Kupfer und Eisen ◦ [51], [52] Vergleich der Wärmeleitfähigkeit von Kupfer/Nickel und Holz (Münze gegen Streichholz) ◦ [436] Vergleich der Wärmeleitfähigkeit von Wärmeleitfähigkeit von Kupfer und Glas ◦ [573] Wärmeleitfähigkeit von Kupfer, Kunststoff, Holz, Eisen und Glas
		Verbrennung von Metallen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [84] 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [394] V ◦ [395] V ◦ [398] V ◦ [399] V ◦ [479] VE ◦ [482] V ◦ [493] V ◦ [794] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [84] Eisen; erfordert Eisenwolle und Blockbatterie (9 V) ◦ [394], [398] Kupfer ◦ [395], [794] Magnesium; Zeitlupe zu [395] in [396] ◦ [399] Kupfer, Eisen, Magnesium ◦ [479] Erhitzen von Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin an der Luft; unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Luft)“; nimmt Wortgleichungen vorweg ◦ [482] Verbrennung von Aluminium-, Zink-, Magnesium-, Eisen- und Kupferpulver in der rauschenden Brennerflamme ◦ [493] Lithium
		Affinitäts-/Oxidationsreihe der Metalle		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [482] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] Erhitzen von Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin an der Luft;

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Metalle	Fortsetzung: Affinitäts-/Oxidationsreihe der Metalle			<p>unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Luft)“; nimmt Wortgleichungen vorweg</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ [482] Verbrennung von Aluminium-, Zink-, Magnesium-, Eisen- und Kupferpulver in der rauschenden Brennerflamme
		Wirkung von Wasser auf Metalle		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [584] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Wasser)“: Untersuchung von Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin; nimmt Wortgleichungen vorweg ◦ [584] Reaktion von erhitztem Magnesium mit Wasserdampf inkl. Knallgasprobe
		Wirkung von Salzsäure auf Metalle: Unedle und edle Metalle		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [587] V ◦ [650] V ◦ [743] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin; unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Säure)“; nimmt Wortgleichungen vorweg ◦ [587] Magnesium, Aluminium, Zink, Eisen, Kupfer und Silber; inkl. Knallgasprobe bei Magnesium ◦ [650], [743] Zink; inkl. Knallgasprobe
		Wirkung von Salpetersäure auf Metalle		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [753] V ◦ [754] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [753] 2-Cent-Münze ◦ [754] Kupferspirale
		Wirkung von Salzsäure und Natronlauge auf Aluminium		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [437] V 	
		Reaktion von Kupfer, Eisen, Zink und Silber mit Wasser, Salpetersäure und Luftsauerstoff		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Das Periodensystem“ → „Übergangselemente“ ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Metalle	Kupferdarstellung durch Reaktion von Kupfer(II)-oxid mit Wasserstoff		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [583] V ◦ [805] V 	inkl. Wassernachweis
		Kupferdarstellung durch Reaktion von Kupfer(II)-oxid mit Kohlenstoff		◦ [580] V	inkl. Kalkwasserprobe
		Metallgewinnung aus Erzen: Reduktion von Metalloxiden durch Kohlenstoff oder Thermolyse		◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Metallgewinnung aus Erzen“ ◦ Reduktion von Eisen(III)-oxid, Silberoxid und Zinkoxid (aber nicht Aluminiumoxid) mit Kohlenstoff; Reduktion von Silberoxid (aber nicht Eisen(III)-oxid, Zinkoxid und Aluminiumoxid) durch Erhitzen ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
		Eisen: Oxidation von Eisen durch Sauerstoff und Reduktion von Eisen(III)-oxid durch Aluminium oder Kohlenstoff		◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Eisen“ ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
		Hochofenprozess: Reduktion von Eisen(III)-oxid durch Kohlenstoffmonoxid		◦ [470] V	Modellversuch im Labormaßstab
		Thermit-Verfahren (Aluminothermie): Reduktion von Eisen(III)-oxid durch Aluminium		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [428] V ◦ [594] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [428] keine Untersuchung mit einem Magneten ◦ [594] inkl. Untersuchung mit Magneten, aber auch inkl. Reaktionsgleichung und Erläuterung
		Reaktion von Aluminium mit Brom		◦ [411] V	
		Reaktion von Kupfer mit Iod		◦ [393] V	
		Korrosion von Eisen: Rosten als Reaktion von Eisen mit Luft(-sauerstoff)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [56] S. 20-23 (Versuch 4) ◦ [89] S. 48-59 + S. 135-138 		erfordert Eisenwolle
		Korrosion von Eisen (und anderen Metallen): Bedingungen der Rostbildung – Wie rostet Eisen am schnellsten?	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 238 (Exp. 13+14) ◦ [12] S. 58 ◦ [17] Aufgabe 1 ◦ [18] S. 254 (V1) ◦ [20] S. 104 (V1) ◦ [165] C – Red I 	◦ [693] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] Exp. 13: trocken, Wasser, Salzlösung und Säure; erfordert Eisenwolle; Essig oder Zitronensäure-Lösung statt verdünnte Salzsäure verwenden ◦ [8] Exp. 14: Leitungswasser, abgekochtes Leitungswasser und Regenwasser

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Metalle	Fortsetzung: Korrosion von Eisen (und anderen Metallen): Bedingungen der Rostbildung – Wie rostet Eisen am schnellsten?	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [295] S. 35-37 ◦ [310] Experimente A+C 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [12], [295] Planung eigener Experimente; [12] erfordert Eisenwolle ◦ [17] trocken, Mineralwasser, destilliertes Wasser, Essig, Seifenwasser und Salzwasser ◦ [18] trocken, Wasser und Salzlösung; zum Anfärben des Wassers Tinte statt Kaliumpermanganat verwenden; erfordert Eisenwolle ◦ [20] trocken und Wasser; erfordert Eisenwolle ◦ [165] trocken, Wasser, Salzwasser oder Schmier-/Speiseöl; erfordert Eisenwolle ◦ [295] Einfluss von Streusalz-Lösung bzw. destilliertem Wasser und Luft auf unterschiedliche Metalle (Eisen, verzinktes Eisen, Aluminium und Kupfer); erfordert entsprechende Metallbleche ◦ [310] Leitungswasser, Cola, Zitronensaft und Salzwasser; Vergleich von Eisen, Aluminium, Kupfer, Zink, Zinn und Silber ◦ [693] trocken oder getränkt mit Öl, destilliertem Wasser oder Salzwasser; inkl. Verbrauch von Luft (bzw. Sauerstoff)
		Korrosion von Silber: Anlaufen von Silber	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [49] Versuch 1A oder [272] Versuch 1 oder [280] Experiment 1 ◦ [107] Experimente A1-A3 		
		Korrosion von Eisen, Aluminium, Kupfer, Zinn und Silber unter verschiedenen Bedingungen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [17] Aufgabe 1+3+5 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Bedingungen: trocken, Mineralwasser, destilliertes Wasser, Essig, Seifenwasser und Salzwasser ◦ bei Aluminium zusätzlich Sauerkraut
		Korrosion von Eisen, Aluminium, Kupfer, Zink und Zinn unter verschiedenen Bedingungen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [310] Experimente A+C 		Bedingungen: Leitungswasser, Cola, Zitronensaft, Salzwasser

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Metalle	Korrosion von Eisen, Messing und Kupfer in Salzlösung	◦ [8] S. 238 (Exp. 15)		
		Kupfer unter Umwelteinflüssen	◦ [13] S. 144 (V2) ◦ [173]		◦ [13] Einfluss von Säuren, Laugen, Feuchtigkeit und Salz; erfordert Eisenwolle und mehrere Kupferblechstreifen ◦ [173] Einfluss von Säuren; erfordert Kupferblech
	Metalle: Alkalimetalle	Eigenschaften von Natrium		◦ [598] V	metallischer Glanz, elektrische Leitfähigkeit, Reaktion mit Wasser und anschließendes Eindampfen
		Eigenschaften von Lithium		◦ [597] V	metallischer Glanz, elektrische Leitfähigkeit, Reaktion mit Wasser
		Schmelzpunkte von Lithium, Natrium und Kalium		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie → „Das Periodensystem“ → „Alkalimetalle (Schmelzpunkte)“
		Autoxidation von Lithium, Natrium und Kalium (Oxidation an Schnittkanten durch Luftsauerstoff)		◦ [514] V	Arbeitsmaterial unter [523] A01
		Verbrennung der Alkalimetalle		◦ [493] V ◦ [516] V	◦ [493] Lithium ◦ [516] Lithium, Natrium und Kalium; inkl. Reaktion des Verbrennungsproduktes mit Wasser, Arbeitsmaterial unter [523] A05
		Reaktion der Alkalimetalle mit Wasser		◦ [479] VE ◦ [514] V ◦ [515] V ◦ [667] V ◦ [751] V ◦ [752] V	◦ [479] Lithium, Natrium und Kalium; ohne Indikator und Knallgasprobe; unter „Anorganische Chemie → „Das Periodensystem“ → „Alkalimetalle (Reaktivität)“ ◦ [514] Lithium, Natrium und Kalium; Arbeitsmaterial unter [523] A03; ohne Indikator und Knallgasprobe ◦ [515] Natrium; inkl. Untersuchung der Reaktionsprodukte; Arbeitsmaterial unter [523] A04 ◦ [667] Lithium, Natrium und Kalium, inkl. Thymolphthalein als Indikator

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Metalle: Alkalimetalle	Fortsetzung: Reaktion der Alkalimetalle mit Wasser			◦ [751] Kalium; hochauflösende Makroaufnahme in Zeitlupe ◦ [752] Natrium; hochauflösende Makroaufnahme in Zeitlupe
		Reaktion von Natrium mit Chlor		◦ [570] V	
		Schmelzflusselektrolyse von Natriumhydroxid		◦ [517] V	Arbeitsmaterial unter [523] A08
	Metalle: Erdalkalimetalle	Vergleich von Calcium und Magnesium		◦ [600] V	Reaktion mit Wasser, Verbrennung
		Verbrennung von Magnesium		◦ [395] V ◦ [794] V	Zeitlupe zu [395] in [396]
		Reaktion von Magnesium mit Iod in einer ethanolischen Lösung		◦ [669] V	inkl. Leitfähigkeitsmessung und Silbernitrat-Probe
	Nichtmetalle: Halogene (Salzbildner)	Abgestufte Reaktivität der Halogene: Reaktion von Chlor, Brom und Iod mit Natrium		◦ [790] V	
		Abgestufte Reaktivität der Halogene: Reaktion von Chlor und Iod mit Kalium, Natrium, Lithium und Magnesium		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Das Periodensystem“ → „Halogene“
		Abgestufte Reaktivität der Halogene: Reaktion von Halogenid-Lösungen mit Halogenen		◦ [522] V ◦ [629] V	Arbeitsmaterial zu [522] unter [524] H12
		Herstellung von Chlor		◦ [518] V ◦ [637] V	◦ [518] Reaktion von konzentrierter Salzsäure mit Braunstein; Arbeitsmaterial unter [524] H01 ◦ [637] Reaktion von konzentrierter Salzsäure mit Calciumhypochlorit
		Herstellung von Brom		◦ [520] V	Reaktion von Kaliumbromid mit Wasserstoffperoxid und Schwefelsäure; Schwefelsäure als Katalysator; Arbeitsmaterial unter [524] H05
		Synthese und Analyse von Zinkbromid		◦ [684] V	inkl. Bromid-Nachweis und Elektrolyse
		Bleichende Wirkung von Chlor		◦ [519] V	Arbeitsmaterial unter [524] H02; Achtung: Reaktionsgleichung für Reaktion von Chlor mit Wasser stimmt nicht!
		Reaktion von Natrium mit Chlor		◦ [570] V	
		Reaktion von Zink bzw. Magnesium mit Brom		◦ [668] V	inkl. Leitfähigkeitsmessung und Silbernitrat-Probe

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Nichtmetalle: Halogene (Salzbildner)	Reaktion von Aluminium mit Brom		◦ [411] V	
		Reaktion von Kupfer mit Iod		◦ [393] V	
		Reaktion von Magnesium mit Iod in einer ethanolischen Lösung		◦ [669] V	inkl. Leitfähigkeitsmessung und Silbernitrat-Probe
		Nachweis von Halogenid-Ionen mit Silbernitrat	◦ [292] S. 221f. (Experiment 175)	◦ [479] VE ◦ [567] VE ◦ [601] V	◦ [292] nur Chlorid; Herstellung einer Silbernitrat-Lösung siehe [292] S. 222 oben ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Bestimmen von Substanzen“ → „Halogenid-Test“; Chlorid, Bromid und Iodid ◦ [567] nur Chlorid; virtuelles Videoexperiment inkl. Auflösen des Niederschlags mit konz. Ammoniak-Lösung ◦ [601] Chlorid, Bromid und Iodid
Nichtmetalle: Chalkogene (Erzbildner)	Verbrennen von Schwefel und Reaktion von Schwefeldioxid mit Wasser		◦ [479] VE ◦ [697] V	[479] unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Saurer Regen“	
	Verbrennung von Metallen	◦ [84]	◦ [394] V ◦ [395] V ◦ [398] V ◦ [399] V ◦ [479] VE ◦ [482] V ◦ [493] V ◦ [794] V	◦ [84] Eisen; erfordert Eisenwolle und Blockbatterie (9 V) ◦ [394], [398] Kupfer ◦ [395], [794] Magnesium; Zeitlupe zu [395] in [396] ◦ [399] Kupfer, Eisen, Magnesium ◦ [479] Erhitzen von Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin an der Luft; unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Luft)“; nimmt Wortgleichungen vorweg ◦ [482] Verbrennung von Aluminium-, Zink-, Magnesium-, Eisen- und Kupferpulver in der rauschenden Brennerflamme ◦ [493] Lithium	
	Verbrennung von Nichtmetallen		◦ [401] V ◦ [402] V ◦ [479] VE	◦ [401] Verbrennung von Holzkohle an der Luft und in reinem Sauerstoff	

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Nichtmetalle: Chalkogene (Erzbildner)	Fortsetzung: Verbrennung von Nichtmetallen		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [697] V ◦ [746] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [402] Verbrennung von Schwefel an der Luft und in reinem Sauerstoff ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Saurer Regen“; Verbrennung von Schwefel, Reaktion von Schwefeldi-/trioxid mit Wasser ◦ [697] Verbrennung von Schwefel und Reaktion von Schwefeldi-/trioxid mit Wasser ◦ [746] Verbrennung von rotem Phosphor in reinem Sauerstoff und Reaktion von Phosphorpentoxid mit Wasser
		Verbrennung von Kerze, Holz und Eisenwolle an der Luft und in reinem Sauerstoff		◦ [810] V	
	Salzbildungsreaktionen: Metall und Nichtmetall	Reaktion von Natrium mit Chlor		◦ [570] V	
		Reaktion von Metallen mit Brom		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [411] V ◦ [668] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [411] Aluminium ◦ [668] Zink und Magnesium; inkl. Leitfähigkeitsmessung und Silbernitrat-Probe, ohne Eindampfen
		Reaktion von Kupfer mit Iod		◦ [393] V	
		Reaktion von Magnesium mit Iod		◦ [669] V	in ethanolischer Lösung; inkl. Leitfähigkeitsmessung und Silbernitrat-Probe
		Reaktion von Metallen mit Schwefel		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [458] V ◦ [474] V ◦ [585] V ◦ [812] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [458] Zink ◦ [474], [812] Kupfer ◦ [585] Eisen; leider ohne Untersuchung des Magnetismus
		Reaktion von Metallen mit Sauerstoff (Verbrennung)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [395] V ◦ [493] V ◦ [794] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [395], [794] Magnesium; Zeitlupe zu [395] in [396] ◦ [493] Lithium
	Salzbildungsreaktionen: (unedles) Metall und saure Lösung	Reaktion von Metallen mit Salzsäure		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [587] V ◦ [650] V ◦ [743] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin;

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Salzbildungsreaktionen: (unedles) Metall und saure Lösung	Fortsetzung: Reaktion von Metallen mit Salzsäure			<p>unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen Säure“; nimmt Wortgleichungen vorweg</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ [587] Magnesium, Aluminium, Zink, Eisen, Kupfer und Silber; inkl. Knallgasprobe bei Magnesium ◦ [650], [743] Zink; inkl. Knallgasprobe
		Reaktion von Metallen mit Salpetersäure		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [753] V ◦ [754] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [753] 2-Cent-Münze ◦ [754] Kupferspirale
			Reaktion von Eisen mit Essigsäure	◦ [291] S. 9 (Reagenzlösung C)	
	Salzbildungsreaktionen: Metalloxid und saure Lösung	Reaktion von Kupferoxid mit Säure	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 380 (Exp. 20) ◦ [89] S. 88-91 + S. 159f. ◦ [270] Versuch 1 	◦ [485] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8], [270] Essigsäure; anschließend ggf. eindampfen ◦ [89] Zitronensäure; anschließend ggf. eindampfen ◦ [485] Salzsäure
		Reaktion von Calcium- bzw. Magnesiumoxid mit Schwefel- bzw. Salzsäure		◦ [748] V	Problem: keine deutlichen Effekte
	Salzbildungsreaktionen: Metallhydroxid und saure Lösung	Reaktion von Aluminium- und Magnesiumhydroxid mit Essigsäure	◦ [367]		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Teilversuch mit Maaloxan (Aluminium- und Magnesiumhydroxid) ◦ statt Salzsäure und Universalindikator können Essig und Rotkohllindikator verwendet werden ◦ Stichwort: Sodbrennen
	Reaktion von Calciumhydroxid mit Kohlensäure (bzw. Kohlenstoffdioxid)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 162-164 ◦ [15] S. 10 (Versuch 1) ◦ [26] S. 64 (Versuch 39) ◦ [184] S. 9 (3.1.5) + S. 18 (3.5.2) 	◦ [654] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11 ◦ [7], [184] 3.1.5 Untersuchung von Brausetablettengas ◦ [15], [184] 3.5.2 Untersuchung von Ausatemluft ◦ [26] Untersuchung von Luft; erfordert Petrischale (ggf. durch Glasschälchen o. ä. ersetzen) ◦ [654] Kohlenstoffdioxid aus Gasflasche und Untersuchung von Ausatemluft 	

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Salzbildungsreaktionen: Salzlösung mit Salzlösung	Fällung von Silberhalogeniden	◦ [292] S. 221f. (Experiment 175)	◦ [479] VE ◦ [567] VE ◦ [601] V	◦ [292] nur Chlorid; Herstellung einer Silbernitrat-Lösung siehe [292] S. 222 oben ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Bestimmen von Substanzen“ → „Halogenid-Test“; Chlorid, Bromid und Iodid ◦ [567] nur Chlorid; virtuelles Videoexperiment inkl. Auflösen des Niederschlags mit konz. Ammoniak-Lösung ◦ [601] Chlorid, Bromid und Iodid	
	Salzbildungsreaktionen: Neutralisation	Reaktion von Natronlauge mit Salzsäure			◦ [427] V	Vereinigung äquimolarer Mengen von Salzsäure und Natriumhydroxid-Lösung (pH-Papier) und anschließendes Eindampfen
		Reaktion von Aluminium- und Magnesiumhydroxid mit Essigsäure	◦ [367]			◦ Teilversuch mit Maaloxan (Aluminium- und Magnesiumhydroxid) ◦ statt Salzsäure und Universalindikator können Essig und Rotkohllindikator verwendet werden ◦ Stichwort: Sodbrennen
		Reaktion von Salz-, Salpeter- bzw. Schwefelsäure mit Kalium- bzw. Natriumhydroxid-Lösung			◦ [479] VE	◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Neutralisation“ ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg ◦ Achtung: Wasser im Atombetrachter wird nicht als Teilchen, sondern als blassblauer Hintergrund dargestellt
	Salzbildungsreaktionen: Salz und saure Lösung („Die stärkere Säure verdrängt die schwächere aus ihrem Salz“)	Reaktion von Schwefelsäure mit Natriumchlorid			◦ [649] V	
		Reaktion von Essig- bzw. Zitronensäure mit Natriumhydrogencarbonat (Natron)	◦ [8] S. 380 (Exp. 22) ◦ [92] ◦ [168] S. 30f. (Versuch 6a) ◦ [184] S. 16 (3.3.1) ◦ [291] S. 215f. (Experiment 208) oder [292] S. 79 (Experiment 41)			◦ [8], [92] Kristallisation von Natriumacetat-Trihydrat; Stichwort: Wärmekissen; erfordert Thermometer ◦ [168] S. 30f., [184] S. 16 (3.3.1) Natron in Wasser bzw. saurer Lösung ◦ [291], [292] Untersuchung von Bullrich Salz; Stichwort: Sodbrennen
		Reaktion von Essig- bzw. Zitronensäure mit Natriumcarbonat (Soda)	◦ [7] S. 75f. ◦ [115]			◦ [7] Reaktion von Soda mit Essig bzw. Zitronensäure und Wasser

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Salzbildungsreaktionen: Salz und saure Lösung („Die stärkere Säure verdrängt die schwächere aus ihrem Salz“)	Fortsetzung: Reaktion von Essig- bzw. Zitronensäure mit Natriumcarbonat (Soda)			◦ [115] Reaktion von Soda mit Zitronensäure und Wasser; erfordert Petrischale (kann z. B. durch Kunststoffdeckel von 500-mL-Joghurtbechern ersetzt werden)
		Reaktion von Essig- bzw. Zitronensäure mit Calciumcarbonat (Kalk)	◦ [150], [151] ◦ [202] S. 33f. (Versuch 37) ◦ [267] S. 14f. (V2a)	◦ [473] V ◦ [604] V	◦ [150], [151] Entkalken mit Zitronensäure ◦ [202] Entkalken mit Essig-Essenz ◦ [267] erfordert Calciumcarbonat ◦ [473] Calciumcarbonat; inkl. Kalkwasserprobe ◦ [604] Marmor; inkl. Kalkwasserprobe
		Reaktion von Salzsäure mit Calciumcarbonat (Marmor)		◦ [566] VE	◦ interaktives Videoexperiment ◦ ohne Kalkwasserprobe
	Salzbildungsreaktionen: Verschiedene Möglichkeiten	Reaktion von Metall mit Säure (Magnesium mit Essigsäure), Neutralisation (Salzsäure mit Natriumhydroxid-Lösung) und Reaktion von zwei Salzlösungen (Bleinitrat- mit Natriumchlorid- und Silbernitrat- mit Natriumchlorid-Lösung)		◦ [479] VE	◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Löslichkeit von Salzen“ ◦ Achtung: Wasser im Atombetrachter nicht als Teilchen, sondern als blassblauer Hintergrund dargestellt
	Salze und Salzlösungen	Salzgewinnung durch Eindampfen	◦ [8] S. 229 (Exp. 5) ◦ [33] S. 187-199 (Teilversuch 2) ◦ [319] (+ [322])		◦ [8], [33] erfordern Lupe ◦ Versuchsaufbau: Teelichtbecher auf Stövchen
		Sprödigkeit von Salzkristallen	◦ [8] S. 229 (Exp. 7)		erfordert Natriumchloridkristall
		Elektrische Leitfähigkeit: Lösung		◦ [479] VE	◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Ionen in Lösung“ ◦ erlaubt zusätzlich die Untersuchung der Leitfähigkeit der Feststoffe (dazu ggf. Elektrodenabstand verringern) und das Verhalten der Lösungen bei Veränderung der Spannung

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Salze und Salzlösungen	Elektrische Leitfähigkeit: Feststoff vs. Lösung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 228 (Exp. 1) ◦ [361] 	◦ [785] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Heimexperimente haben hohen Materialaufwand: Blockbatterie (9 V), Kabel mit Krokodilklemmen und Glühlämpchen ◦ [8] Aufbau von [361]
		Elektrische Leitfähigkeit: Feststoff vs. Lösung vs. Schmelze		◦ [432] V	
		Wasserlöslichkeit von Salzen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 158 (Exp. 14) ◦ [13] S. 129 (V1) ◦ [263] Versuch 1 	◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8], [263] Kochsalz; [263] exakter, allerdings muss Vollpipette ersetzt werden (Spritze, Schnapsglas, o. ä.) ◦ [13] Kochsalz, Kupfersulfat, Natriumcarbonat (Soda) ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Löslichkeit – Definition“
		Wasserlöslichkeit von Salzen: Einfluss der Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 42-44 ◦ [8] S. 158 (Exp. 15) ◦ [13] S. 129 (V3) 	◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] quantitativ ◦ [8], [13] qualitativ ◦ [7] Natriumchlorid, Alaun (Kaliumaluminiumsulfat) und Kaliumnitrat ◦ [8] Natriumchlorid und Kaliumnitrat ◦ [13] Kaliumnitrat ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Löslichkeit und Temperatur“
		Züchtung von Salzkristallen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 45-50 ◦ [8] S. 37 (Exp. 1) ◦ [10] S. 154 ◦ [13] S. 230 (V1+V2) ◦ [48] Versuch 3 ◦ [283] S. 21 ◦ [296] S. 10-12 (Versuch 3) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7], [10], [13], [283] Alaun (Kaliumaluminiumsulfat) ◦ [8], [48] Kupfersulfat ◦ [296] Kaliumnitrat (aus Flüssigdünger) ◦ [7], [8], [10] erfordern Thermometer
		Elektrolyse einer Zinkbromid-Lösung		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [419] V ◦ [711] V 	[711] inkl. Untersuchung des entstehenden Zinks mit Salzsäure
		Elektrolyse einer Zinkiodid-Lösung		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [446] V ◦ [507] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [446] inkl. Untersuchung des entstehenden Zinks mit Salzsäure ◦ [507] inkl. Untersuchung des entstehenden Iods durch Extraktion mit <i>n</i>-Hexan

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Salze und Salzlösungen	Schmelzflusselektrolyse von Zinkbromid		◦ [508] V	
	Luft	Luft hat Volumen	◦ [13] S. 107 ◦ [170] ◦ [218] ◦ [225]		[13] Stopfen, Erlenmeyerkolben und Glaswinkelrohr durch Knete, Glasflasche und Strohhalm ersetzen
		Luftvolumen ist temperaturabhängig: Versuche zum Luftdruck	◦ [14] S. 122 (Versuch 2) ◦ [217]		[14] Milchflasche o. ä. statt Erlenmeyerkolben
		Einfluss des Luftdrucks auf einen Schaumkuss	◦ [109]	◦ [575] V	[109] zusätzlich kann untersucht werden, was passiert, wenn man in den Strohhalm pustet statt daran zu saugen
		Luft hat Masse: Luftwaage	◦ [13] S. 107 ◦ [180] ◦ [283] S. 34f.		
		Temperaturabhängigkeit der Dichte von Luft	◦ [182] S. 23 (Versuch 27+28)		
		Sauerstoffgehalt der Luft	◦ [8] S. 97 (Exp. 6) ◦ [89] S. 48-59 + S. 135-138	◦ [820] V ◦ [830], [831] V	◦ [8] erfordert Spritze und Eisenwolle; Reagenzglas ggf. durch zylinderförmige Vase, Einwegspritze ohne Stempel o. ä. ersetzen ◦ [89] erfordert Eisenwolle ◦ [830], [831] mit Luft auch als Heimexperiment möglich
		Verbrennung von Metallen	◦ [84]	◦ [394] V ◦ [395] V ◦ [398] V ◦ [399] V ◦ [479] VE ◦ [482] V ◦ [493] V ◦ [794] V	◦ [84] Eisen; erfordert Eisenwolle und Blockbatterie (9 V) ◦ [394], [398] Kupfer ◦ [395], [794] Magnesium; Zeitlupe zu [395] in [396] ◦ [399] Kupfer, Eisen, Magnesium ◦ [479] Erhitzen von Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin an der Luft; unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Luft)“; nimmt Wortgleichungen vorweg

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Luft	Fortsetzung: Verbrennung von Metallen			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [482] Verbrennung von Aluminium-, Zink-, Magnesium-, Eisen- und Kupferpulver in der rauschenden Brennerflamme ◦ [493] Lithium 	
		Verbrennung von Nichtmetallen		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [401] V ◦ [402] V ◦ [479] VE ◦ [697] V ◦ [746] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [401] Verbrennung von Holzkohle an der Luft und in reinem Sauerstoff ◦ [402] Verbrennung von Schwefel an der Luft und in reinem Sauerstoff ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Saurer Regen“; Verbrennung von Schwefel und Reaktion von Schwefeldi-/trioxid mit Wasser ◦ [697] Verbrennung von Schwefel und Reaktion von Schwefeldi-/trioxid mit Wasser ◦ [746] Verbrennung von rotem Phosphor in reinem Sauerstoff und Reaktion von Phosphorpentoxid mit Wasser 	
		Verbrennung von Kerze, Holz und Eisenwolle an der Luft und in reinem Sauerstoff			◦ [810] V	
		Warum kann der Sauerstoffgehalt nicht durch Verbrennung einer schwimmenden Kerze unter einer Glasglocke bestimmt werden?	◦ [165] C – Div 3			thematisiert u. a. Wasserlöslichkeit von Kohlenstoffdioxid
		Gasentwicklung bei der Photosynthese	◦ [13] S. 111 (V1)	◦ [832] VE (Lab 5: Das grüne Wunder)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] erfordert Kaliumhydrogencarbonat und Wasserpest; entweder Reagenzglas mitgeben oder durch Röhren von Vanilleschoten o. ä. ersetzen ◦ [832] zusätzlich Stärkenachweis
		Kohlenstoffdioxid in der Luft	◦ [26] S. 64 (Versuch 39)			◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Luft	Fortsetzung: Kohlenstoffdioxid in der Luft			◦ erfordert Petrischale (ggf. durch Glaschälchen o. ä. ersetzen)
		Kohlenstoffdioxid in der Ausatemluft	◦ [13] S. 111 (V2) ◦ [15] S. 10 (Versuch 1) ◦ [184] S. 18 (3.5.2)		◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11 ◦ [13] außerdem Nachweis von Wasser in der Ausatemluft; erfordert weißes Kupfersulfat
		Kohlenstoffdioxid als Verbrennungsprodukt organischer Stoffe	◦ [9] S. 19f. ◦ [182] S. 14 (Versuch 12+13) ◦ [184] S. 18 (3.5.1)	◦ [397] V ◦ [415] V ◦ [618] V ◦ [620] V ◦ [625] V ◦ [781] V	◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11 ◦ [9] Kerze; nur Nachweis von Kohlenstoffdioxid ◦ [182], [184], [397], [415] Kerze; Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid ◦ [618] Feuerzeugflamme; Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid ◦ [620] Feuerzeuggas; nur Nachweis von Wasser ◦ [625], [781] Ethanol; Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid
		Kohlenstoffdioxid als Löschmittel	◦ [184] S. 8f. (3.1.3+3.1.4)		
		Dichte von Kohlenstoffdioxid (im Vergleich zu Luft)	◦ [8] S. 97 (Exp. 9) ◦ [104] Experiment D oder [254] Auftrag 4 ◦ [184] S. 10 (3.1.6+3.1.7)		
		Trockeneis		◦ [789] V	Verhalten von Trockeneis auf einem Tisch, in warmem Wasser (mit Methylblau bzw. Universalindikator) und in einem Ballon im Wasserbad
	Wasser	Wassergehalt von Lebensmitteln	◦ [165] C – Anf 1 ◦ [222]		◦ [165] Wassergehalt verschiedener Lebensmittel durch Trocknen im Ofen ◦ [222] Wassergehalt einer Salatgurke durch Reiben und Auspressen
		Fortsetzung: Wassergehalt von Lebensmitteln			
		Temperaturabhängigkeit der Dichte: Bau eines Thermometers	◦ [245], [248] Aufgabe 4 ◦ [340]		
		Temperaturabhängigkeit der Dichte: Unterwasservulkan	◦ [338]		

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Wasser	Dichteanomalie des Wassers: Eis schwimmt auf Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 150 (Exp. 1) ◦ [14] S. 148 (Versuch 1) 	◦ [679] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8], [679] Vergleich von Wasser und Wachs ◦ [14] erfordert zwei Thermometer ◦ neben dem Vergleich mit Wachs kann auch ein Erfolg mit anderen Alltagsstoffen erfolgen, z. B. Olivenöl
		Dichteanomalie des Wasser: Wasser dehnt sich beim Gefrieren aus	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [16] S. 82f. (V3.7) ◦ [30] Versuch 1 ◦ [224] ◦ [347] 	◦ [495] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [16] erfordert Thermometer ◦ [224] erfordert Einwegspritze (10 mL) ◦ [347] entweder Reagenzglas mitgeben oder durch Röhrchen von Vanilleschoten o. ä. ersetzen
		Dichteanomalie des Wasser: Verflüssigung unter Druck (Regelation)		◦ [565] V	
		Oberflächenspannung von Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] S. 45f. (Versuch 9 b) ◦ [7] S. 106f. ◦ [8] S. 265 (Exp. 1) ◦ [10] S. 149 ◦ [13] S. 288 (Aufgabe 2) ◦ [183] S. 7 (Versuch 2) 	◦ [683] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] Wasserberg – Vergleich von Wasser und Spiritus; erfordert Einwegpipetten ◦ [7] Wasserberg und schwimmende Gegenstände ◦ [8], [10] schwimmende Büroklammer; [10] erfordert Lupe ◦ [13], [183], [683] Wasserberg; [183] erfordert Einwegpipette
		Aggregatzustände des Wassers	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [26] S. 23f. (Versuch 4) ◦ [265] ◦ [348] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [26], [265] erfordert Thermometer; inkl. Temperatur-Zeit-Diagramm; [26] Herdplatte statt Magnetrührer und ein normales Thermometer verwenden ◦ [348] erfordert Thermometer; Stövchen oder Kochfeld statt Bunsenbrenner und Untertasse statt Uhrglas
		Siedepunktserniedrigung von Wasser (durch Unterdruck): Der Eiskocher	◦ [31] Versuch 1		
		Gefrierpunktserniedrigung von Wasser: Mit Salz bekämpft man Eis	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [177] ◦ [356] 		erfordert (zwei) Thermometer
		Boden	Boden als „natürliche Kläranlage“	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [212] ◦ [324] ◦ [354] 	

Fortsetzung: Alltagsrelevante Stoffe und deren chemische Reaktionen: Säuren/Laugen, Metalle/Nichtmetalle, Salze, Luft/Wasser/Boden	Fortsetzung: Boden	Absetzen von Bodenbestandteilen	◦ [209]	◦ [832] VE (Lab 8: Das Boden Phänomen)	
		Kresse und Dünger	◦ [253] Auftrag 2a)+3 ◦ [311]		Stichwort: Eutrophierung von Gewässern
		Kresse und Salz	◦ [253] Auftrag 2b)		Stichwort: Folgen von Streusalz für Umwelt und Umgebung
Gefahrenpotential bei Stoffen und Reaktionen	Fettbrand	Fettbrand und Fettextplosion		◦ [749], [750] V ◦ [804] V	◦ [749], [750] Aufnahmen in Zeitlupe beim Einspritzen von Wasser; [749] Nahaufnahme ◦ [804] Löschen durch Ersticken vs. Einspritzen von Wasser
Stoffkreisläufe in Natur und Technik	Gipskreislauf	Technischer Gipskreislauf	◦ [8] S. 70 (Exp. 3) ◦ [95] Experimente A, C1, C2, D1, D2 ◦ [368]		◦ [8] erfordert Gips und Mörser ◦ [95] erfordert Gips und Thermometer ◦ [368] erfordert Putzgips, Mörser und ggf. Cobaltchlorid- oder Watesmopapier; Erhitzen über Kerzenflamme statt Bunsenbrenner (vgl. [95])
		Kalkkreislauf	Natürlicher Kalkkreislauf: Einleiten von Kohlenstoffdioxid in Kalkwasser	◦ [8] S. 314 (Exp. 1)	◦ [430] V ◦ [758] V
		Natürlicher Kalkkreislauf: Modellversuche zu Tropfsteinen	◦ [283] S. 24f. ◦ [371]		Achtung: Beide Experimente werden mit Soda, nicht Kalk durchgeführt
		Natürlicher Kalkkreislauf: Mineralwasser-Experimente	◦ [291] S. 97-99 (Experiment 92)		Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [291] S. 11
		Natürlicher Kalkkreislauf: Entfernung von Kesselstein (Entkalken)	◦ [150], [151] ◦ [202] S. 33f. (Versuch 37)		◦ [150], [151] Entkalken mit Zitronensäure ◦ [202] Entkalken mit Essig-Essenz
		Technischer Kalkkreislauf		◦ [388] V ◦ [463] V ◦ [479] VE ◦ [574] V	◦ [388] Kalkbrennen; inkl. Kalkwasserprobe; Englisch; im zweiten Teil wird auch Kupfer(II)-carbonat erhitzt

Fortsetzung: Stoffkreisläufe in Natur und Technik	Fortsetzung: Kalkkreislauf	Fortsetzung: Technischer Kalkkreislauf			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [463] Kalkbrennen und -löschen; Verhalten von Kalk und Branntkalk in wässriger Phenolphthalein-Lösung ◦ [479] Kalkbrennen, -löschen und -abbinden; unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Kalkstein“; nimmt Wortgleichungen vorweg ◦ [574] Kalklöschen; inkl. Wärmebild und Indikator
Elektrochemische Vorgänge	Elektrolyse	Hoffmann'scher Wasserzersetzungsapparat		◦ [651] V	inkl. Glimmspan- und Knallgasprobe
		Elektrolyse einer Zinkbromid-Lösung		◦ [419] V ◦ [711] V	[711] inkl. Untersuchung des entstehenden Zinks mit Salzsäure
		Elektrolyse einer Zinkiodid-Lösung		◦ [446] V ◦ [507] V	◦ [446] inkl. Untersuchung des entstehenden Zinks mit Salzsäure ◦ [507] inkl. Untersuchung des entstehenden Iods durch Extraktion mit <i>n</i> -Hexan
		Elektrolyse von Natriumchlorid-, Kaliumnitrat-, Silbernitrat und Kupfernitratlösung		◦ [479] VE	◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Elektrolyse (Lösungen)“ ◦ nimmt Reaktionsgleichungen vorweg
		Schmelzflusselektrolyse von Zinkbromid		◦ [508] V	
		Schmelzflusselektrolyse von Natriumhydroxid		◦ [517] V	Arbeitsmaterial unter [523] A08
		Elektrolyse einer Kupfer(II)-chlorid-Lösung, einer Salzsäure-Lösung und einer Bleibromid-Schmelze		◦ [479] VE	◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Elektrolyse (Grundlagen)“ ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
		Einfluss der Spannung: Elektrolyse von Kupfer(II)-chlorid-Lösung bei unterschiedlicher Spannung		◦ [479] VE	◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Elektrolyse (Spannung)“ ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
		Einfluss der Elektrolyt-Konzentration: Elektrolyse von Kupfer(II)-chlorid-Lösungen unterschiedlicher Konzentration		◦ [479] VE	◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Elektrolyse (Konzentration)“ ◦ nimmt Reaktionsgleichungen vorweg
		Einfluss des Elektrodenmaterials: Elektrolyse von Kupfer(II)-chlorid-Lösung mit unterschiedlichen Elektroden		◦ [479] VE	◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Elektrolyse (Elektroden)“ ◦ Elektrodenmaterial: Kohlenstoff, Platin oder Zink

Fortsetzung: Elektrochemische Vorgänge	Fortsetzung: Elektrolyse	Fortsetzung: Einfluss des Elektrodenmaterials: Elektrolyse von Kupfer(II)-chlorid-Lösung mit unterschiedlichen Elektroden			◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
		Elektrolytische Kupferraffination		◦ [479] VE	◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Kupferraffination“ ◦ ggf. Geschwindigkeit erhöhen (unter Bearbeiten)
		Galvanisierung verschiedener Metallgegenstände		◦ [479] VE	◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Galvanisierung“ ◦ 6 Metallgegenstände (Anoden), 3 Elektrolyte und 5 Kathoden ◦ Spannung kann variiert werden ◦ ggf. Geschwindigkeit erhöhen (unter Bearbeiten)
		Zersetzungsspannung von Wasser und energetischer Wirkungsgrad des Elektrolyseurs		◦ [836] V	◦ Artikel und Material müssen käuflich erworben werden ◦ beinhaltet neben den eigentlichen Videos eine fertig ausgearbeitete Stationenarbeit zum Thema „Wie kann überschüssige Windenergie gespeichert und bei Bedarf wieder nutzbar gemacht werden?“
	Batterien	Daniell-Element		◦ [479] VE ◦ [509] V ◦ [700] V	[479] unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Batterien“
		Leclanché-Element		◦ [716] V	
		Volta-Säule		◦ [577] V ◦ [718] V	◦ [577] mit Essigsäure-Lösung als Elektrolyt; Videobeschreibung enthält Teile der Auswertung ◦ [718] mit Natriumchlorid-Lösung als Elektrolyt
		Batterie der Parther (Bagdad-Batterie)	◦ [165] C – El 2		erfordert Kabel, Krokodilklemmen, Kupferrohr und Leuchtdiode o. ä.
		Zitronenbatterie	◦ [21] S. 64 ◦ [49] Versuch 3 oder [272] Zusatz ab 2. Lernjahr oder [280] Experiment 3		◦ [21] Kupfer und Eisen ◦ [49], [272], [280] Silber und Zink ◦ [378] Kupfer und Zink

Fortsetzung: Elektrochemische Vorgänge	Fortsetzung: Batterien	Fortsetzung: Zitronenbatterie	◦ [378] S. 34-37		◦ erfordert Kabel/Drähte, Krokodilklemmen, Leuchtdiode/Kopfhörer, Elektroden (Münzen, Stäbe, Plättchen, Schrauben, Nägel, Unterlegscheiben, Büroklammern ...)
		Gurkenbatterie	◦ [81], [241], [244] Experiment (2+)3		◦ Kupfer und Aluminium ◦ erfordert Kabel, Krokodilklemmen und Leuchtdiode/Kopfhörer (statt Multimeter)
		Apfelbatterie	◦ [20] S. 165 (V3)		◦ auf Spannungsmessung in a) muss verzichtet werden ◦ erfordert Kabel/Drähte, Krokodilklemmen, Leuchtdiode, Kupfer- und Zinkblech
		Magnesium-Luft-Batterie (Batterie aus Bleistiftspitzer)	◦ [57] S. 187 (EXP 8.06)		erfordert Kabel, Krokodilklemmen und Leuchtdiode, Kopfhörer, Elektromotor o. ä. (statt Multimeter)
		Aluminium-Luft-Batterie	◦ [19] ◦ [172]		[19] erfordert ggf. Kupferblech und Leuchtdiode oder Kopfhörer (statt Elektromotor)

Blick hinter die Kulissen – Aufbau von Stoffen und chemische Bindung

Tabelle 13: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Blick hinter die Kulissen – Aufbau von Stoffen und chemische Bindung“ der Jgst. 9/10.

(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Differenziertes Atommodell zur Deutung chemischer Fragestellungen	Rutherfordsches Atommodell	Rutherfordscher Streuversuch		◦ [705] VE	
Aufbau und Reaktionen von Atomen, Molekülen und Ionen					
Ionen- und Elektronenpaarbindung	Moleküle vs. Ionen	Unterschiede zwischen Zucker und Salz	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [2] ◦ [165] C – At 1 ◦ [315] 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [400] V ◦ [432] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [2] elektrische Leitfähigkeit; erfordert Kabel, Flachbatterie, Krokodilklemmen, Glühlampe mit Fassung (oder Leuchtdiode) und Unterputzkabel ◦ [165] Verhalten beim Erhitzen und elektrische Leitfähigkeit; erfordert Kabel, Krokodilklemmen, Flachbatterie und Glühlampe (3,5 V oder Leuchtdiode); ggf. Teelichtbecher und Stövchen statt Dosendeckel verwenden ◦ [315] Verhalten in einer Mischung mit zerstoßenem Eis, beim Erhitzen, beim Lösen in Wasser, beim Stehenlassen an der Luft und elektrische Leitfähigkeit; erfordert Thermometer, Flach- oder Blockbatterie und Kupferdraht ◦ [400] Verhalten beim Erhitzen; inkl. Salzschmelze und Entzünden der Verbrennungsgase beim Erhitzen von Zucker

Fortsetzung: Ionen- und Elektronenpaarbindung	Fortsetzung: Moleküle vs. Ionen	Fortsetzung: Unterschiede zwischen Zucker und Salz			◦ [432] elektrische Leitfähigkeit; inkl. Leitfähigkeit von destilliertem vs. Leitungswasser und Leitfähigkeit einer Salzschmelze
	Dipole	Elektrostatische Aufladung	◦ [8] S. 208 (Exp. 1) ◦ [89] S. 34-39 + S. 125-127 ◦ [283] S. 28f.	◦ [447] V ◦ [630] V	◦ [8] Wechselwirkung zwischen aufgeladenem Luftballon und Haaren/Zimmerdecke ◦ [89] Wechselwirkung zwischen aufgeladenem Plastikamm/Luftballon und Pflanzenblättern/Wasserstrahl/Haaren/Textilien/Buchseiten ◦ [283] Wechselwirkung zwischen aufgeladenem Luftballon und Wasserstrahl ◦ [447] Wechselwirkung zwischen aufgeladenem Hartgummistab und Wasser-/Pentan-/Aceton-Strahl ◦ [630] Wechselwirkung zwischen aufgeladenem Hartgummistab und Wasser-/Heptan-Strahl
		Luftballon mit Wasser in der Mikrowelle	◦ [26] S. 31f. (Versuch 11) ◦ [61] Versuch 1		◦ erfordert Mikrowelle ◦ [26] ggf. Einwegpipette statt Spritze ◦ [61] Vergleich mit Luftballon ohne Wasser
		Mikrowellenerwärmung von Wasser, Ethanol, Speiseöl und Petroleumbenzin	◦ [197] S. 179 (Versuch 20)		erfordert Thermometer
Lewis-Schreibweise zur Darstellung von Bindungen					
<i>Sonstiges</i>	Kovalente, ionische und metallische Bindungen	Sprödigkeit von Salzkristallen im Vergleich zu Metallen	◦ [8] S. 229 (Exp. 7)		erfordert Natriumchloridkristall
		Elektrische Leitfähigkeit von Feststoffen und Lösungen		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Klassifizieren von Stoffen“ → „Ionisch, kovalent und metallisch (Leitfähigkeit)“
		Schmelz- bzw. Sublimationstemperatur		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Klassifizieren von Stoffen“ → „Ionisch, kovalent und metallisch (Schmelzpunkte)“

<i>Fortsetzung: Sonstiges</i>	Fortsetzung: Kovalente, ionische und metallische Bindungen	Wasserlöslichkeit		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Klassifizieren von Stoffen“ → „Ionisch, kovalent und metallisch (Löslichkeit)“
	Leiter, Halbleiter und Elektrolyte	Einfluss der Temperatur auf die elektrische Leitfähigkeit von Leitern, Halbleitern und Elektrolyten		◦ [441] VE	

Magie des Kohlenstoffs – Organische Verbindungen

Tabelle 14: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Magie des Kohlenstoffs – Organische Verbindungen“ der Jgst. 9/10.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Eigenschaften organischer Stoffe mittels Struktur und funktionellen Gruppen	Verbrennung von organischen Stoffen	Gasförmige Verbrennungsprodukte	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [9] S. 19f. ◦ [182] S. 14 (Versuch 12+13) ◦ [184] S. 18 (3.5.1) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [397] V ◦ [415] V ◦ [618] V ◦ [620] V ◦ [625] V ◦ [781] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11 ◦ [9] Kerze; nur Nachweis von Kohlenstoffdioxid ◦ [182], [184], [397], [415] Kerze; Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid ◦ [618] Feuerzeugflamme; Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid ◦ [620] Feuerzeuggas; nur Nachweis von Wasser ◦ [625], [781] Ethanol; Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid
		Erhitzen von Zucker, Mehl, Holz und Stärke		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [609] V 	
		Verkohlen von Zucker: Der Kohlenstoffpilz		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [431] V ◦ [541] V ◦ [722] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [431] Kondensation des Wasserdampfes an der Becherglaswand gut erkennbar ◦ [541] entsprechendes Arbeitsmaterial unter [558]; allerdings wird das Experiment mit Saccharose durchgeführt, während im AB mit Glucose gearbeitet wird ◦ [722] Wasserdampf gut erkennbar
		Verkohlen von Zucker: Emser Pastillen – Schlangen des Pharao	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [184] S. 15 (3.2.5) ◦ [291] S. 214f. (Experiment 207) ◦ [292] S. 65f. (Experiment 34) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [532] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [291], [292], [532] Emser Pastillen mit und ohne Zucker im Vergleich ◦ Arbeitsmaterial zu [532] unter [556]

Fortsetzung: Eigenschaften organischer Stoffe mittels Struktur und funktionellen Gruppen	Unterscheidung von organischen und anorganischen Stoffen	Experimentelle Unterscheidung durch Verhalten beim Erhitzen (Verkohlung)	◦ [264] S. 14-18		Teelichtbecher und Stövchen statt Reagenzglas und Brenner
	Polarität organischer Verbindungen	Löslichkeit von <i>n</i> -Heptan in Wasser bzw. Öl		◦ [472] V ◦ [615] V	als Heimexperiment denkbar, allerdings mit Paraffinöl oder Waschbenzin statt <i>n</i> -Heptan
		Löslichkeit alkanhaltiger Brennstoffe in Wasser, Spiritus und Paraffinöl	◦ [6] S. 94-96 (Versuch 23)		◦ Untersuchung von Feuerzeuggas, Feuerzeugbenzin, Grillanzünder, Lampenöl, Petroleum und Kerzenwachs ◦ erfordert Reagenzgläser, Einwegpipetten und Einwegspritzen
		Löslichkeit von Öl in Ethanol bzw. Wasser, von Ethanol in Wasser und von Pentan in Ethanol bzw. Wasser		◦ [624] V	
		Extraktion von Pflanzenfarbstoffen aus verschiedenen Gemüsesorten	◦ [291] S. 74 (Experiment 64) ◦ [291] S. 75 (Experiment 65) ◦ [291] S. 75f. (Experiment 66) ◦ [291] S. 86 (Experiment 75)		◦ Experiment 64: Möhre ◦ Experiment 65: Paprika ◦ Experiment 66: Tomate ◦ Experiment 75: Rotkohl
		Unterschied zwischen natürlichen und künstlichen Carotinen	◦ [65]		
Systematik an Hand von Stoffklassen					
Gewinnung, Verwendung und Recycling organischer Stoffe	Gewinnung von Alkohol durch Gärung	Alkoholische Gärung durch Zuckerhefen	◦ [6] S. 168-171 (Versuch 41) ◦ [103] oder [193] oder [206] ◦ [117], [118] ◦ [165] C – OC 1a+b ◦ [291] S. 50 (Experiment 38)	◦ [462] V ◦ [528] V ◦ [777] V	◦ [6] Vergleich der Vergärbarkeit von zuckerhaltigem und zuckerfreiem Kaugummi ◦ [103], [193], [206] Einfluss von Temperatur und Zucker-Konzentration und Vergleich der Vergärbarkeit von zuckerhaltigem und zuckerfreiem Kaugummi ◦ [117], [118] Untersuchung des entstehenden Gases: Ersticken einer Flamme

Fortsetzung: Gewinnung, Verwendung und Recycling organischer Stoffe	Fortsetzung: Gewinnung von Alkohol durch Gärung	Fortsetzung: Alkoholische Gärung durch Zuckerhefen			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [165] Untersuchung des entstehenden Gases: Erstickung einer Flamme, Dichte, Kalkwasserprobe (Herstellung von Kalkwasser in [184] S. 9 oder [291] S. 11) ◦ [291] Gärvermögen in Abhängigkeit vom eingesetzten Zucker; erfordert Thermometer ◦ [462] Einfluss der Temperatur ◦ [528] enthält nur Kohlenstoffdioxid-Nachweis, aber Arbeitsmaterial unter [552] ◦ [777] enthält Kohlenstoffdioxid- und Ethanol-Nachweis
		Alkoholische Gärung durch Zuckerhefen: Herstellung von Apfel- und Johannisbeerwein	◦ [15] S. 143 (Versuch 1+2)		sehr aufwendig: erfordert Reinzuchthefer, Hefenährsalz, Gäraufsatz, Antigel
	Recycling von Kunststoffen	Trennung verschiedener Kunststoffe anhand ihrer Dichte	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 39 (Exp. 26) ◦ [26] S. 111f. (Versuch 77) ◦ [57] S. 407 (EXP 17.03) ◦ [293] S. 13f. 	◦ [832] VE (Lab 1: Die Plastic Docs)	Stichwort: Recycling

Einführungsphase

E.1 Redoxreaktionen

Tabelle 15: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „E.1 Redoxreaktionen“ der E-Phase.

(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [umvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation]; [vertonte Videos mit Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Erweiterter Redoxbegriff: Redoxreaktionen als Elektronenübergänge, Definition der Begriffe Oxidation, Reduktion, Oxidationsmittel, Reduktionsmittel (Wdh.)	Sauerstoff als Oxidationsmittel	Oxidation von Metallen (Verbrennung)	◦ [84]	◦ [394] V ◦ [395] V ◦ [398] V ◦ [399] V ◦ [479] VE ◦ [482] V ◦ [493] V ◦ [794] V	◦ [84] Eisen; erfordert Eisenwolle und Blockbatterie (9 V) ◦ [394], [398] Kupfer ◦ [395], [794] Magnesium; Zeitlupe zu [395] in [396] ◦ [399] Kupfer, Eisen, Magnesium ◦ [479] Erhitzen von Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin an der Luft; unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Luft)“; nimmt Wortgleichungen vorweg ◦ [482] Verbrennung von Aluminium-, Zink-, Magnesium-, Eisen- und Kupferpulver in der rauschenden Brennerflamme ◦ [493] Lithium
		Oxidation von Nicht-Metallen (Verbrennung)		◦ [401] V ◦ [402] V ◦ [479] VE ◦ [697] V ◦ [746] V	◦ [401] Verbrennung von Holzkohle an der Luft und in reinem Sauerstoff ◦ [402] Verbrennung von Schwefel an der Luft und in reinem Sauerstoff ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Saurer Regen“;

Fortsetzung: Erweiterter Redoxbegriff: Redoxreaktionen als Elektronenübergänge, Definition der Begriffe Oxidation, Reduktion, Oxidationsmittel, Reduktionsmittel (Wdh.)	Fortsetzung: Sauerstoff als Oxidationsmittel	Fortsetzung: Oxidation von Nicht-Metallen (Verbrennung)			Verbrennung von Schwefel und Reaktion von Schwefeldi-/trioxid mit Wasser <ul style="list-style-type: none"> ◦ [697] Verbrennung von Schwefel und Reaktion von Schwefeldi-/trioxid mit Wasser ◦ [746] Verbrennung von rotem Phosphor in reinem Sauerstoff und Reaktion von Phosphorpentoxid mit Wasser
		Verbrennung von Kerze, Holz und Eisenwolle		◦ [810] V	jeweils an der Luft und in reinem Sauerstoff
	Thermolyse von Oxiden	Thermolyse von Iod(V)-oxid		◦ [815] V	inkl. Glimmspanprobe und Betrachtung der Energetik
		Thermolyse von Silber(I)-oxid		◦ [813] V	inkl. Glimmspanprobe und Betrachtung der Energetik
	Wasserstoff als Reduktionsmittel	Reaktion von Kupfer(II)-oxid mit Wasserstoff		◦ [583] V ◦ [805] V	inkl. Wassernachweis
	Kohlenstoff als Reduktionsmittel	Reaktion von Metalloxiden mit Kohlenstoff		◦ [479] VE ◦ [580] V	◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Metallgewinnung aus Erzen“: Reduktion von Eisen(III)-oxid, Silberoxid und Zinkoxid (aber nicht Aluminiumoxid) mit Kohlenstoff; Reduktion von Silberoxid (aber nicht Eisen(III)-oxid, Zinkoxid und Aluminiumoxid) durch Erhitzen; nimmt Wortgleichungen vorweg <ul style="list-style-type: none"> ◦ [580] Reduktion von Kupfer(II)-oxid mit Kohlenstoff; inkl. Kalkwasserprobe
	Reaktion von Metallen mit Wasser	Reaktion der Alkalimetalle mit Wasser		◦ [479] VE ◦ [514] V ◦ [515] V ◦ [667] V ◦ [751] V ◦ [752] V	◦ [479] Lithium, Natrium und Kalium; ohne Indikator und Knallgasprobe; unter „Anorganische Chemie“ → „Das Periodensystem“ → „Alkalimetalle (Reaktivität)“ <ul style="list-style-type: none"> ◦ [514] Lithium, Natrium und Kalium; Arbeitsmaterial unter [523] A03; ohne Indikator und Knallgasprobe

Fortsetzung: Erweiterter Redoxbegriff: Redoxreaktionen als Elektronenübergänge, Definition der Begriffe Oxidation, Reduktion, Oxidationsmittel, Reduktionsmittel (Wdh.)	Fortsetzung: Reaktion von Metallen mit Wasser	Fortsetzung: Reaktion der Alkalimetalle mit Wasser			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [515] Natrium; inkl. Untersuchung der Reaktionsprodukte; Arbeitsmaterial unter [523] A04 ◦ [667] Lithium, Natrium und Kalium, inkl. Thymolphthalein als Indikator ◦ [751] Kalium; hochauflösende Makroaufnahme in Zeitlupe ◦ [752] Natrium; hochauflösende Makroaufnahme in Zeitlupe
		Reaktivität von Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin in Wasser		◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Wasser)“ ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
		Reaktion von erhitztem Magnesium mit Wasserdampf		◦ [584] V	inkl. Knallgasprobe
	Technisch bedeutsame Redoxreaktionen	Hochofenprozess: Reduktion von Eisen(III)-oxid durch Kohlenstoffmonoxid		◦ [470] V	Modellversuch im Labormaßstab
		Thermit-Verfahren (Aluminothermie): Reduktion von Eisen(III)-oxid durch Aluminium		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [428] V ◦ [594] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [428] keine Untersuchung mit einem Magneten ◦ [594] inkl. Untersuchung mit Magneten, aber auch inkl. Reaktionsgleichung und Erläuterung
	Redoxreaktionen von Metallen mit Nichtmetallen	Reaktion von Metallen mit Halogenen		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [393] V ◦ [411] V ◦ [479] VE ◦ [570] V ◦ [668] V ◦ [669] V ◦ [790] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [393] Kupfer mit Iod ◦ [411] Aluminium mit Brom ◦ [479] Kalium, Natrium, Lithium und Magnesium mit Chlor und Iod; unter „Anorganische Chemie“ → „Das Periodensystem“ → „Halogene“ ◦ [570] Natrium mit Chlor ◦ [668] Zink und Magnesium mit Brom; inkl. Leitfähigkeitsmessung und Silbernitrat-Probe ◦ [669] Magnesium mit Iod in ethanolischer Lösung; inkl. Leitfähigkeitsmessung und Silbernitrat-Probe ◦ [790] Natrium mit Chlor, Brom und Iod

Fortsetzung: Erweiterter Redoxbegriff: Redoxreaktionen als Elektronenübergänge, Definition der Begriffe Oxidation, Reduktion, Oxidationsmittel, Reduktionsmittel (Wdh.)	Fortsetzung: Redoxreaktionen von Metallen mit Nichtmetallen	Reaktion von Metallen mit Schwefel		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [458] V ◦ [474] V ◦ [585] V ◦ [812] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [458] Zink ◦ [474], [812] Kupfer ◦ [585] Eisen; leider ohne Untersuchung des Magnetismus
		Reaktion von Metallen mit Sauerstoff	◦ [84]	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [394] V ◦ [395] V ◦ [398] V ◦ [399] V ◦ [479] VE ◦ [482] V ◦ [493] V ◦ [794] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [84] Eisen; erfordert Eisenwolle und Blockbatterie (9 V) ◦ [394], [398] Kupfer ◦ [395], [794] Magnesium; Zeitlupe zu [395] in [396] ◦ [399] Kupfer, Eisen, Magnesium ◦ [479] Erhitzen von Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin an der Luft; unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Luft)“; nimmt Wortgleichungen vorweg ◦ [482] Verbrennung von Aluminium-, Zink-, Magnesium-, Eisen- und Kupferpulver in der rauschenden Brennerflamme ◦ [493] Lithium
Elektrolyse		Hoffmann'scher Wasserzersetzungsgesetz		◦ [651] V	inkl. Glimmspan- und Knallgasprobe
		Elektrolyse einer Zinkbromid-Lösung		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [419] V ◦ [711] V 	[711] inkl. Untersuchung des entstehenden Zinks mit Salzsäure
		Elektrolyse einer Zinkiodid-Lösung		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [446] V ◦ [507] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [446] inkl. Untersuchung des entstehenden Zinks mit Salzsäure ◦ [507] inkl. Untersuchung des entstehenden Iods durch Extraktion mit <i>n</i>-Hexan
		Elektrolyse von Natriumchlorid-, Kaliumnitrat-, Silbernitrat und Kupfernitratlösung		◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Elektrolyse (Lösungen)“ ◦ nimmt Reaktionsgleichungen vorweg
		Schmelzflusselektrolyse von Zinkbromid		◦ [508] V	
		Schmelzflusselektrolyse von Natriumhydroxid		◦ [517] V	Arbeitsmaterial unter [523] A08

Fortsetzung: Erweiterter Redoxbegriff: Redoxreaktionen als Elektronenübergänge, Definition der Begriffe Oxidation, Reduktion, Oxidationsmittel, Reduktionsmittel (Wdh.)	Fortsetzung: Elektrolyse	Elektrolyse einer Kupfer(II)-chlorid-Lösung, einer Salzsäure-Lösung und einer Bleibromid-Schmelze		◦ [479] VE	◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Elektrolyse (Grundlagen)“ ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
		Einfluss der Spannung: Elektrolyse von Kupfer(II)-chlorid-Lösung bei unterschiedlicher Spannung		◦ [479] VE	◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Elektrolyse (Spannung)“ ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
		Einfluss der Elektrolyt-Konzentration: Elektrolyse von Kupfer(II)-chlorid-Lösungen unterschiedlicher Konzentration		◦ [479] VE	◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Elektrolyse (Konzentration)“ ◦ nimmt Reaktionsgleichungen vorweg
		Einfluss des Elektrodenmaterials: Elektrolyse von Kupfer(II)-chlorid-Lösung mit unterschiedlichen Elektroden		◦ [479] VE	◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Elektrolyse (Elektroden)“ ◦ Elektrodenmaterial: Kohlenstoff, Platin oder Zink ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
		Elektrolytische Kupferraffination		◦ [479] VE	◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Kupferraffination“ ◦ ggf. Geschwindigkeit erhöhen (unter Bearbeiten)
		Galvanisierung verschiedener Metallgegenstände		◦ [479] VE	◦ unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Galvanisierung“ ◦ 6 Metallgegenstände (Anoden), 3 Elektrolyte und 5 Kathoden ◦ Spannung kann variiert werden ◦ ggf. Geschwindigkeit erhöhen (unter Bearbeiten)
		Zersetzungsspannung von Wasser und energetischer Wirkungsgrad des Elektrolyseurs		◦ [836] V	◦ Artikel und Material müssen käuflich erworben werden ◦ beinhaltet neben den eigentlichen Videos eine fertig ausgearbeitete Stationenarbeit zum Thema „Wie kann überschüssige Windenergie gespeichert und bei Bedarf wieder nutzbar gemacht werden?“
Begriffe auf Modellebene erklären: Aufbau einfacher Anionen und Kationen mit Hilfe des Bohrschen Atommodells, Oktettregel (Wdh.)					

Ermitteln einer verkürzten Redoxreihe der Metalle (Metallabscheidungen aus Metallsalzlösungen einschließlich der Kennzeichnung von Elektronendonator/-akzeptor-Paaren) (Erw./Vert.)	Redoxreihe der Metalle: Metallabscheidungen aus Metallsalzlösungen	Kupfer ist edler als Zink: Verkupfern von Büroklammern	◦ [56] S. 24-29 (Versuch 5)		
		Kupfer ist edler als Eisen: Verkupfern von Büroklammern, Scheren, Nägeln, Stahlwolle	◦ [48] Versuch 5 oder [278], [308] Aufgabe 4 ◦ [89] S. 91-96 + S. 161-163		◦ [48], [278], [308] erfordern Kupfersulfat und Eisenwolle ◦ [89] erfordert pH-Papier
		Silber ist edler als Aluminium: Elektrolytisches Reinigen von Silber	◦ [8] S. 254 (Material B) ◦ [49] Versuch 2 oder [272] Versuch 3 oder [280] Experiment 2 (1. Teil) ◦ [107] Experiment B ◦ [165] C – EI 1 ◦ [267] S. 18-20 (V3)		◦ [165] ohne Multimeter durchführen ◦ Herstellung von angelaufenem Silberbesteck: [49] Versuch 1A, [107] Experiment A2+A3, [272] Versuch 1 oder [280] Experiment 2
		Silber ist edler als Kupfer	◦ [13] S. 243 (V2)		◦ erfordert Kupferblech und Silbernitrat-Lösung ◦ Herstellung einer Silbernitrat-Lösung in [292] S. 222 oben
		Vergleich von Eisen, Kupfer und Silber		◦ [596] V	
		Vergleich von Magnesium, Zink, Eisen, Kupfer und Silber		◦ [761] V	zusätzlich: Magnesium, Zink, Eisen, Zinn und Kupfer mit Salzsäure
		Vergleich von Kupfer, Zink, Magnesium und Silber		◦ [710] V	
	Weitere Experimente zur elektrochemischen Spannungsreihe	Reaktion von Metallen mit Salzsäure		◦ [479] VE ◦ [587] V ◦ [650] V ◦ [743] V	◦ [479] Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin; unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Säure)“; nimmt Wortgleichungen vorweg ◦ [587] Magnesium, Aluminium, Zink, Eisen, Kupfer und Silber; inkl. Knallgasprobe bei Magnesium ◦ [650], [743] Zink; inkl. Knallgasprobe
		Redoxreihe der Halogene: Reaktion von Halogenid-Lösungen mit Halogenen		◦ [522] V ◦ [629] V	Arbeitsmaterial zu [522] unter [524] H12

Aufstellen von Reaktionsgleichungen unter Verwendung von Oxidationszahlen (Erw./Vert.)	Aufstellen komplexer Redoxreaktionen	Reaktion von Kaliumpermanganat mit Wasserstoffperoxid-Lösung unter sauren bzw. alkalischen Bedingungen		◦ [763] V	
		Reaktion von Kaliumpermanganat mit Natriumsulfit-Lösung unter sauren, neutralen bzw. alkalischen Bedingungen		◦ [475] V	
		Redoxamphoterie von Wasserstoffperoxid		◦ [764] V	◦ Wasserstoffperoxid als Reduktionsmittel: Reaktion mit saurer Kaliumpermanganat-Lösung ◦ Wasserstoffperoxid als Oxidationsmittel: Reaktion mit saurer Kaliumiodid-Lösung ◦ katalytische Disproportionierung von Wasserstoffperoxid
		Reaktion von Salzsäure mit Braunstein		◦ [518] V	◦ Herstellung von Chlor ◦ Arbeitsmaterial unter [524] H01
		Reaktion von konzentrierter Salzsäure und Calciumhypochlorit		◦ [637] V	◦ Herstellung von Chlor ◦ Syn-/Komproportionierung
		Reaktion von Wasserstoffperoxid mit schwefelsaurer Kaliumbromid-Lösung		◦ [520] V	◦ Herstellung von Brom ◦ Arbeitsmaterial unter [524] H05
		Atemalkoholbestimmung: Oxidation von Ethanol mittels schwefelsaurer Kaliumdichromat-Lösung		◦ [729] V ◦ [774] V	
		Blitze unter Wasser: Oxidation von Ethanol im Zweiphasensystem mittels schwefelsaurer Kaliumpermanganat-Lösung		◦ [772] V	
		Elektrochemische Spannungsquellen: grundlegender Aufbau und Funktionsprinzip an einem Beispiel (Erw./Vert.)	Batterien	Daniell-Element	
Leclanché-Element				◦ [716] V	
Volta-Säule				◦ [577] V ◦ [718] V	◦ [577] mit Essigsäure-Lösung als Elektrolyt; Videobeschreibung enthält Teile der Auswertung ◦ [718] mit Natriumchlorid-Lösung als Elektrolyt

Fortsetzung: Elektrochemische Spannungsquellen: grundlegender Aufbau und Funktionsprinzip an einem Beispiel (Erw./Vert.)	Fortsetzung: Batterien	Batterie der Parther (Bagdad-Batterie)	◦ [165] C – El 2		erfordert Kabel, Krokodilklemmen, Kupferrohr und Leuchtdiode o. ä.
		Zitronenbatterie	◦ [21] S. 64 ◦ [49] Versuch 3 oder [272] Zusatz ab 2. Lernjahr oder [280] Experiment 3 ◦ [378] S. 34-37		◦ [21] Kupfer und Eisen ◦ [49], [272], [280] Silber und Zink ◦ [378] Kupfer und Zink ◦ erfordert Kabel/Drähte, Krokodilklemmen, Leuchtdiode/Kopfhörer, Elektroden (Münzen, Stäbe, Plättchen, Schrauben, Nägel, Unterlegscheiben, Büroklammern ...)
		Gurkenbatterie	◦ [81], [241], [244] Experiment (2+)3		◦ Kupfer und Aluminium ◦ erfordert Kabel, Krokodilklemmen und Leuchtdiode/Kopfhörer (statt Multimeter)
		Apfelbatterie	◦ [20] S. 165 (V3)		◦ auf Spannungsmessung in a) muss verzichtet werden ◦ erfordert Kabel/Drähte, Krokodilklemmen, Leuchtdiode, Kupfer- und Zinkblech
		Magnesium-Luft-Batterie (Batterie aus Bleistiftspitzer)	◦ [57] S. 187 (EXP 8.06)		erfordert Kabel, Krokodilklemmen und Leuchtdiode, Kopfhörer, Elektromotor o. ä. (statt Multimeter)
		Aluminium-Luft-Batterie	◦ [19] ◦ [172]		[19] erfordert ggf. Kupferblech und Leuchtdiode oder Kopfhörer (statt Elektromotor)
Sonstiges	Korrosion von Eisen (Rost)	Rosten als Reaktion von Eisen mit Luft(-sauerstoff)	◦ [56] S. 20-23 (Versuch 4) ◦ [89] S. 48-59 + S. 135-138		erfordert Eisenwolle
		Bedingungen der Rostbildung – Wie rostet Eisen am schnellsten?	◦ [8] S. 238 (Exp. 13+14) ◦ [12] S. 58 ◦ [17] Aufgabe 1 ◦ [18] S. 254 (V1) ◦ [20] S. 104 (V1) ◦ [165] C – Red I ◦ [295] S. 35-37 ◦ [310] Experimente A+C	◦ [693] V	◦ [8] Exp. 13: trocken, Wasser, Salzlösung und Säure; erfordert Eisenwolle; Essig oder Zitronensäure-Lösung statt verdünnte Salzsäure verwenden ◦ [8] Exp. 14: Leitungswasser, abgekochtes Leitungswasser und Regenwasser ◦ [12], [295] Planung eigener Experimente; [12] erfordert Eisenwolle

<i>Fortsetzung: Sonstiges</i>	Fortsetzung: Korrosion von Eisen (Rost)	Fortsetzung: Bedingungen der Rostbildung – Wie rostet Eisen am schnellsten?			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [17] trocken, Mineralwasser, destilliertes Wasser, Essig, Seifenwasser und Salzwasser ◦ [18] trocken, Wasser und Salzlösung; zum Anfärben des Wassers Tinte statt Kaliumpermanganat verwenden; erfordert Eisenwolle ◦ [20] trocken und Wasser; erfordert Eisenwolle ◦ [165] trocken, Wasser, Salzwasser oder Schmier-/Speiseöl; erfordert Eisenwolle ◦ [295] Einfluss von Streusalz-Lösung bzw. destilliertem Wasser und Luft auf unterschiedliche Metalle (Eisen, verzinktes Eisen, Aluminium und Kupfer); erfordert entsprechende Metallbleche ◦ [310] Leitungswasser, Cola, Zitronensaft und Salzwasser; Vergleich von Eisen, Aluminium, Kupfer, Zink, Zinn und Silber ◦ [693] trocken oder getränkt mit Öl, destilliertem Wasser oder Salzwasser; inkl. Verbrauch von Luft (bzw. Sauerstoff)
		Eisen-Ionen sichtbar machen: Eisen-Komplexe in Essigsäure	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [89] S. 104-115 + S. 177-189 ◦ [291] S. 105f. (Experiment 94) oder [292] S. 101 (Experiment 60) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Stichwort: Säurekorrosion ◦ [89] erfordert pH-Papier
		Energiebilanz des Rostvorgangs (exotherme Reaktion)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [250] Versuch 8 ◦ [316] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Stichwort: Taschenwärmer und Wärmepflaster (Rosten gegen kalte Finger und Gelenkschmerzen) ◦ erfordert Eisenpulver, verschiedene Kohlesorten (u. a. Aktivkohle) und Thermometer ◦ Aktivkohle ggf. durch gemörserte Kohle-tabletten ersetzen?

Fortsetzung: Sonstiges	Fortsetzung: Korrosion von Eisen (Rost)	Fortsetzung: Energiebilanz des Rostvorgangs (exotherme Reaktion)			◦ [250] Problem: Genauigkeit von Haushaltswaagen
		Längenänderung einer Kugelschreiberfeder beim Rosten	◦ [310] Experiment B		
	Rostentfernung/-umwandlung	Untersuchung verschiedener Hausmittel zur Rostentfernung/-umwandlung	◦ [7] S. 174 ◦ [12] S. 116 ◦ [163] ◦ [181] ◦ [267] S. 21f. (V4)		◦ [7], [267] Cola; [7] untersucht zusätzlich die Wirkung von Cola auf rohes Fleisch ◦ [12] Cola und Brausetabletten ◦ [163] Zitronensaft, Zitronensäure ◦ [181] Zitronensaft
	Korrosionsschutz von Eisen	Korrosionsschutz durch Opferanode	◦ [76] S. 3f. (Versuch 3) ◦ [165] C – EI 4	◦ [727] (+[736]) V ◦ [762] V	◦ [76] Kontakt von Eisen mit Magnesium und Kupfer; erfordert Kupfer- und Magnesiumband (alternativ: Kupferdraht und Aluminiumfolie); ggf. Salzwasser oder Säure verwenden, um Vorgang zu beschleunigen ◦ [165] Kontakt von Eisen mit Aluminium und Kupfer sowie Kontakt von Kupfer mit Aluminium ◦ [727] Kontakt von Eisen mit Zink, Zinn und Kupfer; Einbettung in Gelatine-Bett mit Phenolphthalein und Kaliumhexacyanidoferrat(III); [736] zeigt Nachweis-Reaktionen mit Phenolphthalein und Kaliumhexacyanidoferrat(III) ◦ [762] Kontakt von Eisen mit Magnesium und Kupfer; Einbettung in Agar-Bett mit Phenolphthalein und Kaliumhexacyanidoferrat(III)
Korrosionsschutz durch Opferanode: Der Bleistiftspitzer im Salzbad		◦ [12] S. 60 ◦ [46] Versuch 1-5 ◦ [100] ◦ [165] C – EI 5 ◦ [190] ◦ [251] Auftrag 2-4		◦ [12], [165] nur Untersuchung des intakten Spitzers in Salzlösung; [165] zusätzlich Kontakt von Aluminium mit Kupfer (Zusatzversuch)	

Fortsetzung: Sonstiges	Fortsetzung: Korrosionsschutz von Eisen	Fortsetzung: Korrosionsschutz durch Opferanode: Der Bleistiftspitzer im Salzbad			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [46], [100], [190], [251] Untersuchung des intakten Spitzers sowie von Klinge und Gehäuse einzeln; [46], [100], [251] Untersuchung von Salzlösung und saurer Lösung; [190] nur Salzlösung, aber zusätzlich Kontakt von Eisen mit Kupfer (Experiment 4)
		Korrosionsschutz durch metallische Überzüge (Galvanisieren)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [715] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] Galvanisieren verschiedener Metallgegenstände; unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Galvanisierung“; zur Auswahl stehen 6 Metallgegenstände (Anoden), 3 Elektrolyte und 5 Kathoden; Spannung kann variiert werden; ggf. Geschwindigkeit erhöhen (unter Bearbeiten) ◦ [715] Verzinken eines Eisen-Nagels
		Korrosionsschutz durch nichtmetallische Überzüge	◦ [8] S. 239 (Exp. 17)		Leichtmaschinenöl und Lack
		Planung eigener Experimente zu kathodischem Korrosionsschutz, Galvanisieren und nichtmetallischen Überzügen	◦ [12] S. 61-63		
		Folgen von defektem Korrosionsschutz	◦ [8] S. 239 (Exp. 18)		Überzüge aus Leichtmaschinenöl, Lack, Zinn, Zink und Plastik
	Korrosion von Silber	Anlaufen von Silber	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [49] Versuch 1A oder [272] Versuch 1 oder [280] Experiment 1 ◦ [107] Experimente A1-A3 		
		Elektrolytisches Reinigen von Silber	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 254 (Material B) ◦ [49] Versuch 2 oder [272] Versuch 3 oder [280] Experiment 2 (1. Teil) ◦ [107] Experiment B ◦ [165] C – E1 1 ◦ [267] S. 18-20 (V3) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [165] ohne Multimeter durchführen ◦ Herstellung von angelaufenem Silberbesteck: [49] Versuch 1A, [107] Experiment A2+A3, [272] Versuch 1 oder [280] Experiment 2
	Korrosion anderer Metalle	Korrosion von Eisen, Aluminium, Kupfer, Zinn und Silber unter verschiedenen Bedingungen	◦ [17] Aufgabe 1+3+5		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Bedingungen: trocken, Mineralwasser, destilliertes Wasser, Essig, Seifenwasser und Salzwasser

Fortsetzung: Sonstiges	Fortsetzung: Korrosion anderer Metalle	Fortsetzung: Korrosion von Eisen, Aluminium, Kupfer, Zinn und Silber unter verschiedenen Bedingungen			◦ bei Aluminium zusätzlich Sauerkraut	
		Korrosion von Eisen, Aluminium, Kupfer, Zink und Zinn unter verschiedenen Bedingungen	◦ [310] Experimente A+C		Bedingungen: Leitungswasser, Cola, Zitronensaft, Salzwasser	
		Korrosion von Eisen, Messing und Kupfer in Salzlösung	◦ [8] S. 238 (Exp. 15)			
		Kupfer unter Umwelteinflüssen	◦ [13] S. 144 (V2) ◦ [173]		◦ [13] Einfluss von Säuren, Laugen, Feuchtigkeit und Salz; erfordert Eisenwolle und mehrere Kupferblechstreifen ◦ [173] Einfluss von Säuren; erfordert Kupferblech	
	Lokalelement, Kontaktkorrosion	Kontakt von Eisen mit Magnesium/Aluminium: Bleistiftspitzer	◦ [12] S. 60 ◦ [46] ◦ [100] ◦ [165] C – EI 5 ◦ [190] ◦ [251] Auftrag 2-4			◦ [12], [165] nur Untersuchung des intakten Spitzers in Salzlösung; [165] zusätzlich Kontakt von Aluminium mit Kupfer (Zusatzversuch) ◦ [46], [100], [190], [251] Untersuchung des intakten Spitzers sowie von Klinge und Gehäuse einzeln; [46], [100], [251] Untersuchung von Salzlösung und saurer Lösung; [46] zusätzlich Bau einer Spitzerbatterie; [190] nur Salzlösung, aber zusätzlich Kontakt von Eisen mit Kupfer (Experiment 4)
		Kontakt von Eisen mit edleren und unedleren Metallen	◦ [76] S. 3f. (Versuch 3) ◦ [165] C – EI 4	◦ [727] (+[736]) V ◦ [762] V		◦ [76] Kontakt von Eisen mit Magnesium und Kupfer; erfordert Kupfer- und Magnesiumband (alternativ: Kupferdraht und Aluminiumfolie); ggf. Salzwasser oder Säure verwenden, um Vorgang zu beschleunigen ◦ [165] Kontakt von Eisen mit Aluminium und Kupfer sowie Kontakt von Kupfer mit Aluminium

<i>Fortsetzung: Sonstiges</i>	Fortsetzung: Lokalelement, Kontaktkorrosion	Fortsetzung: Kontakt von Eisen mit edleren und unedleren Metallen			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [727] Kontakt von Eisen mit Zink, Zinn und Kupfer; Einbettung in Gelatine-Bett mit Phenolphthalein und Kaliumhexacyanidoferrat(III); [736] zeigt Nachweis-Reaktionen mit Phenolphthalein und Kaliumhexacyanidoferrat(III) ◦ [762] Kontakt von Eisen mit Magnesium und Kupfer; Einbettung in Agar-Bett mit Phenolphthalein und Kaliumhexacyanidoferrat(III)
		Kontakt von Eisen mit Zink	◦ [8] S. 239 (Exp. 16)		erfordert Zink- und Eisenblech (ggf. durch zersägten verzinkten Nagel ersetzen o. ä.); Kochsalzlösung statt Salzsäure verwenden
		Kontakt von Kupfer mit Zink		◦ [420] V	in Salzsäure

E.2 Protolysereaktionen

Tabelle 16: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „E.2 Protolysereaktionen“ der E-Phase.

(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation]; [vertonte Videos mit Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Wiederholung der Namen und Summenformeln folgender anorganischer Säuren und deren Salze: Schwefelsäure, Salpetersäure, Kohlensäure, Phosphorsäure, Salzsäure (Wdh.)					
Säure-Base-Theorie nach BRØNSTED: Säuren als Protonendonatoren, Basen als Protonenakzeptoren, Säure-Base-Reaktionen als Protonenübertragungsreaktionen (Erw./Vert.)	Protolysen in wässriger Lösung	Reaktion von Chlorwasserstoff und Wasser		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [504] V ◦ [649] V ◦ [673] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [504] Einleiten von Chlorwasserstoff in Pentan bzw. Wasser; inkl. Leitfähigkeitsmessung und Untersuchung der Lösung mit Methylrot und Silbernitrat-Lösung; Trocknungsmittel (?) im Kolben wird nicht erwähnt ◦ [649] Reaktion von konz. Schwefelsäure mit Natriumchlorid und Einleiten des entstehenden Chlorwasserstoffs in Universalindikatorlösung ◦ [673] Chlorwasserstoffspringbrunnen: Reaktion von konz. Schwefelsäure mit Natriumchlorid, Auffangen des entstehenden Chlorwasserstoffs und Springbrunnen (mit Bromthymolblau-Lösung)
		Reaktion von Kohlenstoffdioxid in Wasser	◦ [8] S. 276 (Exp. 4)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [511] V ◦ [593] V ◦ [747] V 	◦ [8] Strohhalm, Knete und Rotkohllindikator statt Glasrohr, Stopfen und Universalindikator

Fortsetzung: Säure-Base-Theorie nach BRØNSTED: Säuren als Protonendonatoren, Basen als Protonenakzeptoren, Säure-Base-Reaktionen als Protonenübertragungsreaktionen (Erw./Vert.)	Fortsetzung: Protolysen in wässriger Lösung	Fortsetzung: Reaktion von Kohlenstoffdioxid in Wasser			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Kohlensäurehaltige Getränke“ ◦ [511] mit Trockeneis und pH-Meter
		Reaktion von Schwefeldi-/trioxid in Wasser		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [697] V 	[479] unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Saurer Regen“
		Reaktion von Ammoniak und Wasser		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [498] V 	Ammoniak-Springbrunnen mit Phenolphthalein-Lösung
		Zersetzung von Harnstoff und Nachweis von Ammoniak durch Indikatorpapier	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [108] Experiment B3 oder [281] Experiment 2 		erfordert Kälte-Sofort-Kompresse mit Harnstoff (Urea)
		Carbidlampe: Reaktion von Calciumcarbid mit Wasser		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [799] V 	inkl. Modellversuch und Untersuchung der Reaktionsprodukte auf Brennbarkeit sowie mit Universalindikatorlösung
	Säure-Base-Reaktionen nach BRØNSTED ohne wässrige Lösung	Reaktion von Chlorwasserstoff und Ammoniak		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [434] V 	
		Reaktion von Ammoniumchlorid und Natriumcarbonat		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [732] V 	inkl. Nachweis des entstehenden Ammoniaks durch angefeuchtetes pH-Papier
		Reaktion von Natriumhydrogensulfat und Natriumacetat		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [733] V 	inkl. Nachweis der entstehenden Essigsäure durch angefeuchtetes pH-Papier
		Zerfall von Hirschhornsalz (Ammoniumhydrogencarbonat, Ammoniumcarbonat, Ammoniumcarbamat)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [291] S. 46 (Experiment 34) 		inkl. Nachweis des entstehenden Ammoniaks durch angefeuchtetes Rotkohlinikatorpapier
	„Die stärkere Säure verdrängt die schwächere aus ihrem Salz“	Reaktion von Schwefelsäure mit Natriumchlorid		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [649] V 	inkl. Einleiten des entstehenden Chlorwasserstoffs in Universalindikatorlösung
		Reaktion von Essig- bzw. Zitronensäure mit Natriumhydrogencarbonat (Natron)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 380 (Exp. 22) ◦ [92] ◦ [168] S. 30f. (Versuch 6a) ◦ [184] S. 16 (3.3.1) ◦ [291] S. 215f. (Experiment 208) oder [292] S. 79 (Experiment 41) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8], [92] Kristallisation von Natriumacetat-Trihydrat; Stichwort: Wärmekissen; erfordert Thermometer ◦ [168] S. 30f., [184] S. 16 (3.3.1) Natron in Wasser bzw. saurer Lösung ◦ [291], [292] Untersuchung von Bullrich Salz; Stichwort: Sodbrennen
		Reaktion von Essig- bzw. Zitronensäure mit Natriumcarbonat (Soda)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 75f. ◦ [11] S. 87 (Versuch 1) ◦ [115] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] Reaktion von Soda mit Essig bzw. Zitronensäure und Wasser

Fortsetzung: Säure-Base-Theorie nach BRØNSTED: Säuren als Protonendonatoren, Basen als Protonenakzeptoren, Säure-Base-Reaktionen als Protonenübertragungsreaktionen (Erw./Vert.)	Fortsetzung: „Die stärkere Säure vertreibt die schwächere aus ihrem Salz“	Fortsetzung: Reaktion von Essig- bzw. Zitronensäure mit Natriumcarbonat (Soda)	◦ [260] S. 349 (V4)		◦ [11], [260] Untersuchung von Geschirrspülreiniger und Klarspüler (Stichwort: Neutralisation in der Spülmaschine); Rotkohllindikator oder pH-Papier statt Universalindikatorlösung ◦ [115] Reaktion von Soda mit Zitronensäure und Wasser; erfordert Petrischale (kann z. B. durch Kunststoffdeckel von 500-mL-Joghurtbechern ersetzt werden)
		Reaktion von Essig- bzw. Zitronensäure mit Calciumcarbonat (Kalk)	◦ [150], [151] ◦ [202] S. 33f. (Versuch 37) ◦ [267] S. 14f. (V2a)	◦ [473] V ◦ [604] V	◦ [150], [151] Entkalken mit Zitronensäure ◦ [202] Entkalken mit Essig-Essenz ◦ [267] erfordert Calciumcarbonat ◦ [473] Calciumcarbonat; inkl. Kalkwasserprobe ◦ [604] Marmor; inkl. Kalkwasserprobe
		Reaktion von Salzsäure mit Calciumcarbonat (Marmor)		◦ [566] VE	◦ interaktives Videoexperiment ◦ ohne Kalkwasserprobe
	Neutralisationsreaktionen	Neutralisation von Säuren durch Basen	◦ [20] S. 39 (V5)	◦ [413] V ◦ [427] V ◦ [479] VE	◦ [20] Zugabe von Essigsäure-Lösung zu Natriumcarbonat-Lösung in Gegenwart von Rotkohllindikator; erfordert Einwegpipette ◦ [413] tropfenweise Zugabe von Natriumhydroxid-Lösung zu Salzsäure (Indikator: Bromthymolblau) ◦ [427] Vereinigung äquimolarer Mengen von Salzsäure und Natriumhydroxid-Lösung (pH-Papier) und anschließendes Eindampfen ◦ [479] Salz-, Salpeter- bzw. Schwefelsäure mit Kalium- bzw. Natriumhydroxid-Lösung; unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Neutralisation“; nimmt Wortgleichungen vorweg;

Fortsetzung: Säure-Base-Theorie nach BRØNSTED: Säuren als Protonendonatoren, Basen als Protonenakzeptoren, Säure-Base-Reaktionen als Protonenübertragungsreaktionen (Erw./Vert.)	Fortsetzung: Neutralisationsreaktionen	Fortsetzung: Neutralisation von Säuren durch Basen			Achtung: Wasser im Atombetrachter wird nicht als Teilchen, sondern als blassblauer Hintergrund dargestellt
		Neutralisationen aus dem Alltag: Sodbrennen	◦ [291] S. 215f. (Experiment 208) oder [292] S. 79 (Experiment 41) ◦ [367]		◦ [291], [292] Bullrich Salz (Natriumhydrogencarbonat) ◦ [367] Bullrich Salz (Natriumhydrogencarbonat) und Maaloxan (Aluminium- und Magnesiumhydroxid); statt Salzsäure und Universalindikator können Essig und Rotkohllindikator verwendet werden
		Neutralisationen aus dem Alltag: Spülmaschine	◦ [11] S. 87 (Versuch 1) ◦ [260] S. 349 (V4)		Rotkohllindikator oder pH-Papier statt Universalindikatorlösung
Anwenden der Säure-Base-Theorie nach Brønsted: Ionengleichung von Protolysereaktionen, Bildung von Oxoniumionen und Hydroxidionen (Erw./Vert.)					
Berechnungen: Masse, molare Masse, Stoffmenge und Konzentration von Lösungen (Erw./Vert.)	Stoffmenge	Modellversuch zum Prinzip „Zählen durch Wiegen“	◦ [13] S. 177 (Aufgabe 2) ◦ [260] S. 355 (M3)		
	Konzentration	Zusammenhang zwischen Stoffmenge, Volumen und Konzentration		◦ [452] VE	◦ Einfluss der Variation von Stoffmenge an gelöstem Stoff und/oder Gesamtvolumen auf die Stoffmengenkonzentration ◦ verschiedene gelöste Stoffe stehen zur Auswahl
		Auswirkungen von Verdünnen und Eindampfen auf die Stoffmengenkonzentration gelöster Stoffe		◦ [453] VE	inkl. Bestimmung der Stoffmengenkonzentration verschiedener gelöster Stoffe und deren Löslichkeit (aber: in mol/L, nicht in g/100 g Lösungsmittel)
		Verdünnungsreihe von Zitronensäure-Lösung	◦ [165] C – SL 3a		◦ erfordert pH-Papier ◦ Bemerkung: arbeitet mit Volumenanteil
Unterscheidung von Haushaltessig und Essigessenz	◦ [15] S. 173			erfordert Calciumcarbonat/Kalkstein	

Definition des Begriffes pH-Wert, Berechnung mit Hilfe der Konzentration an H_3O^+ -Ionen (Erw./Vert.)	pH-Skala	Verdünnungsreihe von Salzsäure und Natronlauge		◦ [480] V	
		Verdünnungsreihe von Essig- oder Zitronensäure	◦ [201] S. 15 (Versuch 9)		Schnapsgläser (2 cL) und Einwegpipette statt Messzylinder und 5-mL-Pipette verwenden: je 2 mL der sauren Lösung in Schnapsglas pipettieren und mit Wasser auf 2 cL auffüllen
		Zusammenhang zwischen der Konzentration an Hydroxonium- bzw. Hydroxid-Ionen und dem pH-Wert		◦ [451] VE ◦ [450] VE	◦ [451], [450] „Makro“: pH-Wert-Messung von verschiedenen Alltagsflüssigkeiten; Verdünnung mit Wasser möglich ◦ [450] „Mikro“: wie „Makro“, aber mit Angabe der Konzentration an Hydroxonium- und Hydroxid-Ionen ◦ [450] „meine Lösung“: beliebiger pH-Wert einstellbar; jeweilige Konzentration von Hydroxonium- und Hydroxid-Ionen wird angegeben
	Säure-Base-Indikatoren	Universalindikator, Bromthymolblau, Phenolphthalein und Rotkohllindikator		◦ [698] V	
		Universalindikator, Phenolphthalein und Lackmus		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „pH-Indikatoren“
		Rotkohllindikator	◦ [7] S. 63-65 + S. 68f. + S. 73f. ◦ [12] S. 190 ◦ [20] S. 38 (V1+V5) ◦ [39] ◦ [56] S. 8-16 (Versuch 2) ◦ [89] S. 70-80 + S. 142-155 ◦ [136], [137] ◦ [165] C – SL 2 Aufgabe 5 + SL 3a–c ◦ [179] ◦ [183] S. 10f. (Versuch 7-12) ◦ [201] S. 10-12 (Versuch 1-3)	◦ [671] V	◦ Erklärung in [291] S. 6-8 ◦ Impuls: Rotkohl vs. Blaukraut ◦ [7] S. 63-65 Rotkohl, Rote Beete und Radieschen als Indikator ◦ [7] S. 68f., [165] Universal- und Rotkohllindikator; erfordert pH-Papier ◦ [7] S. 73f., [20], [39], [56], [89], [136], [137], [179], [183], [277], [671] nur Rotkohllindikator ◦ [12] Heidelbeeren, Preiselbeeren, Aronia, Cranberries, Brombeeren, Rotkohl und Radieschen als Indikator; Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [201] v. a. Rotkohl, nur in Versuch 1 auch schwarzer Tee

Fortsetzung: Definition des Begriffes pH-Wert, Berechnung mit Hilfe der Konzentration an H_3O^+ -Ionen (Erw./Vert.)	Fortsetzung: Säure-Base-Indikatoren	Fortsetzung: Rotkohllindikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [277] ◦ [317] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [317] Rotkohl, Blüten und Radieschen als Indikator
		Tee als Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 66f. ◦ [8] S. 159 (Exp. 21) ◦ [140], [141] ◦ [165] C – SL 2 Aufgabe 2+3 ◦ [192] Versuch 3a(+c) oder [252] Versuch 3a(+c) ◦ [285] S. 17-19 (Versuch 3) ◦ [291] S. 41 (Experiment 28) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] neben Tee wird auch blaues Wasser eis untersucht ◦ [140], [141] Tee und Blüten als Indikator ◦ [291] Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen
		Blüten als Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [140], [141] ◦ [165] C – SL 2 Aufgabe 1 ◦ [317] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [140], [141] Tee und Blüten als Indikator ◦ [317] Rotkohl, Blüten und Radieschen als Indikator
		Radieschen als Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 63-65 ◦ [11] S. 113 ◦ [12] S. 190 ◦ [13] S. 135 (V1) ◦ [93] Experimente A1-A3 ◦ [288] ◦ [317] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] Rotkohl, Rote Beete und Radieschen als Indikator; pH-Papier statt Universalindikatorlösung verwenden ◦ [11], [13] Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [12] Heidelbeeren, Preiselbeeren, Aronia, Cranberries, Brombeeren, Rotkohl und Radieschen als Indikator; Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [317] Rotkohl, Blüten und Radieschen als Indikator
		Gummibärchen als Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [14] S. 50 (Versuch 1) ◦ [42] Versuch 2+3 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [42] Erhitzen der Gummibärchen auf dem Herd oder einem Stövchen; Versuch 3 erfordert Ammoniak-Lösung (z. B. Salmiak-Geist) ◦ Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen

Fortsetzung: Definition des Begriffes pH-Wert, Berechnung mit Hilfe der Konzentration an H_3O^+ -Ionen (Erw./Vert.)	Fortsetzung: Säure-Base-Indikatoren	Brausepulver als Indikator	◦ [42] Versuch 1		Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen
	Anwendung	Ordnen verschiedener Reiniger nach dem pH-Wert	◦ [12] S. 180 (Versuch 1) ◦ [20] S. 262 (V1)		◦ [12] Rotkohllindikator oder pH-Papier statt Universalindikatorlösung und Untertassen o. ä. statt Uhrgläsern verwenden ◦ [20] erfordert pH-Papier
		Bestimmung des pH-Werts von Haushaltsprodukten	◦ [260] S. 342 (V1)		erfordert pH-Papier
		pH-Werte von Salzlösungen	◦ [168] S. 9-12 (Versuch 2)	◦ [602] V	◦ [168] Untersuchung von Soda, Backpulver und Hirschhornsalz; weitere Salze aus dem Haushalt können untersucht werden: Kochsalz, Gips, ... ◦ [602] Natriumacetat, Natriumchlorid und Natriumhydrogencarbonat
		Einfluss von Kaugummis auf den pH-Wert des Speichels	◦ [94] Vorbereitung 1 + Experimente C1-C3		

E.3 Einführung in die Chemie organischer Verbindungen

Tabelle 17: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „E.3 Einführung in die Chemie organischer Verbindungen“ der E-Phase.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation]; [vertonte Videos mit Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Elektronenpaarbindung, Elektronegativität, unpolare und polare Bindung (Wdh.)					
Wasser als Dipolmolekül, Wasserstoffbrücken (Wdh.)	Wasser als Dipol	Elektrostatische Aufladung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [89] S. 34-39 + S. 125-127 ◦ [283] S. 28f. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [447] V ◦ [630] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [89] Wechselwirkung zwischen aufgeladenem Plastikamm/Luftballon und Pflanzenblättern/Wasserstrahl/Haaren/Textilien/Buchseiten ◦ [283] Wechselwirkung zwischen aufgeladenem Luftballon und Wasserstrahl ◦ [447] Wechselwirkung zwischen aufgeladenem Hartgummistab und Wasser-/Pentan-/Aceton-Strahl ◦ [630] Wechselwirkung zwischen aufgeladenem Hartgummistab und Wasser-/Heptan-Strahl
		Luftballon mit Wasser in der Mikrowelle	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [26] S. 31f. (Versuch 11) ◦ [61] Versuch 1 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Mikrowelle ◦ [26] ggf. Einwegpipette statt Spritze ◦ [61] Vergleich mit Luftballon ohne Wasser
		Mikrowellenerwärmung von Wasser, Ethanol, Speiseöl und Petroleumbenzin	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [197] S. 179 (Versuch 20) 		erfordert Thermometer
	Wasserstoffbrücken	Oberflächenspannung von Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] S. 45f. (Versuch 9 b) ◦ [7] S. 106f. ◦ [8] S. 265 (Exp. 1) ◦ [10] S. 149 ◦ [13] S. 288 (Aufgabe 2) ◦ [183] S. 7 (Versuch 2) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [683] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] Wasserberg – Vergleich von Wasser und Spiritus; erfordert Einwegpipetten ◦ [7] Wasserberg und schwimmende Gegenstände ◦ [8], [10] schwimmende Büroklammer; [10] erfordert Lupe

Fortsetzung: Wasser als Dipolmolekül, Wasserstoffbrücken (Wdh.)	Fortsetzung: Wasserstoffbrücken	Fortsetzung: Oberflächenspannung von Wasser			◦ [13], [183], [683] Wasserberg; [183] erfordert Einwegpipette
		Dichteanomalie des Wassers: Eis schwimmt auf Wasser	◦ [8] S. 150 (Exp. 1) ◦ [14] S. 148 (Versuch 1)	◦ [679] V	◦ [8], [679] Vergleich von Wasser und Wachs ◦ [14] erfordert zwei Thermometer ◦ neben dem Vergleich mit Wachs kann auch ein Erfolg mit anderen Alltagsstoffen erfolgen, z. B. Olivenöl
		Dichteanomalie des Wasser: Wasser dehnt sich beim Gefrieren aus	◦ [16] S. 82f. (V3.7) ◦ [30] Versuch 1 ◦ [224] ◦ [347]	◦ [495] V	◦ [16] erfordert Thermometer ◦ [224] erfordert Einwegspritze (10 mL) ◦ [347] entweder Reagenzglas mitgeben oder durch Röhrchen von Vanilleschoten o. ä. ersetzen
Qualitative Elementaranalyse: Kohlenstoff und Wasserstoff (Erw./Vert.)	Kohlenstoffdioxid und Wasser als Verbrennungsprodukte organischer Verbindungen	Verbrennung von Kerzenwachs (Paraffin und ggf. Stearin)	◦ [9] S. 19f. ◦ [182] S. 14 (Versuch 12+13) ◦ [184] S. 18 (3.5.1)	◦ [397] V ◦ [415] V	◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11 ◦ [9] nur Nachweis von Kohlenstoffdioxid ◦ [182], [184], [397] Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid
		Verbrennung von Ethanol		◦ [625] V ◦ [781] V	Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid
		Verbrennung von Methan		◦ [808] V	inkl. Eigenschaften von Methan: Dichte im Vergleich zu Luft, Brennbarkeit
		Verbrennung von Butan (Feuerzeuggas)		◦ [618] V ◦ [620] V	◦ [618] Feuerzeugflamme; Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid ◦ [620] Feuerzeuggas; nur Nachweis von Wasser
	Sonstiges	Experimentelle Unterscheidung von anorganischen und organischen Stoffen	◦ [264] S. 14-18		Teelichtbecher und Stövchen statt Reagenzglas und Brenner
Homologe Reihe der Alkane und Alkene: Nomenklatur, Isomerie, Darstellung in Strukturformeln, räumliche Struktur (Erw./Vert.)					

Reaktionen der Alkane und Alkene mit Brom im Vergleich einschließlich des Reaktionsmechanismus der radikalischen Substitution (Erw./Vert.)	Radikalische Substitution	Reaktion von <i>n</i> -Heptan mit Brom		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [409] V ◦ [634] V ◦ [635] V ◦ [730] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [409] inkl. Untersuchung des entstehenden Gases mit pH-Papier ◦ [634] Belichtung mit roter, grüner und blauer LED; inkl. Untersuchung des entstehenden Gases mit pH-Papier und auf Reaktion mit Ammoniakdämpfen sowie Untersuchung der Reaktionslösung (nach Ausschütteln mit Wasser) durch Silbernitrat- und Beilsteinprobe ◦ [635] Vergleich zwischen An- und Abwesenheit von Iodkristallen bei Belichtung mit blauer LED; inkl. Untersuchung des entstehenden Gases mit pH-Papier und auf Reaktion mit Ammoniakdämpfen ◦ [730] Vergleich zwischen belichtetem und unbelichtetem Ansatz
		Reaktion von <i>n</i> -Heptan und <i>n</i> -Octan mit Brom		◦ [787] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ inkl. Untersuchung des Reaktionsprodukts mit Universalindikator und Silbernitrat-Lösung ◦ leider werden das Produkt Bromwasserstoff und der Mechanismus benannt
	Reaktionen der Alkane und Alkene mit Brom im Vergleich: Elektrophile Addition/Bromwasserprobe	Reaktion von Hex-1-en bzw. <i>n</i> -Heptan mit Bromwasser		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [606] V ◦ [636] V 	[636] inkl. Tetrachlorethen mit Bromwasser
		Reaktion von Ethen bzw. Ethan mit Bromwasser		◦ [784] V	
		Reaktion von Cyclohexen bzw. Cyclohexan mit Bromwasser		◦ [499] V	
Einfluss der Van-der-Waals-Kräfte auf Schmelz- oder Siedetemperaturen bei Alkanen oder Alkenen, Löslichkeit in polaren und unpolaren Lösungsmitteln (Erw./Vert.)	Aggregatzustand, Dichte und Löslichkeit von Alkanen	Aggregatzustand, Dichte im Vergleich zu Wasser und Löslichkeit in Wasser und Benzin mit zunehmender Kettenlänge		◦ [792] V	
	Löslichkeit von Alkanen	Löslichkeit von <i>n</i> -Heptan in Wasser bzw. Öl		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [472] V ◦ [615] V 	als Heimexperiment denkbar, allerdings mit Paraffinöl oder Waschbenzin statt <i>n</i> -Heptan
		Löslichkeit alkanhaltiger Brennstoffe in Wasser, Spiritus und Paraffinöl	◦ [6] S. 94-96 (Versuch 23)		◦ Untersuchung von Feuerzeuggas, Feuerzeugbenzin, Grillanzünder, Lampenöl, Petroleum und Kerzenwachs

Fortsetzung: Einfluss der Van-der-Waals-Kräfte auf Schmelz- oder Siedetemperaturen bei Alkanen oder Alkenen, Löslichkeit in polaren und unpolaren Lösungsmitteln (Erw./Vert.)	Fortsetzung: Löslichkeit von Alkanen	Fortsetzung: Löslichkeit alkanhaltiger Brennstoffe in Wasser, Spiritus und Paraffinöl			◦ erfordert Reagenzgläser, Einwegpipetten und Einwegspritzen	
		Mischbarkeit von Wasser, <i>n</i> -Hexan und <i>n</i> -Heptan		◦ [403] V		
		Wasser und Kohlenwasserstoffe als Lösungsmittel	◦ [15] S. 63			(Wasch-)Benzin oder Paraffinöl statt Heptan verwenden
		„Floating Squares“: Orientierung eines einseitig mit Bleistift bemalten Papiers an der Grenzfläche zwischen Wasser und Hexan bzw. Wasser und Tetrachlormethan			◦ [833], [834], [835] V	als Heimexperiment mit Waschbenzin, Öl, Aceton o. ä. denkbar
	Viskosität von Alkanen	Viskosität von Pentan, Heptan, Dodecan und Paraffinöl			◦ [477] V	
Polarisierbarkeit von Alkanen	Ablenkung von Flüssigkeitsstrahlen am geladenen Kunststoffstab			◦ [630] V ◦ [802] V	◦ [630] Wechselwirkung zwischen aufgeladenem Hartgummistab und Wasser-/Heptan-Strahl ◦ [802] Wechselwirkung zwischen aufgeladenem Hartgummistab und Ethanol-/Benzin-/Ethansäure-/Sonnenblumenöl-/Decan-/Tetradecan-/Methansäureame-thylester-/Ethansäureethylester-/Ethansäurebutylester-Strahl	
		Brennbarkeit von Alkanen	Brennbarkeit von Alkanen		◦ [512] V ◦ [620] V	◦ [512] Vergleich von Heptan und Ethanol (Flamme, Verbrennungsart, Löschen mit Wasser) ◦ [620] Feuerzeuggas inkl. Wassernachweis
Ethanol: räumliche Struktur, Hydroxygruppe und deren Einfluss auf die Stoffeigenschaften, Wirkung von Ethanol im menschlichen Körper (Erw./Vert.)	Stoffeigenschaften von Ethanol	Dichte und Siedetemperatur	◦ [8] S. 368 (Exp. 1)		◦ Spiritus statt Ethanol verwenden ◦ erfordert Thermometer	
		Siedetemperatur		◦ [735] V		
		Mischbarkeit mit Wasser bzw. Benzin	◦ [8] S. 368 (Exp. 3)	◦ [797] V	[8] Benzin oder Paraffinöl statt Heptan und Spiritus statt Ethanol verwenden; Achtung: Mischbarkeit von Spiritus in Heptan/Benzin unterscheidet sich ggf. von der des Ethanols	
		Mischbarkeit von Hexan, Heptan, Ethanol und Wasser		◦ [569] V		

Fortsetzung: Ethanol: räumliche Struktur, Hydroxygruppe und deren Einfluss auf die Stoffeigenschaften, Wirkung von Ethanol im menschlichen Körper (Erw./Vert.)	Fortsetzung: Stoffeigenschaften von Ethanol	Wasser, Ethanol und Benzin als Lösungsmittel	◦ [15] S. 149		Spiritus statt Ethanol verwenden
		Verdunstung von Ethanol im Vergleich mit Wasser	◦ [8] S. 368 (Exp. 2)		◦ Spiritus statt Ethanol verwenden ◦ erfordert Thermometer
		Brennbarkeit		◦ [625] V ◦ [781] V ◦ [821] V	◦ [625], [781] inkl. Nachweis von Kohlenstoffdioxid und Wasser ◦ [821] Brennender Geldschein
		Oberflächenspannung	◦ [6] S. 45f. (Versuch 9 b)		◦ Vergleich von Wasser und Spiritus ◦ erfordert Einwegpipetten
	Alkoholische Gärung	Alkoholische Gärung durch Zuckerhefen	◦ [6] S. 168-171 (Versuch 41) ◦ [103] oder [193] oder [206] ◦ [117], [118] ◦ [165] C – OC 1a+b ◦ [291] S. 50 (Experiment 38)	◦ [462] V ◦ [528] V ◦ [777] V	◦ [6] Vergleich der Vergärbarkeit von zuckerhaltigem und zuckerfreiem Kaugummi ◦ [103], [193], [206] Einfluss von Temperatur und Zucker-Konzentration und Vergleich der Vergärbarkeit von zuckerhaltigem und zuckerfreiem Kaugummi ◦ [117], [118] Untersuchung des entstehenden Gases: Ersticken einer Flamme ◦ [165] Untersuchung des entstehenden Gases: Ersticken einer Flamme, Dichte, Kalkwasserprobe (Herstellung von Kalkwasser in [184] S. 9 oder [291] S. 11) ◦ [291] Gärvermögen in Abhängigkeit vom eingesetzten Zucker; erfordert Thermometer ◦ [462] Einfluss der Temperatur ◦ [528] enthält nur Kohlenstoffdioxid-Nachweis, aber Arbeitsmaterial unter [552] ◦ [777] enthält Kohlenstoffdioxid- und Ethanol-Nachweis
		Alkoholische Gärung durch Zuckerhefen: Herstellung von Apfel- und Johannisbeerwein	◦ [15] S. 143 (Versuch 1+2)		sehr aufwendig: erfordert Reinzuchthefer, Hefenährsalz, Gäraufsatz, Antigel

Fortsetzung: Ethanol: räumliche Struktur, Hydroxygruppe und deren Einfluss auf die Stoffeigenschaften, Wirkung von Ethanol im menschlichen Körper (Erw./Vert.)	Oxidation von Ethanol	Essigherstellung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [18] S. 97 (V1) oder [20] S. 389 (V1) ◦ [138], [139] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [18], [20] aus vergorenem Traubensaft durch Oxidation an der Luft; erfordert pH-Papier; zum Vergären ggf. [18] S. 68 (V1) oder [20] S. 354 (V1) verwenden ◦ [138], [139] aus Weißwein durch Oxidation an der Luft
		Atemalkoholbestimmung: Oxidation von Ethanol mittels schwefelsaurer Kaliumdichromat-Lösung		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [729] V ◦ [774] V 	
		Blitze unter Wasser: Oxidation von Ethanol im Zweiphasensystem mittels schwefelsaurer Kaliumpermanganat-Lösung		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [772] V 	
	<i>Sonstiges</i>	Desinfizierende Wirkung von Ethanol: Lebensmittelkonservierung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] S. 58f. (Versuch 15) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Vergleich mit Wasser und Luft ◦ Spiritus statt Ethanol und Schnapsgläser statt Reagenzgläser verwenden

E.4 Erdöl und Erdgas – Brennstoffe in der Diskussion

Tabelle 18: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „E.4 Brennstoffe in der Diskussion“ der E-Phase.
(Quellen für Videoexperimente: [\[unvertonte Videos\]](#))

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Lagerstätten und Förderung: Erdöl als begrenzte Ressource, Förderverfahren und ihre Risiken für die Umwelt, geopolitische Aspekte					
Gewinnung von Kohlenwasserstoffen aus Erdöl: Cracken, fraktionierte Destillation	Cracken	Katalytisches Cracken von Paraffinöl und anschließende Destillation		◦ [506] V	inkl. Untersuchung von Paraffinöl und Crackprodukt mit Bromwasser sowie Untersuchung der Brennbarkeit des Crackprodukts
	Fraktionierte Destillation	Entzündbarkeit unterschiedlicher Erdölfraktionen		◦ [731] V	Leichtbenzin, Mittelbenzin, Petroleum, Heizöl
Exemplarische Beispiele für Vorkommen und Bedeutung: Methan (z. B. Methanhydrat), Propan und Butan (z. B. LPG, Feuerzeugbenzin, Camping- und Autogas), Isooctan (z. B. Octanzahl)	Feuerzeugbenzin	Untersuchung von Feuerzeuggas		◦ [620] V	
		Untersuchung der Feuerzeugflamme		◦ [618] V	
	Motorenbenzin	Explosion eines Benzin-Luft-Gemischs		◦ [708] V	
Energetische Betrachtungen: Verbrennung ausgewählter Stoffe im Vergleich	Benzin und Diesel	Brennbarkeit von Benzin und Diesel im Vergleich		◦ [800] V	

E.5 Mobile Energieumwandler

Tabelle 19: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „E.5 Mobile Energieumwandler“ der E-Phase.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Funktionsweise einer Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle: Vorgänge an den Elektroden, Wasserstoff als Energiespeicher, Gewinnung von Wasserstoff durch Elektrolyse (z. B. mittels Solarzellen)	Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle	Low-Cost-Brennstoffzelle		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [657] V ◦ [658] V 	
	Gewinnung von Wasserstoff durch Elektrolyse	Zersetzungsspannung von Wasser und energetischer Wirkungsgrad des Elektrolyseurs		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [836] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Artikel und Material müssen käuflich erworben werden ◦ beinhaltet neben den eigentlichen Videos eine fertig ausgearbeitete Stationenarbeit zum Thema „Wie kann überschüssige Windenergie gespeichert und bei Bedarf wieder nutzbar gemacht werden?“
Lithium-Ionen-Akkumulator: Aufbau und Funktionsweise in vereinfachter Form	Lithium-Ionen-Akkumulator	Modellversuch zum Laden und Entladen eines Lithium-Ionen-Akkumulators		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [471] V 	Lithiumperchlorat in Propylencarbonat mit Graphitelektroden
Blei-Akkumulator: Aufbau, Funktionsweise in vereinfachter Form bezogen auf Blei-Ionen	Blei-Akkumulator	Modellversuch zum Laden und Entladen eines Blei-Akkumulators		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [461] V ◦ [701] V 	
Sonstiges	Batterien	Daniell-Element		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [509] V ◦ [700] V 	[479] unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Batterien“
		Leclanché-Element		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [716] V 	
		Volta-Säule		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [577] V ◦ [718] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [577] mit Essigsäure-Lösung als Elektrolyt; Videobeschreibung enthält Teile der Auswertung ◦ [718] mit Natriumchlorid-Lösung als Elektrolyt
		Batterie der Parther (Bagdad-Batterie)	◦ [165] C – El 2		erfordert Kabel, Krokodilklemmen, Kupferrohr und Leuchtdiode o. ä.
		Zitronenbatterie	◦ [21] S. 64		◦ [21] Kupfer und Eisen

<i>Fortsetzung: Sonstiges</i>	Fortsetzung: Batterien	Fortsetzung: Zitronenbatterie	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [49] Versuch 3 oder [272] Zusatz ab 2. Lernjahr oder [280] Experiment 3 ◦ [378] S. 34-37 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [49], [272], [280] Silber und Zink ◦ [378] Kupfer und Zink ◦ erfordert Kabel/Drähte, Krokodilklemmen, Leuchtdiode/Kopfhörer, Elektroden (Münzen, Stäbe, Plättchen, Schrauben, Nägel, Unterlegscheiben, Büroklammern ...)
		Gurkenbatterie	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [81], [241], [244] Experiment (2+)3 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Kupfer und Aluminium ◦ erfordert Kabel, Krokodilklemmen und Leuchtdiode/Kopfhörer (statt Multimeter)
		Apfelbatterie	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [20] S. 165 (V3) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ auf Spannungsmessung in a) muss verzichtet werden ◦ erfordert Kabel/Drähte, Krokodilklemmen, Leuchtdiode, Kupfer- und Zinkblech
		Magnesium-Luft-Batterie (Batterie aus Bleistiftspitzer)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [57] S. 187 (EXP 8.06) 		erfordert Kabel, Krokodilklemmen und Leuchtdiode, Kopfhörer, Elektromotor o. ä. (statt Multimeter)
		Aluminium-Luft-Batterie	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [19] ◦ [172] 		[19] erfordert ggf. Kupferblech und Leuchtdiode oder Kopfhörer (statt Elektromotor)
	Akkumulatoren	Zink-Iod-Akku		◦ [699] V	

Qualifikationsphase

Q1: Stoffgruppen in der organischen Chemie

Q1.1 Kohlenwasserstoffe

Tabelle 20: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q1.1 Kohlenwasserstoffe“ der Q1.

(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation]; [vertonte Videos mit Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Übersicht über die Substanzklassen der Alkane, Alkene: Nomenklatur, homologe Reihen, Konstitutionsisomere (GK+LK)					
Struktur-Eigenschafts-Beziehungen: Van-der-Waals-Kräfte als intermolekulare Wechselwirkungen im Kontext von Struktur und Eigenschaften (Schmelz- oder Siedetemperaturen, Löslichkeit) (GK+LK)	Aggregatzustand, Dichte und Löslichkeit	Aggregatzustand, Dichte im Vergleich zu Wasser und Löslichkeit in Wasser und Benzin mit zunehmender Kettenlänge		◦ [792] V	
	Löslichkeit	Löslichkeit von <i>n</i> -Heptan in Wasser bzw. Öl		◦ [472] V ◦ [615] V	als Heimexperiment denkbar, allerdings mit Paraffinöl oder Waschbenzin statt <i>n</i> -Heptan
		Löslichkeit alkanhaltiger Brennstoffe in Wasser, Spiritus und Paraffinöl	◦ [6] S. 94-96 (Versuch 23)		◦ Untersuchung von Feuerzeuggas, Feuerzeugbenzin, Grillanzünder, Lampenöl, Petroleum und Kerzenwachs ◦ erfordert Reagenzgläser, Einwegpipetten und Einwegspritzen
		Mischbarkeit von Wasser, <i>n</i> -Hexan und <i>n</i> -Heptan		◦ [403] V	
		Wasser und Kohlenwasserstoffe als Lösungsmittel	◦ [15] S. 63		(Wasch-)Benzin oder Paraffinöl statt Heptan verwenden

Fortsetzung: Struktur-Eigenschafts-Beziehungen: Van-der-Waals-Kräfte als intermolekulare Wechselwirkungen im Kontext von Struktur und Eigenschaften (Schmelz- oder Siedetemperaturen, Löslichkeit) (GK+LK)	Fortsetzung: Löslichkeit	„Floating Squares“: Orientierung eines einseitig mit Bleistift bemalten Papiers an der Wasser/Hexan- bzw. Wasser/Tetrachlormethan-Grenzfläche		◦ [833], [834], [835] V	als Heimexperiment mit Waschbenzin, Öl, Aceton o. ä. denkbar
	Polarisierbarkeit von Alkanen, Essigsäure und Estern	Ablenkung von Flüssigkeitsstrahlen am geladenen Kunststoffstab		◦ [630] V ◦ [802] V	◦ [630] Wechselwirkung zwischen aufgeladenem Hartgummistab und Wasser-/Heptan-Strahl ◦ [802] Wechselwirkung zwischen aufgeladenem Hartgummistab und Ethanol-/Benzin-/Ethansäure-/Sonnenblumenöl-/Decan-/Tetradecan-/Methansäureamethylester-/Ethansäureethylester-/Ethansäurebutylester-Strahl
Vollständige Oxidation: Verbrennungsreaktion einschließlich Oxidationszahlen und Nachweis von Kohlenstoffdioxid und Wasser (GK+LK)	Qualitative Elementaranalyse: Kohlenstoff und Wasserstoff	Verbrennung von Kerzenwachs (Paraffin und ggf. Stearin)	◦ [9] S. 19f. ◦ [182] S. 14 (Versuch 12+13) ◦ [184] S. 18 (3.5.1)	◦ [397] V ◦ [415] V	◦ Herstellung von Kalkwasser für Heimexperimente in [184] S. 9 oder [291] S. 11 ◦ [9] nur Nachweis von Kohlenstoffdioxid ◦ [182], [184], [397] Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid
		Verbrennung von Methan		◦ [808] V	inkl. Eigenschaften von Methan: Dichte im Vergleich zu Luft, Brennbarkeit
		Verbrennung von Butan (Feuerzeuggas)		◦ [618] V ◦ [620] V	◦ [618] Feuerzeugflamme; Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid ◦ [620] Feuerzeuggas; nur Nachweis von Wasser
		Verbrennung von Isobuten		◦ [681] V	◦ inkl. Nachweis von Wasser und Kohlenstoffdioxid ◦ Vergleich mit Verbrennung von Wasserstoff
Reaktionstypen und Reaktionsmechanismen: radikalische Substitution am Alkan sowie elektrophile Addition von Molekülen des Typs X ₂ an eine C-C-Mehrfachbindung (Nachweis der C-C-Doppelbindung mit Brom) (GK+LK)	Radikalische Substitution am Alkan	Reaktion von <i>n</i> -Heptan mit Brom		◦ [409] V ◦ [634] V ◦ [635] V ◦ [730] V	◦ [409] inkl. Untersuchung des entstehenden Gases mit pH-Papier ◦ [634] Belichtung mit roter, grüner und blauer LED; inkl. Untersuchung des entstehenden Gases mit pH-Papier und auf Reaktion mit Ammoniakdämpfen sowie Untersuchung der Reaktionslösung (nach Ausschütteln mit Wasser) durch Silbernitrat- und Beilsteinprobe

Fortsetzung: Reaktionstypen und Reaktionsmechanismen: radikalische Substitution am Alkan sowie elektrophile Addition von Molekülen des Typs X ₂ an eine C-C-Mehrfachbindung (Nachweis der C-C-Doppelbindung mit Brom) (GK+LK)	Fortsetzung: Radikalische Substitution am Alkan	Fortsetzung: Reaktion von <i>n</i> -Heptan mit Brom			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [635] Vergleich zwischen An- und Abwesenheit von Iodkristallen bei Belichtung mit blauer LED; inkl. Untersuchung des entstehenden Gases mit pH-Papier und auf Reaktion mit Ammoniakdämpfen ◦ [730] Vergleich zwischen belichtetem und unbelichtetem Ansatz
		Reaktion von <i>n</i> -Heptan und <i>n</i> -Octan mit Brom		◦ [787] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ inkl. Untersuchung des Reaktionsprodukts mit Universalindikator und Silbernitrat-Lösung ◦ leider werden das Produkt Bromwasserstoff und der Mechanismus benannt
	Elektrophile Addition von Brom an eine C-C-Mehrfachbindung	Reaktion von Hex-1-en bzw. <i>n</i> -Heptan mit Bromwasser		◦ [606] V	
		Reaktion von Ethen bzw. Ethan mit Bromwasser		◦ [784] V	
		Reaktion von Cyclohexen bzw. Cyclohexan mit Bromwasser		◦ [499] V	
Qualitativer Nachweis von C-C-Mehrfachbindungen	BAEYER-Probe mit Hexan bzw. Hexen		◦ [466] V		
Erweiterte Betrachtungen der C-C-Mehrfachbindung: <i>cis-trans</i> -Isomerie, induktive Effekte in Bezug auf Additionsreaktionen, Reaktionstyp und Reaktionsmechanismus der elektrophilen Addition von Molekülen des Typs HX (MARKOVNIKOV-Regel), Reaktionstyp der Eliminierung (LK)	<i>cis-trans</i> -Isomerie	Isomerisierung von Maleinsäure		◦ [613] V	
		Wasserlöslichkeit von Malein- und Fumarsäure		◦ [448] V	
	Elektrophile Addition von Molekülen des Typs HX				
	Eliminierung	Herstellung von Ethen durch Reaktion von Ethanol mit konzentrierter Schwefelsäure		◦ [778] V	inkl. Bromwasserprobe
Herstellung von Isobuten durch Reaktion von 2-Methylpropan-2-ol mit konzentrierter Schwefelsäure			◦ [612], [621], [622], [623] V	inkl. Bromwasserprobe und Untersuchung der Brennbarkeit und Löslichkeit in <i>n</i> -Heptan	

Vereinfachtes Orbitalmodell: σ - und π -Bindung, sp^3 -, sp^2 - und sp -Hybridisierung (Hybridisierung der Kohlenstoffatome) (LK)					
Benzen (Benzol): Eigenschaften und Bindungsverhältnisse auf Basis des Mesomeriemodells und des vereinfachten Orbitalmodells (LK)	Aromastoffe	Extraktion eines ätherischen Öls aus Nelken	◦ [154], [155]		
	pH-Wert, Säurestärke	Säurestärke von Cyclohexanol, Phenol und Pikrinsäure		◦ [780] V	
Elektrophile Substitution: Reaktionstyp und Reaktionsmechanismus (Mechanismus der Bromierung) (LK)	Vorversuch	Reaktion von Toluol und Cyclohexen mit Brom		◦ [500] V	
	Elektrophile Substitution	Bromierung von Benzol		◦ [591] V	◦ inkl. Untersuchung des gasförmigen Reaktionsproduktes durch Bromthymolblau- und Silbernitrat-Lösung ◦ Eisenfeilspäne als Katalysator
		Bromierung von Toluol unter KKK-Bedingungen		◦ [707] V	Vergleich zwischen Ansatz mit und ohne Eisen(III)-chlorid als Katalysator

Q1.2 Alkanole und Carbonylverbindungen

Tabelle 21: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q1.2 Alkanole und Carbonylverbindungen“ der Q1.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation]; [vertonte Videos mit Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Übersicht über die Substanzklasse der Alkanole: Nomenklatur, homologe Reihe, Konstitutionsisomerie, Struktur-Eigenschafts-Beziehungen im Zusammenhang mit Dipol-Dipol-Wechselwirkungen und Wasserstoffbrücken (Schmelz- oder Siedetemperaturen, Löslichkeit) (LK/GK)	Siedetemperatur	Siedetemperatur von Ethanol	◦ [8] S. 368 (Exp. 1)	◦ [735] V	[8] Spiritus statt Ethanol verwenden; erfordert Thermometer; zusätzlich: Dichtebestimmung
		Verdunstung von Ethanol im Vergleich mit Wasser	◦ [8] S. 368 (Exp. 2)		◦ Spiritus statt Ethanol verwenden ◦ erfordert Thermometer
	Schmelztemperatur	Butan-1-ol und <i>tert</i> -Butanol auf Eis		◦ [503] V	
	Löslichkeit	Löslichkeit in Wasser bzw. Benzin	◦ [8] S. 368 (Exp. 3)	◦ [797] V ◦ [803] V	◦ [8], [797] nur Ethanol; [8] Benzin oder Paraffinöl statt Heptan und Spiritus statt Ethanol verwenden; Achtung: Mischbarkeit von Spiritus in Heptan/Benzin unterscheidet sich ggf. von der des Ethanols ◦ [803] Methanol, Propan-1-ol, Pentan-1-ol
		Löslichkeit in Wasser		◦ [404] V ◦ [614] V	Ethanol, Propan-1-ol, Butan-1-ol, Pentan-1-ol
		Mischbarkeit von Alkanolen mit Wasser und <i>n</i> -Heptan		◦ [443] V	Methanol, Decan-1-ol, Cyclohexanol, Glucose
		Mischbarkeit von Alkanolen mit Wasser und Cyclohexan		◦ [775] V	◦ Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, <i>tert</i> -Butanol, Butan-1-ol, Pentan-1-ol ◦ zur besseren Sichtbarkeit wird etwas Kupfersulfat im Wasser bzw. etwas Iod im Cyclohexan gelöst
		Wasser, Ethanol und Benzin als Lösungsmittel	◦ [15] S. 149		Spiritus statt Ethanol verwenden
Wasser und Ethanol bzw. Spiritus als Lösungsmittel	◦ [6] S. 46-48 (Versuch 10) + S. 51f. (Versuch 12 b)	◦ [624] V	◦ [6] Fett bzw. Permanentmarker in Wasser bzw. Spiritus; Schnapsgläser o. ä. statt Reagenzgläsern verwenden; Versuch 10: Erwärmen auf einem Stövchen, falls erforderlich		

Fortsetzung: Übersicht über die Substanzklasse der Alkanole: Nomenklatur, homologe Reihe, Konstitutionsisomerie, Struktur-Eigenschafts-Beziehungen im Zusammenhang mit Dipol-Dipol-Wechselwirkungen und Wasserstoffbrücken (Schmelz- oder Siedetemperaturen, Löslichkeit) (LK/GK)	Fortsetzung: Löslichkeit	Fortsetzung: Wasser und Ethanol bzw. Spiritus als Lösungsmittel			◦ [624] Öl in Wasser bzw. Ethanol, Ethanol in Wasser, <i>n</i> -Pentan in Wasser bzw. Ethanol
	Brennbarkeit	Brennbarkeit von Ethanol		◦ [625] V ◦ [781] V ◦ [821] V	◦ [625], [781] inkl. Nachweis von Kohlenstoffdioxid und Wasser ◦ [821] Brennender Geldschein
		Brennbarkeit von Methanol		◦ [741] V ◦ [795] V	◦ [741] katalytische Verbrennung von Methanol: Der oszillierende Platindraht ◦ [795] Stichwort: vollständige Verbrennung
		Verbrennung von Methanol und Ethanol im Vergleich		◦ [487] V	Stichwort: vollständige vs. unvollständige Verbrennung
		Verbrennung von Methanol, Propan-1-ol und Pentan-1-ol im Vergleich		◦ [817] V	Stichwort: vollständige vs. unvollständige Verbrennung
		Blitze unter Wasser: Oxidation von Ethanol im Zweiphasensystem mittels schwefelsaurer Kaliumpermanganat-Lösung		◦ [772] V	
		Oberflächenspannung	Oberflächenspannung von Ethanol	◦ [6] S. 45f. (Versuch 9 b)	
	Konstitutionsisomere	Vergleich des Flamm-/Siedepunkts von Butan-1-ol und Diethylether		◦ [739] V	
Reaktionstyp der nucleophilen Substitution: Reaktionsgleichungen zwischen Hydroxidionen und Halogenalkanen einschließlich Nachweis der Halogenide mit Silbernitrat (LK/GK)	Nucleophile Substitution	Alkoholsynthese durch Reaktion von 2-Brompropan bzw. 2-Brom-2-methylpropan mit Kalilauge		◦ [646] V	inkl. Silbernitratprobe

Partielle Oxidation: Redox-Reaktionen primärer und sekundärer Alkanole im Unterschied zu tertiären Alkanolen einschließlich der Anwendung von Oxidationszahlen (Oxidation mittels Kupfer(II)-oxid, Permanganationen) (LK/GK)	Oxidation mittels Kupfer(II)-oxid	Oxidation von Ethanol		◦ [742] V ◦ [776] V	
		Oxidation von Methanol		◦ [779] V	inkl. Schiffscher Probe
		Oxidation von Propan-1-ol und Propan-2-ol (vs. 2-Methylpropan-2-ol)		◦ [628] V	
	Oxidation mittels alkalischer Kaliumpermanganat-Lösung	Oxidation von Propan-1-ol und Propan-2-ol (vs. 2-Methylpropan-2-ol)		◦ [489] V ◦ [773] V	
		Oxidation von Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol und Cyclohexanol		◦ [502] V	
	Oxidation mittels schwefelsaurer Kaliumdichromat-Lösung	Oxidation von Ethanol (Atemalkoholbestimmung)		◦ [729] V ◦ [774] V	
		Oxidation mittels Luftsauerstoff (enzymkatalysiert)	Essigherstellung aus Weißwein	◦ [138], [139]	
Mehrwertige Alkanole: Nomenklatur, Struktur (Ethanol, 1,2-diol, Propan-1,2,3-triol) (LK/GK)	Eigenschaften	Viskositäten ein- und mehrwertiger Alkohole: Ethanol, Ethan-1,2-diol, Propan-1,2,3-triol		◦ [627] V	
	Glycerin (Propan-1,2,3-triol)	Verhalten des Glycerins gegenüber feuchter Luft	◦ [15] S. 152 (Station 1)		◦ erfordert Glycerin ◦ Genauigkeit der Haushaltswaage ggf. unzureichend
		Wirkung des Glycerins auf die Gefrier-temperatur des Wassers	◦ [6] S. 164f. (Versuch 39) ◦ [15] S. 152 (Station 2)		erfordert Glycerin, Einwegpipetten oder -spritzen, Reagenzgläser und Thermometer
		Lösungsverhalten des Glycerins im Vergleich zu anderen Flüssigkeiten	◦ [15] S. 153 (Station 5)		◦ erfordert Glycerin ◦ Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen (Spiritus, Waschbenzin, ...)
		Glycerin als Weichmacher: Stärkefolie	◦ [6] S. 161f. (Versuch 38)		◦ erfordert Glycerin und Einwegspritzen ◦ Erhitzen mit Stövchen oder Herdplatte statt Brenner

Übersicht über die Substanzklasse der Alkanale: Strukturmerkmal der Aldehydgruppe einschließlich des Nachweises der reduzierenden Wirkung (FEHLING-Probe mit Reaktionsgleichung) (LK/GK)	Schiffsche Probe	Nachweis von Methanal		◦ [779] V	zunächst Oxidation von Methanol mittels Kupfer(II)-oxid	
		Nachweis von Ethanal		◦ [421] V		
		Nachweis von Propanal		◦ [481] V	Untersuchung von Propanol, Propanal, Propanon und Propansäure mit Schiffs-Reagenz	
	FEHLING-Probe	Klassische FEHLING-Probe			◦ [490] V ◦ [611] V	◦ [490] Propanal und Propanon ◦ [611] Propanal, Propanon und Glucose
		FEHLING-Probe mit Kupfersulfat und Waschsoda	◦ [48] Versuch 1 oder [278], [308] Aufgabe 1 ◦ [291] S. 16-18 (Experiment 2) + S. 59 (Experiment 47)			◦ erfordert Kupfersulfat ◦ [48], [278], [308] Glucose und zuckerhaltige Nahrungsmittel; jeweils ohne Teilversuch mit Eiklar ◦ [291] Experiment 2: Saccharose, Fructose, Lactose, Glucose und Süßstoffe ◦ [291] Experiment 47: Kartoffel ◦ kann man z. B. auch mit Gummibären durchführen (in Anlehnung an [379] S. 5-7)
		FEHLING-Probe mit Kupfer(II)-Ionen und Natron	◦ [270] Versuch 1+4			◦ Glucose, Saccharose und eine weitere Zuckersorte ◦ erfordert dünnen Kupferdraht
		FEHLING-Probe mit Kupfersulfat, Rohrreiniger und Weinsäure	◦ [292] S. 126f. (Experiment 88)			◦ verschiedene Zucker ◦ erfordert Kupfersulfat und Weinsäure
TOLLENS-Probe	Nachweis reduzierender Zucker mit TOLLENS-Reagenz	◦ [291] S. 19f. (Experiment 4) oder [292] S. 128 (Experiment 89)		◦ [616] V	◦ [291], [292] Untersuchung von Zuckern; erfordert Ammoniak-Lösung (z. B. Salmiak-Geist) und Silbernitrat-Kaliumnitrat-Ätztift/-stäbchen; Erwärmen mit Wasserbad statt Spirituslampe ◦ [616] Propanal und Glucose	
Übersicht über die Substanzklasse der Alkanone: Strukturmerkmal der Ketongruppe (LK/GK)	Löslichkeit	Löslichkeit von Aceton in Wasser, Ethanol und Heptan		◦ [426] V		
		Aceton als Lösungsmittel	◦ [6] S. 200 (Versuch 48 a)		Löslichkeit von Nagellack, Polystyrol (Schaum und Becher) und Legobausteinen in Aceton vs. Spiritus	

Reaktionsmechanismus der nucleophilen Substitution einschließlich Differenzierung nach S_N1 und S_N2 (Einfluss induktiver und sterischer Effekte, Alkylolation als Nucleophil) (LK)	Alkoholatbildung durch Reaktion mit Natrium	Reaktion von Natrium mit Ethanol		◦ [579] V	inkl. Knallgasprobe und Untersuchung mit Bromthymolblau
		Reaktion von Natrium mit Methanol, Ethanol, Propan-1-ol und Butan-1-ol		◦ [782] V	inkl. Knallgasprobe und Untersuchung mit Phenolphthalein
	Williamson-Ethersynthese	Synthese von Diethylether durch Reaktion von Ethanol mit Natrium und Bromethan		◦ [783] V	inkl. Entzünden des aufgereinigten Reaktionsproduktes
Nucleophile Addition an die Carbonylgruppe: Hydratisierung, Halbacetal- und Acetalbildung (LK)					
Bindungsverhältnisse der Carbonylgruppe (LK)					

Q1.3 Alkansäuren und ihre Derivate

Tabelle 22: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q1.3 Alkansäuren und ihre Derivate“ der Q1.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Übersicht über die Substanzklasse der Carbonsäuren: Nomenklatur, homologe Reihe, Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (Schmelz- oder Siedetemperaturen, Löslichkeit) (LK/GK)	Essigsäure	Essigherstellung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [18] S. 97 (V1) oder [20] S. 389 (V1) ◦ [138], [139] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [18], [20] aus vergorenem Traubensaft durch Oxidation an der Luft; erfordert pH-Papier; zum Vergären ggf. [18] S. 68 (V1) oder [20] S. 354 (V1) verwenden ◦ [138], [139] aus Weißwein durch Oxidation an der Luft
		Vergleich: Reine Säure vs. wässrige Lösung		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [607] V ◦ [807] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [607] Verhalten gegenüber Magnesium und Lackmuspulver ◦ [807] elektrische Leitfähigkeit, Färbung von trockenem pH-Papier, Verhalten gegenüber Magnesium (inkl. Knallgasprobe)
		Unterscheidung von Haushaltsessig und Essigessenz	◦ [15] S. 173		erfordert Calciumcarbonat/Kalkstein
	Struktur-Eigenschafts-Beziehungen	Löslichkeit von Essigsäure und Ölsäure in Wasser bzw. Benzin		◦ [429] V	
Acidität im Zusammenhang mit polaren Bindungen und induktiven Effekten, Mesomeriemodell am Beispiel des Carboxylations (LK/GK)	Acidität verschiedener Alkansäuren	Vergleich der Acidität von Methan-, Ethan- und Propansäure		◦ [617] V	Untersuchung mit pH-Papier und pH-Meter sowie Reaktion mit Magnesiumspänen
Derivate der Monocarbonsäuren: Struktureller Aufbau von Hydroxy- und Aminosäuren (LK/GK)					

Substanzklasse der Carbonsäureester: Nomenklatur, Reaktionstypen und Reaktionsmechanismen der Esterbildung (Kondensation) sowie der alkalischen Hydrolyse (LK/GK)	Eigenschaften von Carbonsäureestern	Wasserlöslichkeit von Essigsäureethylester im Vergleich zu Essigsäure und Ethanol		◦ [488] V		
		Polarisierbarkeit: Ablenkung von Flüssigkeitsstrahlen am geladenen Kunststoffstab		◦ [802] V	Wechselwirkung zwischen aufgeladenem Hartgummistab und Ethanol-/Benzin-/Ethansäure-/Sonnenblumenöl-/Decan-/Tetradecan-/Methansäureamethylester-/Ethansäureethylester-/Ethansäurebutylester-Strahl	
	Veresterung	Herstellung von Essigsäureethylester	◦ [8] S. 386 (Exp. 24) ◦ [167]	◦ [610] V ◦ [791] V	◦ [8], [167] erfordern Natrium-/Kaliumhydrogensulfat; fraglich, ob Experiment mit Essigessenz und Spiritus statt Eisessig und Ethanol funktioniert; Stopfen und seitlichen Ansatz durch Knete und Strohhalm ersetzen ◦ [610] Untersuchung des Reaktionsproduktes auf Löslichkeit in Wasser bzw. Heptan ◦ [791] Untersuchung des Reaktionsproduktes mit Watesmo-Papier, auf Verhalten in Wasser und bei Zugabe von Styropor	
	Alkalische Esterhydrolyse	Alkalische Hydrolyse von Methansäuremethylester			◦ [642] V	Verfolgung der Reaktion durch Zugabe von Bromthymolblau
		Alkalische Hydrolyse von Ethansäureethylester			◦ [818] V	Verfolgung der Reaktion durch Zugabe von Phenolphthalein
		Verseifung von Butter mit Natronlauge			◦ [626] V	Vergleich von zwei Ansätzen (mit bzw. ohne Erhitzen) hinsichtlich Schaumbildung nach Mischen mit Wasser
		Verseifung von Fett mit Rohrreiniger	◦ [130], [131] ◦ [205] Versuch 1			◦ [130], [131] Kokosfett; inkl. Untersuchung der Schaumbildung und des pH-Werts ◦ [205] Butter; inkl. Untersuchung der Schaumbildung
		Kaltverseifung von Fetten und (fetten) Ölen mit Natronlauge	◦ [34] ◦ [112] ◦ [198], [199]		◦ [702] V	Heimexperimente erfordern Ätznatron und Schutzbrille

Di- und Tricarbonsäuren: Struktur, Verwendung, Eigenschaften und Reaktionen (Oxal- und Zitronensäure) (LK)	Oxalsäure	Oxalsäure Lebensmitteln: Reaktion von Calciumionen und Oxalsäure	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] S. 249f. (Versuch 58) ◦ [267] S. 27f. (V5) ◦ [287] ◦ [291] S. 90 (Experiment 81) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [267] Rhabarbersaft mit Calcium-Brausetablette ◦ [287] Rhabarbersaft mit calciumreichem Mineralwasser ◦ [291] Spinat und Rhabarber mit Kalkwasser (Herstellung in [184] S. 9 oder [291] S. 11)
		Reaktion von Oxalsäure mit Permanganat		◦ [494] V	Einfluss der Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit
	Zitronensäure	Kalkentfernung mit Zitronensäure	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [150], [151] ◦ [267] S. 14-16 (V2a+b) ◦ [291] S. 146 (Experiment 135) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [150], [151] Entkalken mit Zitronensäure ◦ [267] Heißentkalken; erfordert Calciumcarbonat ◦ [291] Eierschale; inkl. Sättigung mit Soda
		Polykondensation von Zitronensäure und Glykol	◦ [152], [153]		
		Polykondensation von Zitronensäure und Glycerin	◦ [61] Versuch 5		erfordert Glycerin
		Polykondensation von Zitronensäure (Herstellung von Polyzitrat)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [11] S. 36 ◦ [116], [125] 		
		Polykondensation von Zitronensäure und Rizinusöl	◦ [369]		erfordert Rizinusöl; Stövchen oder Herdplatte statt Brenner verwenden
		Polykondensation von Zitronensäure und Sorbit	◦ [293] S. 44f.		erfordert Sorbit
Bindungsverhältnisse der Carboxygruppe: Vereinfachtes Orbitalmodell, Hybridisierung des Kohlenstoffatoms und der Sauerstoffatome, delokalisiertes π -Elektronensystem des Carboxylations (LK)					

Q1.4 Seifen

Tabelle 23: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q1.4 Seifen“ der Q1.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Herstellung von Seife durch alkalische Hydrolyse (LK/GK)	Heißverseifen	Verseifung von Butter mit Natronlauge		◦ [626] V	Vergleich von zwei Ansätzen (mit bzw. ohne Erhitzen) hinsichtlich Schaumbildung nach Mischen mit Wasser
		Verseifung von Fett mit Rohrreiniger	◦ [130], [131] ◦ [205] Versuch 1		◦ [130], [131] Kokosfett; inkl. Untersuchung der Schaumbildung und des pH-Werts ◦ [205] Butter; inkl. Untersuchung der Schaumbildung
	Kaltverseifen	Kaltverseifung von Fetten und (fetten) Ölen mit Natronlauge	◦ [34] ◦ [112] ◦ [198], [199]	◦ [702] V	Heimexperimente erfordern Ätznatron und Schutzbrille
Es ist sinnvoll, die folgenden Experimente mit Kernseife o. ä. und nicht mit Spülmittel oder Flüssigseifen durchzuführen.					
Aufbau von Seifen und Zusammenhänge zwischen Struktur und Eigenschaften: Emulgator, pH-Wert, Grenzflächenaktivität und Oberflächenspannung des Wassers (LK/GK)	Emulgator	Emulgatorwirkung von Seifen auf Emulsionen von Wasser und Öl	◦ [6] S. 230-232 (Versuch 56) ◦ [7] S. 111f. + S. 116 ◦ [11] S. 70 (Station 5) ◦ [13] S. 285 (V3) ◦ [18] S. 387 (V5) ◦ [132], [133] Teil c) ◦ [165] C – Gem 1b ◦ [183] S. 8 (Versuch 5)	◦ [608] V	◦ [6], [13], [183] Sudanrot durch Paprikapulver ersetzen ◦ [18] erfordert Einwegpipette
	pH-Wert	Alkalität von Seifen	◦ [11] S. 71 (Station 6) ◦ [291] S. 197 (Experiment 189)		[11] Rotkohlsaft statt Phenolphthalein-Lösung und ggf. pH-Papier verwenden
	Oberflächenspannung	Oberflächenspannung von Wasser	◦ [7] S. 106f. ◦ [8] S. 265 (Exp. 1) ◦ [10] S. 149 ◦ [13] S. 288 (Aufgabe 2)	◦ [683] V	◦ [7] Wasserberg und schwimmende Gegenstände ◦ [8], [10] schwimmende Büroklammer; [10] erfordert Lupe

Fortsetzung: Aufbau von Seifen und Zusammenhänge zwischen Struktur und Eigenschaften: Emulgator, pH-Wert, Grenzflächenaktivität und Oberflächenspannung des Wassers (LK/GK)	Fortsetzung: Oberflächenspannung	Fortsetzung: Oberflächenspannung von Wasser	◦ [183] S. 7 (Versuch 2)		◦ [13], [183], [683] Wasserberg; [183] erfordert Einwegpipette
		Einfluss von Seifen auf die Oberflächenspannung von Wasser	◦ [7] S. 108 ◦ [14] S. 147 ◦ [18] S. 387 (V2+V3) ◦ [132], [133] Teil b) ◦ [178] ◦ [260] S. 308 (V1) ◦ [283] S. 26f.	◦ [672] V	◦ [7], [132], [133], [178], [672] schwimmende und sinkende Büroklammer ◦ [14], [18] schwimmende und sinkende Gegenstände und Wasserberge ◦ [260] schwimmende und sinkende Büroklammern und Korken ◦ [283] Bootsfahrt ohne Motor
	Grenzflächenaktivität	Verdrängung von Pfeffer auf der Wasseroberfläche	◦ [7] S. 109f. ◦ [11] S. 70 (Station 3) ◦ [18] S. 386 (V1) ◦ [132], [133] Teil a) ◦ [183] S. 7 (Versuch 3, Variante 1)		
		Modellexperiment zur Anordnung von Tensiden an der Wasseroberfläche	◦ [355]		erfordert Stearinsäure (kann ggf. durch Kerzenwachs ersetzt werden)
		Vulkan unter Wasser	◦ [7] S. 113f. ◦ [18] S. 387 (V4) ◦ [183] S. 7 (Versuch 3, Variante 3) ◦ [259] S. 24f. (Lerngruppe 2)		◦ [18] kleines Schnapsfläschchen o. ä. verwenden ◦ [183] Anfärben mit Paprikapulver statt Sudanrot
Waschvorgang: Dispergiervermögen und Micellbildung, Beeinflussung der Waschwirkung, Bildung von Kalkseifen	Benetzungsvermögen	Wasser versus Seifenlösung auf Textilien	◦ [11] S. 70 (Station 4) ◦ [183] S. 8 (Versuch 4, Variante 1)	◦ [728] V	◦ [11] Samt ◦ [728] Nylon
		Wasser versus Seifenlösung auf eingefetteter Glasplatte oder Nylon	◦ [18] S. 388 (V7)		
		Wasser versus Seifenlösung auf (Zeitung-)Papier	◦ [183] S. 8 (Versuch 4, Variante 2)		
		Orangenschale im Zweiphasensystem von Öl und Wasser	◦ [233], [236] Experiment 1D		
	Dispergiervermögen	Schmutztragevermögen von Seifenlösungen	◦ [57] S. 338 (Experiment 13.07) ◦ [183] S. 8 (Versuch 6) ◦ [203]	◦ [726] V	◦ [57] erfordert Aktivkohle; ggf. durch gemörserte Kohletabletten oder Holzkohlepulver ersetzen ◦ [291] ggf. anschließende Filtration

Fortsetzung: Waschvorgang: Dispergiervermögen und Micellbildung, Beeinflussung der Waschwirkung, Bildung von Kalkseifen	Fortsetzung: Dispergiervermögen	Fortsetzung: Schmutztragevermögen von Seifenlösungen	◦ [291] S. 195 (Experiment 185)		
		Fleckenentfernung	◦ [11] S. 69 (Station 1) ◦ [26] S. 125f. (Versuch 92) ◦ [247] Aufgabe 1		
	Nachteile von Seifen	Kalkseifenbildung	◦ [11] S. 71 (Station 7) ◦ [18] S. 445 (V4) oder [20] S. 419 (V4) ◦ [259] S. 25-27 (Lerngruppe 3) ◦ [291] S. 195-197 (Experiment 186+188)	◦ [449] V ◦ [653] V	◦ [11] Vergleich von Kernseife und Spülmittel; Mineralwasser mit hohem Calcium- und Magnesiumgehalt statt Calcium- und Magnesiumchloridlösung ◦ [18], [20] Seifenlösung ◦ [259] Vergleich von Kern- und Creme-seife ◦ [291] Experiment 186: Vergleich von Seifenlösung, Spülmittel und Vollwaschmittel; erfordert Kalkwasser (Herstellung in [291] S. 11) ◦ [291] Experiment 188: Vergleich von Seifen mit und ohne EDTA
		Kalkseifenbildung und Bildung schwerlöslicher Fettsäuren	◦ [7] S. 115 ◦ [291] S. 196 (Experiment 187)		◦ [7] erfordert pH-Papier; Mineralwasser mit hohem Calciumgehalt statt Calciumchloridlösung ◦ [291] ggf. Effekt auf Schaumbildung prüfen
		Beeinflussung der Waschwirkung	Einfluss der Temperatur auf die Waschleistung	◦ [228] S. 6-8 (Experiment 1)	
		Waschleistungssteigerung bei Zugabe von Fleckensalz	◦ [228] S. 9-11 (Experiment 2)		◦ Hinweise und Auswertung unter [228] S. 52-54 ◦ erfordert Thermometer und Einwegpipette oder -spritze ◦ Kochfeld statt Magnetrührer und Messbecher statt Messzylinder verwenden

Fortsetzung: Waschvorgang: Dispergiervermögen und Micellbildung, Beeinflussung der Waschwirkung, Bildung von Kalkseifen	Fortsetzung: Beeinflussung der Waschwirkung	Einfluss der Waschmitteldosierung (und Wasserhärte) auf die Wascheinleistung	◦ [228] S. 12-14 (Experiment 3)		◦ Hinweise und Auswertung unter [228] S. 54-58 ◦ erfordert Thermometer und Einwegpipette oder -spritze ◦ Kochfeld statt Magnetrührer und Messbecher statt Messzylinder verwenden
Wasserhärte (permanente, temporäre und Gesamthärte) (LK)	Temporäre Wasserhärte (Carbonathärte)	Zugabe von Natriumcarbonat zum hartem Wasser		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Wasserhärte“
		Einleiten von Kohlenstoffdioxid in Kalkwasser und anschließendes Erhitzen		◦ [676] V	
		Änderung der Leitfähigkeit durch Einleiten von Kohlenstoffdioxid in Kalkwasser		◦ [677] V	
	Wasserenthärtung	Enthärter in Reinigungsmitteln	◦ [62]		
		Wasserenthärtung durch Ionenaustauscher (Zeolithe)	◦ [291] S. 188f. (Experiment 178)		erfordert Kalkwasser (Herstellung in [291] S. 11)
		Wasserenthärtung durch Komplexbildner (EDTA)	◦ [291] S. 196f. (Experiment 188)		
Tee und Wasserhärte	Bildung von Teestein	◦ [102] Experiment ◦ [377] S. 22 + S. 28f. (Versuch 9) ◦ [385] Zusatz für Klasse 9/10		[377] ggf. stilles Mineralwasser mit hohem Calciumgehalt statt Calciumchloridlösung	
<i>Sonstiges</i>	Vergleich von Seifen und synthetischen Tensiden	Untersuchung von Wirkung und Nachteilen	◦ [11] S. 75f.		Verringerung der Oberflächenspannung, Emulgiervermögen, Suspendiervermögen, pH-Wert der Lösung, Reaktion mit hartem Wasser, Reaktion mit verdünnter Essigsäure

Q1.5 Konservierungsstoffe

Tabelle 24: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q1.5 Konservierungsstoffe“ der Q1.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Lebensmittelkonservierung früher und heute (LK/GK)	Konservierungsverfahren im Haushalt	Konservierung durch Salzlösung oder Luftausschluss	◦ [208] Experiment E		
		Konservierung durch Zitronensaft oder Erhitzen	◦ [271] Versuch 3		
		Konservierung durch Ethanol	◦ [6] S. 58f. (Versuch 15)		◦ Vergleich mit Wasser und Luft ◦ Spiritus statt Ethanol und Schnapsgläser statt Reagenzgläser verwenden
	Konservierung durch Schwefeln	Nachweis von Schwefeldioxid in Trockenfrüchten oder Wein	◦ [294] S. 72f. (SCH 1) ◦ [331]		◦ Stövchen (und Untertasse oder Knete) statt Brenner mit Dreifuß (und Stopfen) ◦ Alternative zu Iod-Kaliumiodid-Lösung: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) <u>oder</u> Betaisodona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29) ◦ [331] Herstellung von Iod-Stärke-Papier wie in [294]
Qualitativer Nachweis von Ascorbinsäure als Antioxidans (LK/GK)	Qualitativer Nachweis von Ascorbinsäure als Antioxidans	Nachweis durch Iod-Stärke-Reaktion	◦ [292] S. 115 (Experiment 76) + S. 206 (Experiment 157)		erfordert Ascorbinsäure (z. B. Vitamin C-Pulver oder -Brausetabletten) und Iod-Lösung (siehe [292] S. 205)
		Nachweis durch Reduktion von Eisen(III)-Ionen	◦ [292] S. 114 (Experiment 74)		erfordert Ascorbinsäure (z. B. Vitamin C-Pulver oder -Brausetabletten) und essigsaure Eisen(III)-Ionen-Lösung (siehe [292] S. 101)

Fortsetzung: Qualitativer Nachweis von Ascorbinsäure als Antioxidans (LK/GK)	Enzymatische Bräunung	Einfluss von Vitamin C auf die enzymatische Bräunung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] S. 383 (Aufgabe 5) ◦ [18] S. 105 (V1) oder [20] S. 395 (V1) ◦ [28] S. 17f. (Versuch 6) ◦ [88] Experiment 2 ◦ [146], [147] ◦ [291] S. 56 (Experiment 42) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] unbehandelt vs. Zitronensaft ◦ [18], [20], [28] unbehandelt vs. Ascorbinsäurelösung; erfordert Ascorbinsäure (z. B. Vitamin C-Pulver oder -Brausetabletten) ◦ [88] unbehandelt vs. Leitungswasser vs. Ascorbinsäurelösung vs. Zitronensaft; erfordert Ascorbinsäure (z. B. Vitamin C-Pulver oder -Brausetabletten); ohne Be-gasung mit Sauerstoff ◦ [146], [147] Leitungswasser vs. Ascorbinsäurelösung vs. Multivitaminsaft; er-fordert Ascorbinsäure
Zusatz von Sorbinsäure in Lebensmitteln (LK/GK)	Sorbinsäure als Schimmelschutzmittel	Untersuchung der konservierenden Wirkung von Sorbinsäure	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [28] S. 10 (Versuch 2) oder [294] S. 92 (SO 1) 		destilliertes Wasser vs. Sorbinsäurelösung; erfordert Sorbinsäure
Strukturelle Eigenschaften und quantitative Bestimmung der Ascorbinsäure (LK)					
Verwendung der Parabene: <i>p</i> -Hydroxybenzoesäureester (LK)					
<i>Sonstiges</i>	Antioxidationsmittel	Nachweis von Antioxidationsmitteln durch Iod-Stärke-Reaktion	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [60] 		Herstellung der Iodlösung in [66]

Q2: Naturstoffe und Synthesechemie

Q2.1 Kohlenhydrate und Peptide

Tabelle 25: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q2.1 Kohlenhydrate und Peptide“ der Q2.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Monosaccharide: Glucose, Fructose, Kohlenstoffatome mit Chiralitätszentren, optische Aktivität, D-/L-Konfiguration, Enantiomere, Stereoisomere, Anomere, Strukturdarstellungen nach HAWORTH/FISCHER, FEHLING-Probe mit Aldosen (LK/GK)	Verkohlung von Zuckern / Kohlenhydraten	Der Kohlenstoffpilz		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [431] V ◦ [541] V ◦ [722] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [431] Kondensation des Wasserdampfes an der Becherglaswand gut erkennbar ◦ [541] entsprechendes Arbeitsmaterial unter [558]; allerdings wird das Experiment mit Saccharose durchgeführt, während im AB mit Glucose gearbeitet wird ◦ [722] Wasserdampf gut erkennbar
		Emser Pastillen: Schlangen des Pharao	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [184] S. 15 (3.2.5) ◦ [291] S. 214f. (Experiment 207) ◦ [292] S. 65f. (Experiment 34) 	◦ [532] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [291], [292], [532] Emser Pastillen mit und ohne Zucker im Vergleich ◦ Arbeitsmaterial zu [532] unter [556] ◦ Heimexperimente: ggf. durch Wassernachweis mit Watesmopapier oder durch Kondensation ergänzen (Kohlenhydrate)
		Erhitzen von Zucker, Mehl, Holz und Stärke		◦ [609] V	
	Struktur-Eigenschafts-Beziehungen	Löslichkeit	◦ [57] S. 279 (EXP 11.02)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ im Haushalt verfügbare Zucker testen: Traubenzucker, Rübenzucker, Rohrzucker ◦ Lösungsmittel an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen: Spiritus und (Wasch-)Benzin o. ä.
	Optische Aktivität	Mutarotation von Glucose		◦ [531] V	Arbeitsmaterial unter [555]
	Nachweis reduzierender Zucker mit der FEHLING-Probe	Klassische FEHLING-Probe		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [526] V ◦ [527] V ◦ [611] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [526] Glucose; Arbeitsmaterial unter [549] ◦ [527] Fructose, Glucose und Saccharose; Arbeitsmaterial unter [551]

Fortsetzung: Monosaccharide: Glucose, Fructose, Kohlenstoffatome mit Chiralitätszentren, optische Aktivität, D-/L-Konfiguration, Enantiomere, Stereoisomere, Anomere, Strukturdarstellungen nach HAWORTH/FISCHER, FEHLING-Probe mit Aldosen (LK/GK)	Fortsetzung: Nachweis reduzierender Zucker mit der FEHLING-Probe	Fortsetzung: Klassische FEHLING-Probe			◦ [611] Propanal, Propanon und Glucose
		FEHLING-Probe mit Kupfersulfat und Waschsoda	◦ [48] Versuch 1 oder [278], [308] Aufgabe 1 ◦ [291] S. 16-18 (Experiment 2) + S. 59 (Experiment 47)		◦ erfordert Kupfersulfat ◦ [48], [278], [308] Glucose und zuckerhaltige Nahrungsmittel; jeweils ohne Teilversuch mit Eiklar ◦ [291] Experiment 2: Saccharose, Fructose, Lactose, Glucose und Süßstoffe ◦ [291] Experiment 47: Kartoffel ◦ kann man z. B. auch mit Gummibären durchführen (in Anlehnung an [379] S. 5-7)
		FEHLING-Probe mit Kupfer(II)-Ionen und Natron	◦ [270] Versuch I+4		◦ Glucose, Saccharose und eine weitere Zuckersorte ◦ erfordert dünnen Kupferdraht
		FEHLING-Probe mit Kupfersulfat, Rohrreiniger und Weinsäure	◦ [292] S. 126f. (Experiment 88)		◦ verschiedene Zucker ◦ erfordert Kupfersulfat und Weinsäure
	Nachweis reduzierender Zucker mit der TOLLENS-Probe	Klassische TOLLENS-Probe	◦ [291] S. 19f. (Experiment 4) oder [292] S. 128 (Experiment 89)	◦ [616] V	◦ [291], [292] Untersuchung von Zuckern; erfordert Ammoniak-Lösung (z. B. Salmiak-Geist) und Silbernitrat-Kaliumnitrat-Ätztift/-stäbchen; Erwärmen mit Wasserbad statt Spirituslampe ◦ [616] Propanal und Glucose
	Reduzierende Wirkung von Glucose	Blue Bottle: Redoxreaktion von Methylenblau und Glucose		◦ [544] V ◦ [786] V	Arbeitsmaterial zu [544] unter [547]
		Indigotin Bottle: Redoxreaktion von Indigotin (Indigokarmin) und Glucose	◦ [144], [145]	◦ [543] V	◦ [144], [145] erfordert blaue Lebensmittelfarbe mit Indigotin (E132) ◦ Arbeitsmaterial zu [543] unter [546]
		Red Bottle: Redoxreaktion von Safranin-T und Glucose		◦ [534] V	Arbeitsmaterial unter [559]
		Violett Bottle: Redoxreaktion von Thioacetat und Glucose		◦ [540] V	Arbeitsmaterial unter [564]
		Reaktion mit Permanganat, FEHLING-Probe, TOLLENS-Probe, Reaktion mit Triphenyltetrazoniumchlorid und Blue Bottle		◦ [768] V	

Di- und Polysaccharide: Maltose, Saccharose, Stärke und Cellulose, glycosidi- sche Bindung, reduzierende und nicht-reduzierende Disaccharide, Iod-Stärke- Reaktion (LK/GK)	Saccharose	Züchtung von Zuckerkrystallen (Kan- diszucker)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [26] S. 95f. (Versuch 66) ◦ [33] S. 284-298 ◦ [165] C – Div 2 ◦ [378] S. 28-33 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [26] Erhitzen in einem Topf; Trinkgläser statt Bechergläser verwenden ◦ [165] erfordert Thermometer
		Säurekatalysierte Hydrolyse der glyco- sidischen Bindung: Rohrzuckerinver- sion		◦ [533] V	Arbeitsmaterial unter [557]
		Säurekatalysierte Hydrolyse der glyco- sidischen Bindung: Nachweis mit der FEHLING-Probe		◦ [535] V	Arbeitsmaterial unter [550]
		Säurekatalysierte Hydrolyse der glyco- sidischen Bindung: Herstellung von Kunsthonig	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [89] S. 81-83 + S. 156-158 ◦ [158], [159] ◦ [235], [237] Experi- ment 1 		[235], [237] Ansatz mit und ohne Zitronen- säure; erfordert Thermometer
	Lactose	Milchsäuregärung: Joghurt selbst ge- macht	◦ [12] S. 182		erfordert pH-Papier und Thermometer
	Unterscheidung zwischen reduzierenden und nicht- reduzierenden Disaccha- riden	Klassische FEHLING-Probe mit Maltose, Trehalose, Lactose und Saccharose		◦ [525] V	Arbeitsmaterial unter [548]
	Stärke	Gewinnung von Stärke aus Kartoffeln	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [47] Versuch 2.1 oder [57] S. 300 (EXP 11.13) oder [105] Experiment A oder [259] S. 17f. (Ver- such 4a) oder [271] Vor- bereitung 1 		
	Iod-Stärke-Reaktion: Stärkenachweis in verschiedenen Lebensmitteln	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [40] ◦ [47] Versuch 2+3 ◦ [57] S. 300 (EXP 11.14) ◦ [67] ◦ [105] Experimente B+C ◦ [119], [120] ◦ [208] Experimente A+B ◦ [232], [234] Experi- ment 2A 	◦ [674] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Alternative zu Iod-Kaliumiodid-Lösung: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) <u>oder</u> Betaiso- dona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29) ◦ [40], [67], [674] verschiedene Lebens- mittel ◦ [47], [208], [259], [291] Experiment 41: Kartoffeln ◦ [57] Stärke 	

Fortsetzung: Di- und Polysaccharide: Maltose, Saccharose, Stärke und Cellulose, glycosidische Bindung, reduzierende und nicht-reduzierende Disaccharide, Iod-Stärke-Reaktion (LK/GK)	Fortsetzung: Stärke	Fortsetzung: Iod-Stärke-Reaktion: Stärkenachweis in verschiedenen Lebensmitteln	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [259] S. 19f. (Versuch 4b) ◦ [271] Versuch 1 ◦ [291] S. 29f. (Experimente 15+16) + S. 55 (Experiment 41) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [105] Kartoffeln, Traubenzucker, Sahnesteif, Kartoffelmehl ◦ [119], [120] Speisestärken, Nudeln, Reis und weitere Lebensmittel ◦ [232], [234] Getreide ◦ [271] Kartoffeln, Zucker, Salz, Mehl, Kartoffelmehl ◦ [291] Experiment 15+16: Mehle und andere stärkehaltige Produkte
		Iod-Stärke-Reaktion: Einfluss der Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [18] S. 369 (V1) ◦ [335] 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [529] V ◦ [694] V ◦ [759] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [18], [335] Alternative zu Iod-Kaliumiodid-Lösung: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) <u>oder</u> Betaisodona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29) ◦ [529] Arbeitsmaterial unter [553]
		Iod-Stärke-Reaktion: „Kartoffelpapier“		◦ [530] V	Arbeitsmaterial unter [554]
		Säurekatalysierte Hydrolyse von Stärke	◦ [105] Experiment C	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [538] V ◦ [769] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [105], [769] Untersuchung mit Iod-Stärke-Reaktion ◦ [538] Untersuchung mit Iod-Stärke-Reaktion und FEHLING-Probe; Arbeitsmaterial unter [562]
		Enzymkatalysierte Hydrolyse von Stärke: Amylase im Speichel, in Honig oder in Waschmittel	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [57] S. 343 (EXP 13.11) ◦ [110] ◦ [134], [135] Teil c) ◦ [291] S. 26f. (Experiment 13) + S. 191 (Experiment 181) ◦ [292] S. 146 (Experiment 107) ◦ [370] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Alternative zu Iod-Kaliumiodid-Lösung: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) <u>oder</u> Betaisodona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29) ◦ [57], [134], [135], [291] Experiment 181, [292] Waschmittel ◦ [110], [370] Speichel ◦ [291] Experiment 13: Honig; erfordert Kunsthonig (siehe [291] Experiment 12) ◦ [57] erfordert Thermometer ◦ [134], [135] erfordert Biozym SE
		Säure- und enzymkatalysierte Hydrolyse von Stärke		◦ [652] V	Enzym: Amylase aus dem Speichel
		Nicht-newtonsche Flüssigkeit	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [4] ◦ [18] S. 369 (V2) 		[22] Hintergrundinformationen

Fortsetzung: Di- und Polysaccharide: Maltose, Saccharose, Stärke und Cellulose, glycosidische Bindung, reduzierende und nicht-reduzierende Disaccharide, Iod-Stärke-Reaktion (LK/GK)	Fortsetzung: Stärke	Fortsetzung: Nicht-newtonsche Flüssigkeit	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [256], [257] Auftrag 2 ◦ [378] S. 10-13 		
		Stärkekleister	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 147 ◦ [70] Experiment 2 ◦ [80], [240], [242] Experiment 2 ◦ [160], [161] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Hintergrundinformationen [291] S. 36f. ◦ [7] erfordert Thermometer ◦ [70] ggf. ohne Salicylsäure
		Stärkefolie	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] S. 161f. (Versuch 38) ◦ [11] S. 168 ◦ [20] S. 405 (Praktikum) ◦ [43] S. 28-31 ◦ [57] S. 427 (EXP 17.15) ◦ [208] Experimente C+D ◦ [293] S. 42f. (Variante 2) 	◦ [537] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Glycerin und Einwegpipetten oder -spritzen ◦ [57] inkl. Kompostierbarkeit und Iod-Stärke-Reaktion (für Iod-Kaliumiodid-Lösung: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) oder Betaisodona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29)) ◦ [208] inkl. Kompostierbarkeit ◦ [6], [11], [20], [57] Erhitzen mit Stövchen oder Herdplatte statt Brenner ◦ [537] Arbeitsmaterial unter [561]
		Superabsorber aus Stärke		◦ [539] V	Arbeitsmaterial unter [563]
	Cellulose	Herstellung von Schießbaumwolle (Cellulosenitrat)		◦ [536] V	Arbeitsmaterial unter [560]
		Celluloseabbau durch Cellulasen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [134], [135] Teil b) ◦ [291] S. 190 (Experiment 180) oder [292] S. 148f. (Experiment 110) 		[134], [135] erfordert Biozym SE
	Cellulose und Stärke	Iod-Stärke-Reaktion: Spurensuche – Geldschein vs. Fälschung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [44] Versuch 3 ◦ [75] S. 16-18 (Spur 5) ◦ [303] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [44] erfordert Betaisodona-Lösung ◦ [75] erfordert Betaisodona-Lösung, Geldscheinprüfstift und Schwarzlichttaschenlampe ◦ [303] erfordert Betaisodona-Lösung (statt Lugolscher Lösung), Geldscheinprüfstift und befüllbaren Tuschpinsel
		Geheimtinte aus Zitronensaft (oder anderen säurehaltigen Flüssigkeiten)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 94f. ◦ [378] S. 14-17 		

Aminosäuren: grundlegender struktureller Bau, Eigenschaften proteinogener Aminosäuren, Säure-Base-Eigenschaften, Zwitterion (LK/GK)	Aminosäure-Nachweis	Ninhydrin-Probe		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [659] V ◦ [660] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [659] Glycin ◦ [660] Fingerabdruck
		Xanthoprotein-Reaktion zum Nachweis aromatischer Aminosäuren		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [478] V ◦ [744] V ◦ [819] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [478] Untersuchung von Magerquark ◦ [744] Untersuchung von Eiklar ◦ [819] Baumwolle vs. Schafswolle
	Eigenschaften	Wasserlöslichkeit		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [455] V ◦ [456] V ◦ [737] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [455] Glycin ◦ [456] Phenylalanin ◦ [737] Tyrosin; Beeinflussung der Löslichkeit durch pH-Änderung
		Säure-Base-Eigenschaften: pH-Werte verschiedener Aminosäuren		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [457] V ◦ [662] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [457] Glutaminsäure, Glycin, Alanin, Phenylalanin und Arginin; mit Universalindikator ◦ [662] Asparaginsäure, Glutaminsäure, Alanin, Arginin, Glycin, Leucin und Lysin; mit pH-Meter; erlaubt auch Aussagen zur Wasserlöslichkeit
		Säure-Base-Eigenschaften: Pufferwirkung von Glycin		◦ [588] V	Video ist nicht optimal, aber das einzig verfügbare zu diesem Thema
Peptide: Peptidbindung (LK/GK)	Peptid-Nachweis	BIURET-Reaktion	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [48] Versuch 1.3 ◦ [291] S. 136f. (Experiment 125) oder [292] S. 141 (Experiment 102) ◦ [291] S. 147 (Experiment 136) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [738] V ◦ [771] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Heimexperimente erfordern Kupfersulfat und können z. B. auch mit Gummibären durchgeführt werden (vgl. [379] S. 5-7) ◦ [48], [291] Experiment 136, [738] Eiklar ◦ [291] Experiment 125, [292] Gelatine ◦ [771] Casein
		Hydrolyse von Peptidbindungen	Alkalische Hydrolyse	◦ [85]	◦ [770] V
	Enzymatische Hydrolyse durch Proteasen		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [90] S. 52f. ◦ [123], [124] ◦ [164] ◦ [247] Experiment 2+3 ◦ [259] S. 6-8 (Demonstration 1) ◦ [291] S. 189f. (Experiment 179) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [90] Wirkung von Spülmittel auf Gummibärchen (mit und ohne Gelatine) ◦ [123], [124] Wirkung von Fruchtsäften (frisch, abgekocht) auf Gummibärchen ◦ [164] Wirkung von Fruchtsäften (frisch, eingefroren, abgekocht) auf Gummibärchen, Gelatine und Joghurt

Fortsetzung: Peptide: Peptidbindung (LK/GK)	Fortsetzung: Hydrolyse von Peptidbindungen	Fortsetzung: Enzymatische Hydrolyse durch Proteasen	◦ [292] S. 147f. (Experiment 108+109)		◦ [247] Experiment 2: Wirkung von Fruchtsäften und Colorwaschmittel auf Gummibärchen ◦ [247] Experiment 3: Wirkung von Colorwaschmittel auf Gelatine; untersucht Enzymaktivität in Abhängigkeit von der Zeit ◦ [259] Wirkung von Fruchtsäften auf Gummibärchen ◦ [291] Wirkung von Voll- und Wollwaschmittel auf Gelatine ◦ [292] Experiment 108: Wirkung von Fleckensalz und Vollwaschmittel auf Gelatine; erfordert Kupfersulfat ◦ [292] Experiment 109: Wirkung von Vollwaschmittel auf Gummibärchen
Kohlenhydrate: Keto-Enol-Tautomerie am Beispiel von Fructose, Diastereomere (LK)					
Aminosäuren: isoelektrischer Punkt (LK)					
Peptide: Disulfidbrücken, Übersicht über die Strukturebenen der Proteine (Primär- bis Quartärstruktur) (LK)	Proteindenaturierung	Denaturierung von Eiklar	◦ [121], [122]	◦ [680] V ◦ [712] V ◦ [740] V ◦ [757] V ◦ [816] V	◦ [121], [122] Säure, Salz oder Hitze ◦ [680] Hitze, Säure, Lauge oder Schwermetalle ◦ [712] Säure oder Lauge ◦ [740], [816] Hitze, Säure, Alkohol oder Schwermetalle ◦ [757] Salz, Alkohol oder Hitze
		Denaturierung von Milcheiweiß	◦ [285] S. 10-12 (Demo 2) ◦ [291] S. 143 (Experiment 130)	◦ [632] V	◦ [285] Säure ◦ [291] Säure oder Alkohol ◦ [632] Säure
		Denaturierung von Hefeproteinen durch Schwermetalle	◦ [48] Versuch 2 oder [278], [308] Aufgabe 2 ◦ [270] Versuch 3		◦ Stichwort: Schwermetallvergiftung ◦ [48], [278], [308] erfordern Kupfersulfat ◦ [270] erfordert dünnen Kupferdraht
		Denaturierung der Katalase in Kartoffeln	◦ [20] S. 164 (V3) ◦ [57] S. 321 (EXP 12.11)		◦ erfordert Wasserstoffperoxid-Lösung (alternativ: Kontaktlinsenflüssigkeit)

Fortsetzung: Peptide: Disulfidbrücken, Übersicht über die Strukturebenen der Proteine (Primär- bis Quartärstruktur) (LK)	Fortsetzung: Proteindenaturierung	Fortsetzung: Denaturierung der Katalase in Kartoffeln	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [195] Versuch 2 ◦ [268] ◦ [271] Vorbereitung 1, Versuch 4 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [20], [195], [268], [271] Hitze; [268] Münze in Kerzen- statt Brennerflamme erhitzen ◦ [57] Hitze oder Schwermetalle (Stichwort: Schwermetallvergiftung); erfordert Kupfersulfat
	Enzyme (und ihre Temperaturempfindlichkeit)	Katalase in Kartoffeln	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [20] S. 164 (V3) ◦ [195] Versuch 2 ◦ [256], [257] Auftrag 1 oder [271] Vorbereitung 1, Versuch 4+5 oder [313] Experiment 2 ◦ [268] 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Wasserstoffperoxid-Lösung (alternativ: Kontaktlinsenflüssigkeit) ◦ [20], [195], [268] nativ vs. denaturiert; [268] Münze in Kerzen- statt Brennerflamme erhitzen ◦ [256], [257], [271], [313] Untersuchung verschiedener Temperaturen und Konzentrationen
		Proteasen aus Fruchtsäften, Spül- und Waschmitteln	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [18] S. 156 (V3) ◦ [90] S. 52f. ◦ [123], [124] ◦ [164] ◦ [247] Experiment 2+3 ◦ [259] S. 6-8 (Demonstration 1) ◦ [291] S. 189f. (Experiment 179) ◦ [292] S. 147f. (Experiment 108+109) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [18] Wirkung von verschiedenen Waschmitteln auf Gelatine; Genauigkeit der Haushaltswaage ungenügend: entweder Briefwaage nutzen oder improvisieren (1 TL oder 1 Messerspitze Waschmittel o. ä.) ◦ [90] Wirkung von Spülmittel auf Gummibärchen (mit und ohne Gelatine) ◦ [123], [124] Wirkung von Fruchtsäften (frisch, abgekocht) auf Gummibärchen ◦ [164] Wirkung von Fruchtsäften (frisch, eingefroren, abgekocht) auf Gummibärchen, Gelatine und Joghurt ◦ [247] Experiment 2: Wirkung von Fruchtsäften und Colorwaschmittel auf Gummibärchen ◦ [247] Experiment 3: Wirkung von Colorwaschmittel auf Gelatine; untersucht Enzymaktivität in Abhängigkeit von der Zeit ◦ [259] Wirkung von Fruchtsäften auf Gummibärchen

Fortsetzung: Peptide: Disulfidbrücken, Übersicht über die Strukturebenen der Proteine (Primär- bis Quartärstruktur) (LK)	Fortsetzung: Enzyme (und ihre Temperaturempfindlichkeit)	Fortsetzung: Proteasen aus Fruchtsäften, Spül- und Waschmitteln			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [291] Wirkung von Voll- und Wollwaschmittel auf Gelatine ◦ [292] Experiment 108: Wirkung von Fleckensalz und Vollwaschmittel auf Gelatine; erfordert Kupfersulfat ◦ [292] Experiment 109: Wirkung von Vollwaschmittel auf Gummibärchen
		Amylase im Speichel, in Honig oder in Waschmittel	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [57] S. 343 (EXP 13.11) ◦ [110] ◦ [134], [135] Teil c) ◦ [291] S. 26f. (Experiment 13) + S. 191 (Experiment 181) ◦ [292] S. 146 (Experiment 107) ◦ [370] 	◦ [652] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Alternative zu Iod-Kaliumiodid-Lösung: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) <u>oder</u> Betaisodona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29) ◦ [57], [134], [135], [291] Experiment 181, [292] Waschmittel ◦ [110], [370] Speichel ◦ [291] Experiment 13: Honig; erfordert Kunsthonig (siehe [291] Experiment 12) ◦ [652] Speichel; zusätzlich saure Hydrolyse ◦ [57] erfordert Thermometer ◦ [134], [135] erfordert Biozym SE
		Urease in Sojamehl	◦ [274] Versuch 2		erfordert Sojamehl und Ice-Packs mit Harnstoff (Urea)
Chemie der Haare	Wasserwelle vs. Dauerwelle	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [25] M3-M5 ◦ [249] S. 117 (Versuch 4) ◦ [262] S. 129-133 (Versuch 16) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordern Well- und Fixiermittel sowie Haarsträhnen ◦ [25] für Iod-Kaliumiodid-Lösung: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) <u>oder</u> Betaisodona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29) ◦ [249] Wasser-, Kalt- und Heißwelle 	
<i>Sonstiges</i>	Alkalische Hydrolyse von glycosidischen und Peptidbindungen	Wirkung von „Rohrfrei“ auf organische Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 290 (Exp. 12) ◦ [74] S. 19 (Versuch 2) oder [201] S. 23 (Versuch 20) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Untersuchung von Haaren, Gewebefasern (Wolle, Baumwolle, ...) und Fingernägeln ◦ erfordert Schutzbrille

<i>Fortsetzung: Sonstiges</i>	Tyndall-Effekt	Tyndall-Effekt in einer Gelatine-Lösung	◦ [18] S. 357 (V1)		Gelatine kann mit Haushaltswaage nicht abgewogen werden; stattdessen etwa 1/5 TL oder eine Messerspitze o. ä. verwenden
-------------------------------	----------------	---	--------------------	--	---

Q2.2 Grundlagen der Kunststoffchemie

Tabelle 26: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q2.2 Grundlagen der Kunststoffchemie“ der Q2.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Klassifizierung von Kunststoffen und Zusammenhänge zwischen Struktur und Eigenschaften: Duroplaste, Thermoplaste, Elastomere (LK/GK)	Allgemeine physikalisch-chemische Eigenschaften	Verformbarkeit und Ritzprobe	◦ [57] S. 407 (EXP 17.01)		
		Dichte	◦ [57] S. 407 (EXP 17.03) ◦ [293] S. 13f.		
		Lösemittel-Beständigkeit	◦ [6] S. 200 (Versuch 48 a) ◦ [128], [129] ◦ [293] S. 14f., S. 80, S. 82	◦ [418] V ◦ [442] V	◦ [6] Löslichkeit von Nagellack, Polystyrol (Schaum und Becher) und Legobausteinen in Aceton vs. Spiritus ◦ [128], [129], [418], [442] Löslichkeit von Polystyrol in Aceton ◦ [293] Löslichkeit verschiedener Kunststoffproben in Spiritus, Reinigungsbenzin, Nagellackentferner und Nitro- bzw. Universalverdünner
		Wärmeleitfähigkeit	◦ [293] S. 16f.		erfordert Thermometer
		Brennbarkeit	◦ [293] S. 21-23		
		Verhalten beim Erwärmen	◦ [57] S. 407 (EXP 17.06) ◦ [293] S. 79	◦ [682] V	◦ [293] nur Versuchsteil a) ◦ [682] Wärmeeinwirkung auf ein Gummiband
		Elektrostatische Anziehung	◦ [186] Unterrichtseinheit 2, Aufgabe 1		
	Untersuchung von Joghurtbechern	Vergleich durchsichtiger und weißer Joghurtbecher	◦ [293] S. 104-106		◦ Vergleich von Lösemittelbeständigkeit, Dichte, Brennbarkeit und thermischer Verformbarkeit ◦ erfordert Thermometer
		Formgedächtnis von Joghurtbechern	◦ [269] S. 46f.		

Reaktionstypen zur Verknüpfung von Monomeren zu Makromolekülen: Polykondensation und Mechanismus der radikalischen Polymerisation (LK/GK)	Radikalische Polymerisation	Herstellung von Polystyrol		◦ [483] V		
		Herstellung von Polymethylmethacrylat (PMMA, Acrylglas)		◦ [647] V ◦ [664] V	◦ [647] Herstellung einer PMMA-Scheibe ◦ [664] unterschiedliche Eduktverhältnisse und Temperaturen	
	Anionische Polymerisation	Anionische Polymerisation von Cyanacrylsäureethylester: Fingerabdruck mit Sekundenkleber	◦ [58] S. 3-5 ◦ [59]		[58] Schnappdeckelglas statt tic tac-Dose mit verstärktem Deckel, Wattebausch statt Cellulosevlies	
	Polykondensation	Herstellung von zwei Bakeliten			◦ [497] V	
Herstellung von Polyestern (siehe unten)						
Synthesereaktionen von PE, PVC, Polyester, Polyamide (Nylon) (LK/GK)	Polyester	Polykondensation von Glycerin und Phthalsäureanhydrid (Herstellung von Glycerinphthalat)			◦ [648] V	
		Polykondensation von Zitronensäure und Glykol	◦ [152], [153]			
		Polykondensation von Zitronensäure und Glycerin	◦ [61] Versuch 5			erfordert Glycerin
		Polykondensation von Zitronensäure (Herstellung von Polyzitrat)	◦ [11] S. 36 ◦ [116], [125]			
		Polykondensation von Zitronensäure und Rizinusöl	◦ [369]			erfordert Rizinusöl; Stövchen oder Herdplatte statt Brenner verwenden
		Polykondensation von Zitronensäure und Sorbit	◦ [293] S. 44f.			erfordert Sorbit
	Polykondensation von Milchsäure (Herstellung von Polymilchsäure (PLA))				◦ [484] V	
Polyamide	Grenzflächenkondensation von Nylon			◦ [661] V		
Recycling von Kunststoffen: Prinzip der Zerlegung in Monomere, Einschmelzen von Thermoplasten (LK/GK)	Werkstoffliches Recycling von Thermoplasten	Einschmelzen von Polyethylen	◦ [336]			Stövchen oder Herdplatte statt Brenner mit Dreifuß
	Rohstoffliches Recycling von Thermoplasten	Thermische Depolymerisation von PMMA			◦ [663] V	
Reaktionstyp der Polyaddition am Beispiel der Polyurethane (LK)	Reaktionstyp der Polyaddition am Beispiel der Polyurethane	Polyurethanschäumung			◦ [665] V	

Recycling von Kunststoffen: Hydrolyse von Polykondensaten, Thermolyse von Polymerisaten (LK)	Thermolyse von Polymerisaten	Thermische Depolymerisation von PMMA		◦ [663] V	
Sonstiges	Kompostierung von Biokunststoffen	Untersuchung der biologischen Abbaubarkeit von Stärke-, PLA- und Polystyrol-Folie	◦ [43] S. 55-60		
	Mikroplastik	Mikroplastik in Kosmetikprodukten	◦ [186] Unterrichtseinheit 1		◦ erfordert Lupe und Einwegpipette ◦ Informationen für Lehrer:innen unter [187]
		Trennung von Mikroplastikpartikeln aus Stoffgemischen	◦ [186] Unterrichtseinheit 2, Aufgabe 4		◦ erfordert Lupe ◦ zur Vorbereitung ggf. Aufgaben 1-3 bearbeiten ◦ Informationen für Lehrer:innen unter [187]
	Klebstoffe	Adhäsion und Kohäsion	◦ [70] Experiment 4+5		◦ Hintergründe zu Klebstoffen in [71] ◦ erfordert Glycerin und Objektträger
		Aushärten eines Epoxidharzklebers	◦ [18] S. 327 (V1)		
		Klebstoff aus Stärke	◦ [7] S. 147 ◦ [70] Experiment 2 ◦ [80], [240], [242] Experiment 2 ◦ [160], [161]		◦ Hintergrundinformationen [291] S. 36f. ◦ [7] erfordert Thermometer ◦ [70] ggf. ohne Salicylsäure
		Klebstoff aus Gummibärchen	◦ [70] Experiment 3b		erfordert Thermometer
		Klebstoff aus Gelatine	◦ [70] Experiment 3a ◦ [97] Experiment C1-C3 ◦ [275] Versuch 3		◦ [70] erfordert Thermometer, Glycerin und Einwegpipette oder -spritze ◦ [275] erfordert Glycerin
		Caseinleim	◦ [11] S. 32		erfordert pH-Papier
		Stärke- und Gummibärchenkleber im Vergleich	◦ [196]		
Gelatine-, Gummibärchen-, Zuckerleber und Quarkleim im Vergleich		◦ [80], [240], [242] Experiment 3			
Klebstoffe aus Zitronensäure		◦ [152], [153] ◦ [163] Zusatz ab Klasse 7		◦ [152], [153] Zitronensäure und Glykol (Frostschutzmittel)	

<i>Fortsetzung: Sonstiges</i>	Fortsetzung: Klebstoffe	Fortsetzung: Klebstoffe aus Zitronensäure			◦ [163] Zitronensäure mit Glycerin oder verschiedenen Zuckern (z. B. Traubenzucker, Fruchtzucker oder normaler Haushaltszucker)
		Historische Klebstoffe: Birkenpech-Klebstoff, Harz-Klebstoff und Gelatineleim	◦ [275]		erfordert Glycerin, Kolophonium und Bienenwachs

Q2.3 Fette im Alltag

Tabelle 27: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q2.3 Fette im Alltag“ der Q2.

(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation]; [vertonte Videos mit Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Aufbau und Eigenschaften der Fette und Öle (LK/GK)	Eigenschaften von Fetten und Ölen	Löslichkeit von Fetten und Ölen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] S. 46-48 (Versuch 10) ◦ [15] S. 63 + S. 149 ◦ [18] S. 339 (V1) ◦ [26] S. 124f. (Versuch 90) ◦ [57] S. 331 (EXP 13.01) ◦ [291] S. 124 (Experiment 112) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] Löslichkeit von Fett in Wasser bzw. Spiritus; Schnapsgläser o. ä. statt Reagenzgläsern verwenden; Versuch 10: Erwärmen auf einem Stövchen, falls erforderlich ◦ [15] S. 63: Löslichkeit in Wasser oder Benzin/Paraffinöl (statt Heptan) ◦ [15] S. 149, [18], [57], [291] Löslichkeit in Wasser, Spiritus und Benzin; [15], [18], [57] Spiritus (statt Ethanol) oder Benzin/Paraffinöl (statt Heptan) ◦ [26] Löslichkeit von Butter in Wasser, Spülmittel-Wasser, Spülmittel, Fleckwasser, Reinigungsbenzin
		Polarität und Dichte: Lavalampe	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [90] S. 16f. 		
		Polarität und Wassergehalt: Mikrowellenerwärmung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [61] Versuch 2 ◦ [197] S. 180 (Versuch 21) 		
	Nachweis	Fettfleckprobe	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] S. 27 (V3) ◦ [18] S. 339 (V2) ◦ [33] S. 151-160 ◦ [37] ◦ [171] ◦ [216] ◦ [366] S. 16f. (Experiment 3) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] Pflanzensamen; erfordert Benzin oder Paraffinöl (statt Heptan) ◦ [33], [37], [171], [216] verschiedene Lebensmittel ◦ [366] Kakaobohne

Aufbau von Fettsäuren: gesättigte und ungesättigte Fettsäuren, cis-trans-Isomerie (LK/GK)	Unterscheidung zwischen gesättigten und ungesättigten Fettsäuren	Entfärbung von Iod-Stärke-Lösung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [63] ◦ [291] S. 125 (Experiment 113) 		Herstellung der Iod-Lösung in [66] oder [291] S. 9+29
		Entfärbung von Iod-Lösung	◦ [156], [157]		
		Entfärbung von Bromwasser		◦ [619] V	Untersuchung von Ölsäure, Stearinsäure, Kokosfett und Olivenöl
	Bestimmung der Iodzahl	Iodzahl von Sonnenblumenöl		◦ [467] V	Verbrauch wird nicht genannt, zeigt nur den Ablauf
Herstellung von Margarine: Fetthärtung durch Hydrierung von C-C-Doppelbindungen (LK/GK)	Margarineherstellung	Margarineherstellung im Haushalt	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [166] S. 34 (V8) ◦ [376] 		erfordert Thermometer
Tensidwirkung von Fettsäureanionen (LK)	Emulgatorwirkung	Emulgatorwirkung einer Seifenlösung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] S. 230-232 (Versuch 56) ◦ [13] S. 285 (V3) 		Sudanrot durch Paprikapulver ersetzen
		Emulgatorwirkung von Spülmittel	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 111f. + S. 116 ◦ [132], [133] Teil c) ◦ [165] C – Gem 1b ◦ [183] S. 8 (Versuch 5) 	◦ [608] V	[183] Sudanrot durch Paprikapulver ersetzen
		Emulgatorwirkung von Spülmittel und Gallseife	◦ [291] S. 198 (Experiment 190)		
		Emulgatorwirkung von Spülmittel und Kernseife	◦ [11] S. 70 (Station 5)		
		Emulsionstypen: W/O- oder O/W-Emulsion	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 122f. ◦ [18] S. 81 (V2) oder [20] S. 369 (V2) ◦ [57] S. 338 (EXP 13.07) ◦ [165] C – Gem 2 ◦ [309] S. 44 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7], [18], [20], [309] Untersuchung von Cremeprouben; [7], [18], [20] erfordern Methyleneblau ◦ [57] Herstellung von W/O- und O/W-Emulsionen ◦ [165] Untersuchung verschiedener Emulsionen
	pH-Wert	Alkalität von Seifen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [11] S. 71 (Station 6) ◦ [291] S. 197 (Experiment 189) 		[11] Rotkohlsaft statt Phenolphthalein-Lösung und ggf. pH-Papier verwenden
	Oberflächenspannung	Oberflächenspannung von Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 106f. ◦ [8] S. 265 (Exp. 1) ◦ [10] S. 149 ◦ [13] S. 288 (Aufgabe 2) 	◦ [683] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] Wasserberg und schwimmende Gegenstände ◦ [8], [10] schwimmende Büroklammer; [10] erfordert Lupe

Fortsetzung: Tensidwirkung von Fettsäureanionen (LK)	Fortsetzung: Oberflächenspannung	Fortsetzung: Oberflächenspannung von Wasser	◦ [183] S. 7 (Versuch 2)		◦ [13], [183], [683] Wasserberg; [183] erfordert Einwegpipette
		Einfluss von Tensiden auf die Oberflächenspannung von Wasser	◦ [7] S. 108 ◦ [14] S. 147 ◦ [18] S. 387 (V2+V3) ◦ [132], [133] Teil b) ◦ [178] ◦ [183] S. 7 (Versuch 3, Variante 2) ◦ [260] S. 308 (V1) ◦ [283] S. 26f.	◦ [672] V	◦ [7], [132], [133], [178], [183], [672] schwimmende und sinkende Büroklammer ◦ [14], [18] schwimmende und sinkende Gegenstände und Wasserberge ◦ [260] schwimmende und sinkende Büroklammern und Korken ◦ [283] Bootsfahrt ohne Motor
	Grenzflächenaktivität	Verdrängung von Pfeffer auf der Wasseroberfläche	◦ [7] S. 109f. ◦ [11] S. 70 (Station 3) ◦ [18] S. 386 (V1) ◦ [132], [133] Teil a) ◦ [183] S. 7 (Versuch 3, Variante 1)		
		Modellexperiment zur Anordnung von Tensiden an der Wasseroberfläche	◦ [355]		erfordert Stearinsäure (kann ggf. durch Kerzenwachs ersetzt werden)
		Vulkan unter Wasser	◦ [7] S. 113f. ◦ [18] S. 387 (V4) ◦ [183] S. 7 (Versuch 3, Variante 3) ◦ [259] S. 24f. (Lerngruppe 2)		◦ [18] kleines Schnapsfläschchen o. ä. verwenden ◦ [183] Anfärben mit Paprikapulver statt Sudanrot
	Benetzungsvermögen	Wasser versus Seifenlösung auf Textilien	◦ [11] S. 70 (Station 4) ◦ [183] S. 8 (Versuch 4, Variante 1)	◦ [728] V	◦ [11] Samt ◦ [728] Nylon
		Wasser versus Seifenlösung auf eingefetteter Glasplatte oder Nylon	◦ [18] S. 388 (V7)		
		Wasser versus Seifenlösung auf (Zeitung-)Papier	◦ [183] S. 8 (Versuch 4, Variante 2)		
		Orangenschale im Zweiphasensystem von Öl und Wasser	◦ [233], [236] Experiment 1D		
	Dispergiervermögen	Schmutztragevermögen von Seifenlösungen	◦ [57] S. 338 (Experiment 13.07) ◦ [183] S. 8 (Versuch 6)	◦ [726] V	◦ [57] erfordert Aktivkohle; ggf. durch gemörserte Kohletabletten oder Holzkohlepulver ersetzen

Fortsetzung: Tensidwirkung von Fettsäureanionen (LK)	Fortsetzung: Dispergiervermögen	Fortsetzung: Schmutztragevermögen von Seifenlösungen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [203] ◦ [291] S. 195 (Experiment 185) 		◦ [291] ggf. anschließende Filtration
		Fleckenentfernung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [11] S. 69 (Station 1) ◦ [26] S. 125f. (Versuch 92) ◦ [247] Aufgabe 1 		
Nachteile von Seifen	Kalkseifenbildung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [11] S. 71 (Station 7) ◦ [18] S. 445 (V4) oder [20] S. 419 (V4) ◦ [259] S. 25-27 (Lerngruppe 3) ◦ [291] S. 195-197 (Experiment 186+188) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [449] V ◦ [653] V 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [11] Vergleich von Kernseife und Spülmittel; Mineralwasser mit hohem Calcium- und Magnesiumgehalt statt Calcium- und Magnesiumchloridlösung ◦ [18], [20] Seifenlösung ◦ [259] Vergleich von Kern- und Creme-seife ◦ [291] Experiment 186: Vergleich von Seifenlösung, Spülmittel und Vollwaschmittel; erfordert Kalkwasser (Herstellung in [291] S. 11) ◦ [291] Experiment 188: Vergleich von Seifen mit und ohne EDTA
		Kalkseifenbildung und Bildung schwerlöslicher Fettsäuren	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 115 ◦ [291] S. 196 (Experiment 187) 		
Vergleich von Seifen und synthetischen Tensiden	Untersuchung von Wirkung und Nachteilen	◦ [11] S. 75f.			Verringerung der Oberflächenspannung, Emulgiervermögen, Suspendiervermögen, pH-Wert der Lösung, Reaktion mit hartem Wasser, Reaktion mit verdünnter Essigsäure
Tenside/Emulgatoren in Alltagsprodukten	Saponine in Nüssen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [45] ◦ [191] ◦ [384] 			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [45] Kastanien, Waschnüsse und eine weitere Nuss im Vergleich mit Spül- und Waschmittel; untersucht Schaumbildung, Oberflächenspannung, Waschwirkung ◦ [191] Kastanien und Walnüsse; untersucht Schaumbildung, Oberflächenspannung, Waschwirkung, Seifenblasen

Fortsetzung: Tensidwirkung von Fettsäureanionen (LK)	Fortsetzung: Tenside/Emulgatoren in Alltagsprodukten	Fortsetzung: Saponine in Nüssen			◦ [384] Kastanien im Vergleich mit Waschmittel und Wasser; untersucht Waschwirkung
		Saponine in Haferflocken	◦ [291] S. 66 (Experiment 55)		nur Schaumbildung
		Lecithine in Schokolade und Eigelb	◦ [334] ◦ [366] S. 18-22 (Experiment 4 + Demonstration 2)		◦ [334] untersucht Emulgiervermögen von Ei-Lecithinen; Paprikapulver statt Methylrot verwenden ◦ [366] untersucht Emulgiervermögen und Temperaturempfindlichkeit; erfordert Lecithin (aus Apotheke)
		Tenside in Senf		◦ [639] V	als Heimexperiment denkbar
Umesterung bei Fetten (LK)	Biodiesel	Herstellung von Biodiesel aus Speiseöl		◦ [389] V ◦ [592] V	
Sonstiges	Alkalische Esterhydrolyse: Verseifung von Fetten (Wdh.)	Verseifung von Butter mit Natronlauge		◦ [626] V	◦ Vergleich von zwei Ansätzen (mit bzw. ohne Erhitzen) hinsichtlich Schaumbildung nach Mischen mit Wasser
		Verseifung von Fett mit Rohrreiniger	◦ [130], [131] ◦ [205] Versuch 1		◦ [130], [131] Kokosfett; inkl. Untersuchung der Schaumbildung und des pH-Werts ◦ [205] Butter; inkl. Untersuchung der Schaumbildung
		Kaltverseifung von Fetten und (fetten) Ölen mit Natronlauge	◦ [34] ◦ [112] ◦ [198], [199]	◦ [702] V	Heimexperimente erfordern Ätznatron und Schutzbrille
	Enzymatische Esterhydrolyse	Fettspaltung durch Lipasen	◦ [134], [135] Teil a) ◦ [291] S. 191f. (Experiment 182) oder [292] S. 149f. (Experiment 111)		◦ [134], [135] erfordert Biozym F ◦ [291], [292] Sudanrot III gegen Paprikapulver/-extrakt ersetzen
	Fettbrand	Fettbrand und Fettexplosion		◦ [749], [750] V ◦ [804] V	◦ [749], [750] Aufnahmen in Zeitlupe beim Einspritzen von Wasser; [749] Nahaufnahme ◦ [804] Löschen durch Ersticken vs. Einspritzen von Wasser
	Butter	Butter selbst gemacht: Phasenumkehr von einer O/W- zu einer W/O-Emulsion	◦ [7] S. 206 ◦ [35]		Hintergrundinformationen in [375]

Fortsetzung: Sonstiges	Fortsetzung: Butter	Fortsetzung: Butter selbst gemacht: Phasenumkehr von einer O/W- zu einer W/O-Emulsion	◦ [372]		
	Schokolade	Schmelzbereich verschiedener Schokoladensorten	◦ [24], [279] Aufgabe 1 ◦ [50] Versuch 2		[50] erfordert Thermometer
		Temperaturempfindlichkeit von Emulgatoren: Zuckerreif und Fettreif	◦ [50] Versuch 3 ◦ [366] S. 20-22 (Demonstration 2)		
		Brennwert verschiedener Schokoladensorten	◦ [24], [279] Experiment 4 ◦ [50] Versuch 4 ◦ [261]		[261] Aufbau muss angepasst werden: Porzellanschale oder Teelichtbecher statt Uhrglas, Pfanne auf Stövchen oder ggf. festhalten
		Herstellung von Schokolade	◦ [11] S. 146 ◦ [24], [279], Aufgabe 2 oder [50] Versuch 5+6 oder [273] Versuch 3+4		
		Analyse von Schokolade: Extraktion mit Aceton und Wasser	◦ [11] S. 145		◦ Problem: Genauigkeit der Hauswaage (ggf. Ansatz vergrößern) ◦ Vergleich von weißer, Vollmilch- und Zartbitterschokolade
	Fettgehalt	Bestimmung des Fettgehalts einer Probe mit Hilfe einer Soxhlet-Extraktion		◦ [387] VE	erfordert den Abschluss eines Lizenzvertrags und das Anlegen von Schüler:innenaccounts
	Biomembran	Osmose (= Diffusion durch eine semipermeable Membran)	◦ [81], [241], [244] Aufgabe 1 ◦ [113] ◦ [165] C – Div 1 ◦ [189] Versuch 2c ◦ [243], [246] Aufgabe 5 ◦ [359]		◦ [81], [241], [244] Salatgurke ◦ [113], [189], [243], [246], [359] Eier ◦ [165] Eier, Kirschen, Erbsen; Versuch mit Gummibärchen basiert auf Eigenschaften der Gelatine, nicht auf Osmose
		DNA-Isolierung aus Zwiebeln	◦ [55] S. 42 ◦ [185]		◦ erfordert Thermometer ◦ Spiritus statt Ethanol und zum Abmessen von kleineren Volumina Einwegpipetten oder z. B. Tee- und Esslöffel (5 mL bzw. 15 mL) sowie Schnapsgläser verwenden ◦ [185] Methylenblau- ggf. durch Tintenlösung ersetzen

<i>Fortsetzung: Sonstiges</i>	Ätherische Öle	Feuerwerk aus der Orangenschale	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [86] ◦ [182] S. 25 (Versuch 31) ◦ [233], [236] Experiment 1C 		Parallele zu Feuerschlucker
		Fettfleckprobe: ätherische vs. fette Öle	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [57] S. 269 (EXP 10.14) ◦ [233], [236] Experiment 1B 		
		Extraktion eines ätherischen Ols	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [154], [155] ◦ [291] S. 114 (Experiment 103) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [154], [155] Nelken ◦ [291] Kümmel

Q2.4 Organische Werkstoffe

Tabelle 28: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q2.4 Organische Werkstoffe“ der Q2.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Biokunststoffe: Synthese, Eigenschaften und Verwendung am Beispiel der Polymilchsäure (LK/GK)	Biokunststoffe aus Stärke	Stärkefolie	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] S. 161f. (Versuch 38) ◦ [11] S. 168 ◦ [20] S. 405 (Praktikum) ◦ [43] S. 28-31 ◦ [57] S. 427 (EXP 17.15) ◦ [208] Experimente C+D ◦ [293] S. 42f. (Variante 2) 	◦ [537] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Glycerin und Einwegpipetten oder -spritzen ◦ [57] inkl. Kompostierbarkeit und Iod-Stärke-Reaktion (für Iod-Kaliumiodid-Lösung: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) <u>oder</u> Betaisodona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29)) ◦ [208] inkl. Kompostierbarkeit ◦ [6], [11], [20], [57] Erhitzen mit Stövkchen oder Herdplatte statt Brenner ◦ [537] Arbeitsmaterial unter [561]
		Stärkeflummi	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [47] Versuch 6 ◦ [256], [257] Auftrag 3 		
		Stärkopor: Schaumstoff aus Stärke	◦ [293] S. 41		
		Herstellung von Geschirr aus Biokunststoffen auf Stärkebasis	◦ [43] S. 61-68		erfordert Glycerin
	Biokunststoff aus Bananenschalen	Bananenkunststoff	◦ [69]		
	Biokunststoffe aus Zitronensäure	Polykondensation von Zitronensäure und Glykol	◦ [152], [153]		
		Polykondensation von Zitronensäure und Glycerin	◦ [61] Versuch 5		erfordert Glycerin
		Polykondensation von Zitronensäure (Herstellung von Polyzitrat)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [11] S. 36 ◦ [116], [125] 		
		Polykondensation von Zitronensäure und Rizinusöl	◦ [369]		erfordert Rizinusöl; Stövkchen oder Herdplatte statt Brenner verwenden

Fortsetzung: Biokunststoffe: Synthese, Eigenschaften und Verwendung am Beispiel der Polymilchsäure (LK/GK)	Fortsetzung: Biokunststoffe aus Zitronensäure	Polykondensation von Zitronensäure und Sorbit	◦ [293] S. 44f.		erfordert Sorbit
	Biokunststoffe aus Milch	Galalith – Aus Milch wird Plastik	◦ [43] S. 40-42 ◦ [293] S. 34f.		◦ erfordert ggf. Thermometer ◦ [43] zum Neutralisieren Soda oder Natron statt Natronlauge und ggf. pH-Papier verwenden
	Kompostierung von Biokunststoffen	Untersuchung der biologischen Abbaubarkeit von Stärke-, PLA- und Polystyrol-Folie	◦ [43] S. 55-60		
Textilfaser: Viskose, modifizierte Cellulose (LK/GK)					
Aufbau eines Copolymers (LK/GK)	Superabsorber	Untersuchung von Superabsorber (Binde, Windel)	◦ [7] S. 150-153 ◦ [57] S. 429 (EXP 17.16) ◦ [82] ◦ [126], [127] ◦ [293] S. 99		◦ [7] Saugfähigkeit von Superabsorber in Abhängigkeit vom Salzgehalt des Wassers; erfordert Superabsorber (ggf. aus Windeln oder Binden isolieren) ◦ [57] Vergleich der Saugfähigkeit von Superabsorber mit Wasser, Kochsalz-, Zitronensäure- und Soda-Lösung; erfordert Superabsorber (ggf. aus Windeln oder Binden isolieren) ◦ [82] Saugfähigkeit von Superabsorber aus Babywindeln im Vergleich zu anderen Materialien und in Abhängigkeit vom Salzgehalt des Wassers; außerdem Wasserhaltevermögen unter Druck und Wiederverwendbarkeit ◦ [126], [127] Untersuchung der Saugfähigkeit von Superabsorber aus Damenbinden und Verhalten bei Zugabe von Kochsalz, Soda oder Zitronensäure ◦ [293] Saugfähigkeit von Superabsorber aus Babywindeln im Vergleich zu Papiertaschentüchern; Ansatz etwas größer wählen wegen Genauigkeit von Haushaltswaagen
		Superabsorber aus Stärke		◦ [539] V	◦ Arbeitsmaterial unter [563] ◦ Hinweis: Kein Copolymer!

Synthetischer Kautschuk: Herstellung, Erklärung der Elastizität auf molekularer Ebene und deren Verände- rung durch Vulkanisation (LK)					
---	--	--	--	--	--

Q2.5 Chemie der Aromaten

Tabelle 29: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q2.5 Chemie der Aromaten“ der Q2.

(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation]; [vertonte Videos mit Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Benzen (Benzol): Eigenschaften und Bindungsverhältnisse auf Basis des Mesomeriemodells (LK/GK)	Aromastoffe	Extraktion eines ätherischen Öls aus Nelken	◦ [154], [155]		
	pH-Wert, Säurestärke	Säurestärke von Cyclohexanol, Phenol und Pikrinsäure		◦ [780] V	
Elektrophile Substitution: Reaktionstyp und Reaktionsmechanismus der Halogenierung am Aromaten (LK/GK)	Vorversuch	Reaktion von Toluol und Cyclohexen mit Brom		◦ [500] V	
	Elektrophile Substitution	Bromierung von Benzol		◦ [591] V	◦ inkl. Untersuchung des gasförmigen Reaktionsproduktes durch Bromthymolblau- und Silbernitrat-Lösung ◦ Eisenfeilspäne als Katalysator
		Bromierung von Toluol unter KKK-Bedingungen		◦ [707] V	Vergleich zwischen Ansatz mit und ohne Eisen(III)-chlorid als Katalysator
Elektrophile Substitution: Reaktionsmechanismus der Nitrierung (LK)					
Reaktionsmechanismus der elektrophilen Zweitsubstitution: induktive und mesomere Effekte, dirigierende Wirkung an den Beispielen Toluol, Phenol, Anilin und Nitrobenzen (Nitrobenzol) (LK)					

Q3: Das chemische Gleichgewicht

Q3.1 Chemische Gleichgewichte und ihre Einstellung

Tabelle 30: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q3.1 Chemische Gleichgewichte und ihre Einstellung“ der Q3.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Nachweis des gleichzeitigen Vorliegens von Edukten und Produkten (LK/GK)					
Definition des chemischen Gleichgewichts als dynamisches Gleichgewicht: Hin- und Rückreaktion (LK/GK)	Computersimulation eines chemischen Gleichgewichts	Computersimulation mit Tabellenkalkulation	◦ [9] S. 145 ◦ [57] S. 109		
	Modellexperimente zum chemischen Gleichgewicht	Modellexperiment mit Streichhölzern	◦ [9] S. 146		
		Modellexperiment mit Kugeln (oder Schokolinsen)	◦ [18] S. 161 (V1)		
	Modellversuch mit dem Stechheber		◦ [581] V ◦ [689] V		
Chemische Gleichgewichte an Beispielen: Estergleichgewicht, Iod-Wasserstoff-Gleichgewicht und Ammoniak-Synthese nach Haber-Bosch (LK/GK)	Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	Einleiten von Kohlenstoffdioxid in Kalkwasser		◦ [430] V ◦ [758] V	[430] inkl. pH- und Leitfähigkeitsmessung
		Tropfstein	◦ [283] S. 24f. ◦ [371]		Achtung: Beide Experimente werden mit Soda, nicht Kalk durchgeführt
		Mineralwasser-Experimente	◦ [291] S. 97-99 (Experiment 92)		
Massenwirkungsgesetz und Berechnung von Gleichgewichtskonstanten K_C auf der Grundlage von Gleichgewichtskonzentrationen (LK/GK)					

Lage von Gleichgewichten in Abhängigkeit von Druck, Temperatur und Konzentration: Prinzip des kleinsten Zwangs (LK/GK)	Einfluss der Temperatur	Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit von Salzen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 42-44 ◦ [8] S. 158 (Exp. 15) ◦ [13] S. 129 (V3) 	◦ [479] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] quantitativ ◦ [8], [13] qualitativ ◦ [7] Natriumchlorid, Alaun (Kaliumaluminiumsulfat) und Kaliumnitrat ◦ [8] Natriumchlorid und Kaliumnitrat ◦ [13] Kaliumnitrat ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Löslichkeit und Temperatur“ 	
		Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit von Harnstoff	◦ [108] Experimente A1-A3		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Harnstoff aus Kälte-Sofortkomresse ◦ erfordert Thermometer 	
		Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 158 (Exp. 17) ◦ [14] S. 51 (Versuch 1+2) ◦ [90] S. 48f. ◦ [341] 	◦ [824] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] Kohlenstoffdioxid aus Brausetablette auffangen o. ä. ◦ [14] erfordert Thermometer; Vase, Flasche o. ä statt Messzylinder 	
		Einfluss der Temperatur auf die Iod-Stärke-Reaktion	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [18] S. 369 (V1) ◦ [335] 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [529] V ◦ [694] V ◦ [759] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [18], [335] Alternative zu Iod-Kaliumiodid-Lösung: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) oder Betaisodona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29) ◦ [529] Arbeitsmaterial unter [553] 	
		Einfluss der Temperatur auf das Stickstoffdioxid-Distickstofftetraoxid-Gleichgewicht		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [408] V ◦ [459] V ◦ [479] VE ◦ [686] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [459] nur abkühlen ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Gleichungen und Mengen“ → „Reaktionsgleichgewicht und Temperatur“; Achtung: Laut Yenka ist der Zerfall von Distickstofftetraoxid endotherm, was nicht zu den Beobachtungen passt! Informationen müssen innerhalb des Programms bearbeitet werden! 	
		Einfluss der Temperatur auf das Eisen(III)-thiocyanat-Gleichgewicht			◦ [438] V	
		Einfluss der Temperatur auf das Gleichgewicht zwischen Ammoniumchlorid und Ammoniak sowie Chlorwasserstoff			◦ [479] VE	◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Gleichungen und Mengen“ → „Reaktionsgleichgewicht (Ammoniumchlorid)“ und

Fortsetzung: Lage von Gleichgewichten in Abhängigkeit von Druck, Temperatur und Konzentration: Prinzip des kleinsten Zwangs (LK/GK)	Fortsetzung: Einfluss der Temperatur	Fortsetzung: Einfluss der Temperatur auf das Gleichgewicht zwischen Ammoniumchlorid und Ammoniak sowie Chlorwasserstoff			„Anorganische Chemie“ → „Gleichungen und Mengen“ → „Reversible Reaktion (Ammoniumchlorid)“ ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
	Einfluss des Drucks	Einfluss des Drucks auf die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid	◦ [9] S. 149 (Versuch 1) ◦ [57] S. 113 (EXP 5.08) ◦ [330]		[57] erfordert Spritze mit Dreiwegehahn o. ä.
		Siedepunktserniedrigung von Wasser (durch Unterdruck): Der Eiskocher	◦ [31] Versuch 1		in diesem Zusammenhang kann auch die Funktionsweise eines Schnellkochtopfs thematisiert werden
	Einfluss der Konzentration	Einfluss der Konzentration auf das Eisen(III)-thiocyanat-Gleichgewicht		◦ [719] V	Erhöhung der Konzentration von Eisen(III)- oder Thiocyanat-Ionen
		Einfluss des pH-Werts auf das Chromat-Dichromat-Gleichgewicht		◦ [505] V	
		Beeinflussung der Keto-Enol-Tautomerie von Acetessigsäureethylester durch Zugabe von Bromwasser		◦ [631] V	
Einfluss von Konzentration, Temperatur oder Druck	Einfluss der Konzentration auf das Eisen(III)-thiocyanat-Gleichgewicht; Einfluss der Temperatur auf das Stickstoffdioxid-Distickstofftetraoxid-Gleichgewicht; Einfluss des Drucks auf die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid		◦ [582] V	Reaktionsgleichung der Gleichgewichtsreaktionen wird jeweils angegeben	
Einfluss von Katalysatoren auf die Einstellung des Gleichgewichts (LK/GK)					
Berechnung von Gleichgewichtskonstanten K_C und Gleichgewichtskonzentrationen (einschließlich Lösung quadratischer Gleichungen) (LK)					

Enthalpie: Reaktionswärme bei konstantem Druck, Berechnung von Standardbildungs- und Reaktionsenthalpie, Satz von Hess (LK)	Verbrennungswärme	Verbrennungswärme von Walnüssen	◦ [57] S. 88 (EXP 4.01)		◦ erfordert Thermometer ◦ Problem: Befestigung der Dose
		Verbrennungswärme von Paraffin	◦ [13] S. 89 (V1)		◦ erfordert Thermometer ◦ Problem: Befestigung der Dose
		Verbrennungswärme von verschiedenen Lebensmitteln	◦ [9] S. 202		◦ erfordert Thermometer ◦ Problem: Befestigung der Dose
	Berechnung der Reaktionsenthalpie	Reaktionsenthalpie der Reaktion von Magnesium mit Salzsäure		◦ [479] VE	◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Energie“ → „Reaktionsenergie“ ◦ Berechnung der experimentellen Reaktionsenthalpie über die Wärmekapazität des Wassers ◦ nimmt Wortgleichungen vorweg
	Kalorimetrie	Bestimmung der Wärmekapazität des Kalorimetermaterials	◦ [18] S. 123 (V3)		◦ erfordert Thermometer ◦ Rühren muss manuell erfolgen
	Schmelzenthalpie	Schmelzwärme von Eis (Wasser)	◦ [318] S. 109f. (Versuch 4)		erfordert Thermometer
Bestimmung der Schmelzenthalpie von Eis (Wasser)		◦ [18] S. 125 (V4)		◦ erfordert Thermometer ◦ Rühren muss manuell erfolgen	
Entropie als Maß für die Unordnung eines Systems, Einfluss der Reaktionsentropie in spontan ablaufenden endothermen Reaktionen (LK)	Spontan ablaufende endotherme Reaktionen	Auflösen von Brausetabletten	◦ [32] Versuch 4 ◦ [318] S. 128f. (Versuch 16)		erfordert Thermometer
		Reaktion von Kristallsoda mit Zitronensäure	◦ [9] S. 223 (Station 1) ◦ [318] S. 133f. (Versuch 20)	◦ [640] V	Heimexperimente erfordern Thermometer
		Kältemischung	◦ [9] S. 223 (Station 2) ◦ [258] Auftrag 1+3 oder [274] Versuch 1+3 ◦ [281] Experiment 4	◦ [688] V	◦ [9], [281] Kochsalz; erfordert Thermometer, [281] erfordert zusätzlich Kälte-Sofort-Kompresse mit Harnstoff (Urea) ◦ [258], [274] Kochsalz vs. Harnstoff; erfordert Kälte-Sofort-Kompresse mit Harnstoff (Urea) und Thermometer ◦ [688] Kochsalz
		Lösen von Ammoniumnitrat		◦ [756] V	
Sonstiges	Volumenarbeit	Brausetabletten-Rakete	◦ [32] Versuch 1+2 ◦ [91] S. 12f. ◦ [318] S. 202 (Versuch 47)		◦ [32] erfordert Rollrandgläschen (alternativ: Filmdose) ◦ [91], [318] erfordern Einwegspritze

Q3.2 Protolysegleichgewichte

Tabelle 31: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q3.2 Protolysegleichgewichte“ der Q3.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Aufgreifen von Grundlagen: Protolyse, korrespondierende Säure-Base-Paare (LK/GK)	Protolysen in wässriger Lösung	Reaktion von Chlorwasserstoff und Wasser		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [504] V ◦ [649] V ◦ [673] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [504] Einleiten von Chlorwasserstoff in Pentan bzw. Wasser; inkl. Leitfähigkeitsmessung und Untersuchung der Lösung mit Methylrot und Silbernitrat-Lösung; Trocknungsmittel (?) im Kolben wird nicht erwähnt ◦ [649] Reaktion von konz. Schwefelsäure mit Natriumchlorid und Einleiten des entstehenden Chlorwasserstoffs in Universalindikatorlösung ◦ [673] Chlorwasserstoffspringbrunnen: Reaktion von konz. Schwefelsäure mit Natriumchlorid, Auffangen des entstehenden Chlorwasserstoffs und Springbrunnen (mit Bromthymolblau-Lösung)
		Reaktion von Kohlenstoffdioxid in Wasser	◦ [8] S. 276 (Exp. 4)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [511] V ◦ [593] V ◦ [747] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] Strohhalm, Knete und Rotkohllindikator statt Glasrohr, Stopfen und Universalindikator ◦ [479] unter „Anorganische Chemie“ → „Wasser und Lösungen“ → „Kohlensäurehaltige Getränke“ ◦ [511] mit Trockeneis und pH-Meter
		Reaktion von Schwefeldi-/trioxid in Wasser		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [697] V 	[479] unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Saurer Regen“
		Reaktion von Ammoniak und Wasser		◦ [498] V	Ammoniak-Springbrunnen mit Phenolphthalein-Lösung

Fortsetzung: Aufgreifen von Grundlagen: Protolyse, korrespondierende Säure-Base-Paare (LK/GK)	Fortsetzung: Protolysen in wässriger Lösung	Zersetzung von Harnstoff und Nachweis von Ammoniak durch Indikatorpapier	◦ [108] Experiment B3 oder [281] Experiment 2		erfordert Kälte-Sofort-Komresse mit Harnstoff (Urea)
		pH-Werte von Salzlösungen	◦ [168] S. 9-12 (Versuch 2)	◦ [602] V	◦ [168] Untersuchung von Soda, Backpulver und Hirschhornsalz; weitere Salze aus dem Haushalt können untersucht werden: Kochsalz, Gips, ... ◦ [602] Natriumacetat, Natriumchlorid und Natriumhydrogencarbonat
		Carbidlampe: Reaktion von Calciumcarbid mit Wasser		◦ [799] V	inkl. Modellversuch und Untersuchung der Reaktionsprodukte auf Brennbarkeit sowie mit Universalindikatorlösung
Säure-Base-Reaktionen nach BRØNSTED ohne wässrige Lösung		Reaktion von Chlorwasserstoff und Ammoniak		◦ [434] V	
		Reaktion von Ammoniumchlorid und Natriumcarbonat		◦ [732] V	inkl. Nachweis des entstehenden Ammoniaks durch angefeuchtetes pH-Papier
		Reaktion von Natriumhydrogensulfat und Natriumacetat		◦ [733] V	inkl. Nachweis der entstehenden Essigsäure durch angefeuchtetes pH-Papier
		Zerfall von Hirschhornsalz (Ammoniumhydrogencarbonat, Ammoniumcarbonat, Ammoniumcarbamat)	◦ [291] S. 46 (Experiment 34)		inkl. Nachweis des entstehenden Ammoniaks durch angefeuchtetes Rotkohllindikatorpapier
Neutralisationsreaktionen	Neutralisation von Säuren durch Basen	◦ [20] S. 39 (V5)	◦ [413] V ◦ [427] V ◦ [479] VE	◦ [20] Zugabe von Essigsäure-Lösung zu Natriumcarbonat-Lösung in Gegenwart von Rotkohllindikator; erfordert Einwegpipette; ◦ [413] tropfenweise Zugabe von Natriumhydroxid-Lösung zu Salzsäure (Indikator: Bromthymolblau) ◦ [427] Vereinigung äquimolarer Mengen von Salzsäure und Natriumhydroxid-Lösung (pH-Papier) und anschließendes Eindampfen ◦ [479] Salz-, Salpeter- bzw. Schwefelsäure mit Kalium- bzw. Natriumhydroxid-Lösung; unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Neutralisation“;	

Fortsetzung: Aufgreifen von Grundlagen: Protolyse, korrespondierende Säure-Base-Paare (LK/GK)	Fortsetzung: Neutralisationsreaktionen	Fortsetzung: Neutralisation von Säuren durch Basen			nimmt Wortgleichungen vorweg; Achtung: Wasser im Atombetrachter wird nicht als Teilchen, sondern als blauer Hintergrund dargestellt
		Neutralisationen aus dem Alltag: Sodbrennen	◦ [291] S. 215f. (Experiment 208) oder [292] S. 79 (Experiment 41) ◦ [367]		◦ [291], [292] Bullrich Salz (Natriumhydrogencarbonat) ◦ [367] Bullrich Salz (Natriumhydrogencarbonat) und Maaloxan (Aluminium- und Magnesiumhydroxid); statt Salzsäure und Universalindikator können Essig und Rotkohllindikator verwendet werden
		Neutralisationen aus dem Alltag: Spülmaschine	◦ [11] S. 87 (Versuch 1) ◦ [260] S. 349 (V4)		Rotkohllindikator oder pH-Papier statt Universalindikatorlösung
		Neutralisationsenthalpie		◦ [414] V	Temperaturmessung bei der Vereinigung äquimolarer Mengen von Salzsäure und Natriumhydroxid-Lösung
Stärke von Säuren: Ableitung des pK_S -Werts aus dem Massenwirkungsgesetz (LK/GK)	Einfluss der Säurestärke auf den pH-Wert	Vergleich des pH-Wertes von Essigsäure und Salzsäure		◦ [425] V ◦ [599] V	◦ [425] pH-Elektrode ◦ [599] Universalindikatorpapier und pH-Elektrode
		Vergleich des pH-Wertes von Essig-, Salz-, Salpeter- und Phosphorsäure		◦ [479] VE	◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Dissoziation“ ◦ nimmt Reaktionsgleichungen vorweg
	Einfluss der Säurestärke auf die elektrische Leitfähigkeit	Vergleich der elektrischen Leitfähigkeit von Essigsäure, Zitronensäure und Salzsäure		◦ [687] V	
	Einfluss der Säurestärke (bzw. Basenstärke) auf den pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit	Vergleich des pH-Werts und der elektrischen Leitfähigkeit von Wasser sowie starken und schwachen Säuren bzw. Basen		◦ [589] VE	◦ „Einführung“: inkl. Reaktionsgleichung und Darstellung im Teilchenmodell ◦ „Meine Lösung“: Anfangskonzentration und Säure-/Basenstärke manuell einstellbar ◦ Tipp: Lösungsmittelmoleküle anzeigen lassen
	Einfluss der Säurestärke auf die Geschwindigkeit der Reaktion mit unedlen Metallen	Vergleich der Reaktionsgeschwindigkeit von Magnesium mit Essigsäure, Zitronensäure und Salzsäure		◦ [692] V	

Fortsetzung: Stärke von Säuren: Ableitung des pK_s -Werts aus dem Massenwirkungsgesetz (LK/GK)	„Die stärkere Säure verdrängt die schwächere aus ihrem Salz“	Reaktion von Schwefelsäure mit Natriumchlorid		◦ [649] V	inkl. Einleiten des entstehenden Chlorwasserstoffs in Universalindikatorlösung
		Reaktion von Essig- bzw. Zitronensäure mit Natriumhydrogencarbonat (Natron)	◦ [8] S. 380 (Exp. 22) ◦ [92] ◦ [168] S. 30f. (Versuch 6a) ◦ [184] S. 16 (3.3.1) ◦ [291] S. 215f. (Experiment 208) oder [292] S. 79 (Experiment 41)		◦ [8], [92] Kristallisation von Natriumacetat-Trihydrat; Stichwort: Wärmekissen; erfordert Thermometer ◦ [168] S. 30f., [184] S. 16 (3.3.1) Natron in Wasser bzw. saurer Lösung ◦ [291], [292] Untersuchung von Bullrich Salz; Stichwort: Sodbrennen
		Reaktion von Essig- bzw. Zitronensäure mit Natriumcarbonat (Soda)	◦ [7] S. 75f. ◦ [11] S. 87 (Versuch 1) ◦ [115] ◦ [260] S. 349 (V4)		◦ [7] Reaktion von Soda mit Essig bzw. Zitronensäure und Wasser ◦ [11], [260] Untersuchung von Geschirrspülmittel und Klarspüler (Stichwort: Neutralisation in der Spülmaschine); Rotkohllindikator oder pH-Papier statt Universalindikatorlösung ◦ [115] Reaktion von Soda mit Zitronensäure und Wasser; erfordert Petrischale (kann z. B. durch Kunststoffdeckel von 500-mL-Joghurtbechern ersetzt werden)
		Reaktion von Essig- bzw. Zitronensäure mit Calciumcarbonat (Kalk)	◦ [150], [151] ◦ [202] S. 33f. (Versuch 37) ◦ [267] S. 14f. (V2a)	◦ [473] V ◦ [604] V	◦ [150], [151] Entkalken mit Zitronensäure ◦ [202] Entkalken mit Essig-Essenz ◦ [267] erfordert Calciumcarbonat ◦ [473] Calciumcarbonat; inkl. Kalkwasserprobe ◦ [604] Marmor; inkl. Kalkwasserprobe
		Reaktion von Salzsäure mit Calciumcarbonat (Marmor)		◦ [566] VE	◦ interaktives Videoexperiment ◦ ohne Kalkwasserprobe
Ionenprodukt des Wassers (LK/GK)					
Berechnung von pH- und pOH-Werten starker Säuren und starker Basen (LK/GK)					

Allgemeines Prinzip der Säure-Base-Indikatoren (LK/GK)	Säure-Base-Indikatoren	Universalindikator, Bromthymolblau, Phenolphthalein und Rotkohllindikator		◦ [698] V	
		Universalindikator, Phenolphthalein und Lackmus		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „pH-Indikatoren“
		Rotkohllindikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 63-65 + S. 68f. + S. 73f. ◦ [12] S. 190 ◦ [20] S. 38 (V1+V5) ◦ [39] ◦ [56] S. 8-16 (Versuch 2) ◦ [89] S. 70-80 + S. 142-155 ◦ [136], [137] ◦ [165] C – SL 2 Aufgabe 5 + SL 3a-c ◦ [179] ◦ [183] S. 10f. (Versuch 7-12) ◦ [201] S. 10-12 (Versuch 1-3) ◦ [277] ◦ [317] 	◦ [671] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Erklärung in [291] S. 6-8 ◦ Impuls: Rotkohl vs. Blaukraut ◦ [7] S. 63-65 Rotkohl, Rote Beete und Radieschen als Indikator ◦ [7] S. 68f., [165] Universal- und Rotkohllindikator; erfordert pH-Papier ◦ [7] S. 73f., [20], [39], [56], [89], [136], [137], [179], [183], [277], [671] nur Rotkohllindikator ◦ [12] Heidelbeeren, Preiselbeeren, Aronia, Cranberries, Brombeeren, Rotkohl und Radieschen als Indikator; Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [201] v. a. Rotkohl, nur in Versuch 1 auch schwarzer Tee ◦ [317] Rotkohl, Blüten und Radieschen als Indikator
		Tee als Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 66f. ◦ [8] S. 159 (Exp. 21) ◦ [140], [141] ◦ [165] C – SL 2 Aufgabe 2+3 ◦ [192] Versuch 3a(+c) oder [252] Versuch 3a(+c) ◦ [285] S. 17-19 (Versuch 3) ◦ [291] S. 41 (Experiment 28) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] neben Tee wird auch blaues Wasser eis untersucht ◦ [140], [141] Tee und Blüten als Indikator ◦ [291] Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen
		Blüten als Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [140], [141] ◦ [165] C – SL 2 Aufgabe 1 ◦ [317] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [140], [141] Tee und Blüten als Indikator ◦ [317] Rotkohl, Blüten und Radieschen als Indikator

Fortsetzung: Allgemeines Prinzip der Säure-Base-Indikatoren (LK/GK)	Fortsetzung: Säure-Base-Indikatoren	Radieschen als Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 63-65 ◦ [11] S. 113 ◦ [12] S. 190 ◦ [13] S. 135 (V1) ◦ [93] Experimente A1-A3 ◦ [288] ◦ [317] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] Rotkohl, Rote Beete und Radieschen als Indikator; pH-Papier statt Universalindikatorlösung verwenden ◦ [11], [13] Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [12] Heidelbeeren, Preiselbeeren, Aronia, Cranberries, Brombeeren, Rotkohl und Radieschen als Indikator; Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [317] Rotkohl, Blüten und Radieschen als Indikator 	
		Gummibärchen als Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [14] S. 50 (Versuch 1) ◦ [42] Versuch 2+3 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [42] Erhitzen der Gummibärchen auf dem Herd oder einem Stövchen; Versuch 3 erfordert Ammoniak-Lösung (z. B. Salmiak-Geist) ◦ Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen 	
			Brausepulver als Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [42] Versuch 1 		Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen
		Anwendung	Untersuchung von Zaubermalerfarben	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [41] S. 6 (Versuch 2.1) 		Soda und Essig statt Natronlauge und Salzsäure
Titration einer starken einprotonigen Säure mit einer starken Base: Interpretation der Titrationskurve, Äquivalenzpunkt (LK/GK)	Titration bis zum Umschlagspunkt	Titration von Salzsäure mit Natronlauge		◦ [445] V	Bromthymolblau als Indikator	
		Titration von Natronlauge mit Salzsäure		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [709] VE ◦ [760] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] Lackmus; unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Titration“; zunächst Natronlauge bekannter Konzentration mit verschiedenen Konzentrationen von Salzsäure, dann Natronlauge unbekannter Konzentration ◦ [709] Universalindikator; leider nur ein Experiment (d. h. Salzsäure-Verbrauch immer gleich) ◦ [760] Phenolphthalein als Indikator; Stichwort: Titerbestimmung 	
	Aufnahme einer Titrationskurve	Titration von Salzsäure mit Natronlauge		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [423] V ◦ [605] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [423] Phenolphthalein als Indikator; Titrationskurve ◦ [605] Bromthymolblau als Indikator; Wertetabelle 	

Stärke von Basen (pK_B -Werte) (LK)	Einfluss der Basenstärke (bzw. Säurestärke) auf den pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit	Vergleich des pH-Werts und der elektrischen Leitfähigkeit von Wasser sowie starken und schwachen Säuren bzw. Basen		◦ [589] VE	◦ „Einführung“: inkl. Reaktionsgleichung und Darstellung im Teilchenmodell ◦ „Meine Lösung“: Anfangskonzentration und Säure-/Basenstärke manuell einstellbar ◦ Tipp: Lösungsmittelmoleküle anzeigen lassen
pH-Wert-Berechnungen zu schwachen Säuren und Basen mit Hilfe von pK_S - und pK_B -Werten (LK)					
Titration einer schwachen einprotonigen Säure mit einer starken Base: Aufnahme und Interpretation der Titrationskurve, Äquivalenzpunkt, Halbäquivalenzpunkt, Berechnung der Säurekonzentration anhand des Äquivalenzpunkts (LK)	Titration bis zum Umschlagspunkt	Titration von Essigsäure mit Natronlauge		◦ [405] V ◦ [444] V	Phenolphthalein als Indikator
	Aufnahme einer Titrationskurve	Titration von Essigsäure mit Natronlauge		◦ [424] V	Phenolphthalein als Indikator
Interpretation einer Titrationskurve mit zwei Äquivalenzpunkten (LK)					
<i>Sonstiges</i>	Titration	Aufnahme einer Titrationskurve: Titration von Natronlauge mit Salz- und Essigsäure		◦ [479] VE	◦ unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „Titrationskurven“ ◦ Lackmus oder Phenolphthalein als Indikator ◦ leider sieht man Pufferbereich der Essigsäure nicht mehr
		Durchführung und Auswertung von Titrationskurven: Bestimmung der unbekannt Konzentration einer Säure oder einer Base		◦ [387] VE	erfordert den Abschluss eines Lizenzvertrags und das Anlegen von Schüler:innenaccounts

Q3.3 Redoxgleichgewichte

Tabelle 32: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q3.3 Redoxgleichgewichte“ der Q3.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Aufgreifen von Grundlagen: korrespondierende Redoxpaare, Aufstellen von Redoxgleichungen in sauren Lösungen, Bestimmung von Oxidationszahlen bei anorganischen und organischen Verbindungen (LK/GK)	Aufstellen von komplexen Redoxgleichungen	Reaktion von Kaliumpermanganat mit Wasserstoffperoxid unter sauren bzw. alkalischen Bedingungen		◦ [763] V	pH-Abhängigkeit der Oxidationskraft von Kaliumpermanganat
		Reaktion von Kaliumpermanganat mit Natriumsulfit-Lösung unter sauren, neutralen bzw. alkalischen Bedingungen		◦ [475] V	pH-Abhängigkeit der Oxidationskraft von Kaliumpermanganat
		Redoxamphoterie von Wasserstoffperoxid		◦ [764] V	◦ Wasserstoffperoxid als Reduktionsmittel: Reaktion mit saurer Kaliumpermanganat-Lösung ◦ Wasserstoffperoxid als Oxidationsmittel: Reaktion mit saurer Kaliumiodid-Lösung ◦ katalytische Disproportionierung von Wasserstoffperoxid
		Reaktion von Salzsäure mit Braunstein		◦ [518] V	◦ Herstellung von Chlor ◦ Arbeitsmaterial unter [524] H01
		Reaktion von konzentrierter Salzsäure und Calciumhypochlorit		◦ [637] V	◦ Herstellung von Chlor ◦ Syn-/Komproportionierung
		Reaktion von Wasserstoffperoxid mit schwefelsaurer Kaliumbromid-Lösung		◦ [520] V	◦ Herstellung von Brom ◦ Arbeitsmaterial unter [524] H05
		Reaktion von Propan-1-ol und Propan-2-ol (und 2-Methylpropan-2-ol) mit alkalischer Kaliumpermanganat-Lösung		◦ [489] V ◦ [773] V	
Reaktion von Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol und Cyclohexanol mit schwefelsaurer Kaliumdichromat-Lösung		◦ [502] V			

Fortsetzung: Aufgreifen von Grundlagen: korrespondierende Redoxpaare, Aufstellen von Redoxgleichungen in sauren Lösungen, Bestimmung von Oxidationszahlen bei anorganischen und organischen Verbindungen (LK/GK)	Fortsetzung: Aufstellen von komplexen Redoxgleichungen	Atemalkoholbestimmung: Oxidation von Ethanol mittels schwefelsaurer Kaliumdichromat-Lösung		◦ [729] V ◦ [774] V	
		Blitze unter Wasser: Oxidation von Ethanol im Zweiphasensystem mittels schwefelsaurer Kaliumpermanganat-Lösung		◦ [772] V	
	Blue Bottle-Experimente (und Varianten) mit Redox-Indikatoren	Blue Bottle: Redoxreaktion von Methylenblau und Glucose		◦ [544] V ◦ [786] V	Arbeitsmaterial zu [544] unter [547]
		Indigotin Bottle: Redoxreaktion von Indigotin (Indigokarmin) und Glucose	◦ [144], [145]	◦ [543] V	◦ [144], [145] erfordert blaue Lebensmittelfarbe mit Indigotin (E132) ◦ Arbeitsmaterial zu [543] unter [546]
		Red Bottle: Redoxreaktion von Safranin-T und Glucose		◦ [534] V	Arbeitsmaterial unter [559]
		Violett Bottle: Redoxreaktion von Thiozinacetat und Glucose		◦ [540] V	Arbeitsmaterial unter [564]
	Sulfit und Dithionit als Reduktionsmittel (und reduktive Bleichmittel)	Sulfite und Dithionite in Tintenkillern	◦ [245], [248] Aufgabe 1		◦ ggf. Versuche mit Knödelhilfe (Natriumsulfit) wiederholen; siehe [194] Versuch 4 ◦ ggf. Essig oder Zitronensäure-Lösung statt Zitronensaft einsetzen
		Sulfite und Dithionite in Tintenkillern und Zaubermalern	◦ [41] S. 1-3 + S. 5 + S. 7f. ◦ [194] ◦ [255]		◦ [41] S. 2 erfordert pH-Papier ◦ [41] S. 3 erfordert Iod-Kaliumiodid-Lösung (erbsengroßes Stück Povidon-Iod-Salbe in 1 TL Wasser lösen (vgl. [194] Versuch 1)); Stärke auf Herdplatte oder Stövchen lösen ◦ [41] S. 5 Essig oder Zitronensäure statt Salzsäure verwenden ◦ [41] S. 7f. erfordert Natriumsulfit (z. B. Knödelhilfe) ◦ [255] als saure Testlösung besser Zitronensäure-Lösung verwenden
	Oxidative Bleichmittel	Wirkung von Oxi-Reinigern auf Tinten und andere Farbstoffe	◦ [96] Experiment B, D1, D2		
		Wirkung von Oxi-Reinigern auf Traubensaft-Flecken	◦ [26] S. 126f. (Versuch 93)		

Fortsetzung: Aufgreifen von Grundlagen: korrespondierende Redoxpaare, Aufstellen von Redoxgleichungen in sauren Lösungen, Bestimmung von Oxidationszahlen bei anorganischen und organischen Verbindungen (LK/GK)	Fortsetzung: Oxidative Bleichmittel	Wirkung von Chlor auf Rosenblüten		◦ [519] V	Arbeitsmaterial unter [524] H02; Achtung: Reaktionsgleichung für Reaktion von Chlor mit Wasser stimmt nicht!
	Oxidative und reduktive Bleichmittel	Wirkung von Dithioniten und Percarbonaten	◦ [142], [143] ◦ [291] S. 153 (Experiment 143) + S. 175 (Experiment 164)		◦ [142], [143], [291] S. 153: Wirkung auf Indigotin in Ostereier- und Lebensmittelfarbe; zusätzlich wird auch die Wirkung von Säuren und Basen untersucht ◦ [291] S. 175 Wirkung auf natürliche Farbstoffe (Frucht-/Gemüsesaft)
Galvanische Elemente und elektrochemische Spannungsreihe: Standard-Wasserstoff-Halbzelle, Standardpotentiale (Berechnung von Potentialdifferenzen bei Standardbedingungen) (LK/GK)	Elektrochemische Spannungsreihe: Redoxreihe der Metalle	Kupfer ist edler als Zink: Verkupfern von Büroklammern	◦ [56] S. 24-29 (Versuch 5)		
		Kupfer ist edler als Eisen: Verkupfern von Büroklammern, Scheren, Nägeln, Stahlwolle	◦ [48] Versuch 5 oder [278], [308] Aufgabe 4 ◦ [89] S. 91-96 + S. 161-163		◦ [48], [278], [308] erfordern Kupfersulfat und Eisenwolle ◦ [89] erfordert pH-Papier
		Silber ist edler als Aluminium: Elektrolytisches Reinigen von Silber	◦ [8] S. 254 (Material B) ◦ [49] Versuch 2 oder [272] Versuch 3 oder [280] Experiment 2 (1. Teil) ◦ [107] Experiment B ◦ [165] C – EI 1 ◦ [267] S. 18-20 (V3)		◦ [165] ohne Multimeter durchführen ◦ Herstellung von angelaufenem Silberbesteck: [49] Versuch 1A, [107] Experiment A2+A3, [272] Versuch 1 oder [280] Experiment 2
		Silber ist edler als Kupfer	◦ [13] S. 243 (V2)		◦ erfordert Kupferblech und Silbernitrat-Lösung ◦ Herstellung einer Silbernitrat-Lösung in [292] S. 222 oben
		Vergleich von Eisen, Kupfer und Silber		◦ [596] V	
		Vergleich von Magnesium, Zink, Eisen, Kupfer und Silber		◦ [761] V	zusätzlich: Magnesium, Zink, Eisen, Zinn und Kupfer mit Salzsäure
		Vergleich von Kupfer, Zink, Magnesium und Silber		◦ [710] V	
	Elektrochemische Spannungsreihe	Reaktion von Metallen mit Salzsäure		◦ [479] VE ◦ [587] V ◦ [650] V ◦ [743] V	◦ [479] Eisen, Silber, Blei, Aluminium, Gold, Kupfer, Kalium, Natrium, Lithium, Magnesium, Zink und Platin; unter „Anorganische Chemie“ → „Gestein und Metalle“ → „Reaktivität von Metallen (Säure)“;

Fortsetzung: Galvanische Elemente und elektrochemische Spannungsreihe: Standard-Wasserstoff-Halbzelle, Standardpotentiale (Berechnung von Potentialdifferenzen bei Standardbedingungen) (LK/GK)	Fortsetzung: Elektrochemische Spannungsreihe	Fortsetzung: Reaktion von Metallen mit Salzsäure			nimmt Wortgleichungen vorweg <ul style="list-style-type: none"> ◦ [587] Magnesium, Aluminium, Zink, Eisen, Kupfer und Silber; inkl. Knallgasprobe bei Magnesium ◦ [650], [743] Zink; inkl. Knallgasprobe
	Elektrochemische Spannungsreihe: Spannungsreihe der Halogene	Reaktion von Halogenid-Lösungen mit Halogenen		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [522] V ◦ [629] V 	Arbeitsmaterial zu [522] unter [524] H12
	Galvanische Elemente	Daniell-Element		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [509] V ◦ [700] V 	[479] unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Batterien“
		Leclanché-Element		◦ [716] V	
		Volta-Säule		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [577] V ◦ [718] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [577] mit Essigsäure-Lösung als Elektrolyt; Videobeschreibung enthält Teile der Auswertung ◦ [718] mit Natriumchlorid-Lösung als Elektrolyt
		Batterie der Parther (Bagdad-Batterie)	◦ [165] C – El 2		erfordert Kabel, Krokodilklemmen, Kupferrohr und Leuchtdiode o. ä.
		Zitronenbatterie	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [21] S. 64 ◦ [49] Versuch 3 oder [272] Zusatz ab 2. Lernjahr oder [280] Experiment 3 ◦ [378] S. 34-37 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [21] Kupfer und Eisen ◦ [49], [272], [280] Silber und Zink ◦ [378] Kupfer und Zink ◦ erfordert Kabel/Drähte, Krokodilklemmen, Leuchtdiode/Kopfhörer, Elektroden (Münzen, Stäbe, Plättchen, Schrauben, Nägel, Unterlegscheiben, Büroklammern ...)
		Gurkenbatterie	◦ [81], [241], [244] Experiment (2+3)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Kupfer und Aluminium ◦ erfordert Kabel, Krokodilklemmen und Leuchtdiode/Kopfhörer (statt Multimeter)
		Apfelbatterie	◦ [20] S. 165 (V3)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ auf Spannungsmessung in a) muss verzichtet werden ◦ erfordert Kabel/Drähte, Krokodilklemmen, Leuchtdiode, Kupfer- und Zinkblech

Fortsetzung: Galvanische Elemente und elektrochemische Spannungsreihe: Standard-Wasserstoff-Halbzelle, Standardpotentiale (Berechnung von Potentialdifferenzen bei Standardbedingungen) (LK/GK)	Fortsetzung: Galvanische Elemente	Magnesium-Luft-Batterie (Batterie aus Bleistiftspitzer)	◦ [57] S. 187 (EXP 8.06)		erfordert Kabel, Krokodilklemmen und Leuchtdiode, Kopfhörer, Elektromotor o. ä. (statt Multimeter)
		Aluminium-Luft-Batterie	◦ [19] ◦ [172]		[19] erfordert ggf. Kupferblech und Leuchtdiode oder Kopfhörer (statt Elektromotor)
	pH-Abhängigkeit des Redox-Potentials	pH-Abhängigkeit des Redoxpotentials im galvanischen Element		◦ [690] V	$\text{Cu} \text{Cu}^{2+} \text{Mn}^{2+} \text{MnO}_4^-$
Elektrochemische Korrosion am Lokalelement (Sauerstoff- und Säurekorrosion) und Korrosionsschutz bei Metallen (Verzinken) (LK)	Korrosion von Eisen (Rost)	Rosten als Reaktion von Eisen mit Luft(-sauerstoff)	◦ [56] S. 20-23 (Versuch 4) ◦ [89] S. 48-59 + S. 135-138		erfordert Eisenwolle
		Bedingungen der Rostbildung – Wie rostet Eisen am schnellsten?	◦ [8] S. 238 (Exp. 13+14) ◦ [12] S. 58 ◦ [17] Aufgabe 1 ◦ [18] S. 254 (V1) ◦ [20] S. 104 (V1) ◦ [165] C – Red 1 ◦ [295] S. 35-37 ◦ [310] Experimente A+C	◦ [693] V	◦ [8] Exp. 13: trocken, Wasser, Salzlösung und Säure; erfordert Eisenwolle; Essig oder Zitronensäure-Lösung statt verdünnte Salzsäure verwenden ◦ [8] Exp. 14: Leitungswasser, abgekochtes Leitungswasser und Regenwasser ◦ [12], [295] Planung eigener Experimente; [12] erfordert Eisenwolle ◦ [17] trocken, Mineralwasser, destilliertes Wasser, Essig, Seifenwasser und Salzwasser ◦ [18] trocken, Wasser und Salzlösung; zum Anfärben des Wassers Tinte statt Kaliumpermanganat verwenden; erfordert Eisenwolle ◦ [20] trocken und Wasser; erfordert Eisenwolle ◦ [165] trocken, Wasser, Salzwasser oder Schmier-/Speiseöl; erfordert Eisenwolle ◦ [295] Einfluss von Streusalz-Lösung bzw. destilliertem Wasser und Luft auf unterschiedliche Metalle (Eisen, verzinktes Eisen, Aluminium und Kupfer); erfordert entsprechende Metallbleche

Fortsetzung: Elektrochemische Korrosion am Lokalelement (Sauerstoff- und Säurekorrosion) und Korrosionsschutz bei Metallen (Verzinken) (LK)	Fortsetzung: Korrosion von Eisen (Rost)	Fortsetzung: Bedingungen der Rostbildung – Wie rostet Eisen am schnellsten?			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [310] Leitungswasser, Cola, Zitronensaft und Salzwasser; Vergleich von Eisen, Aluminium, Kupfer, Zink, Zinn und Silber ◦ [693] trocken oder getränkt mit Öl, destilliertem Wasser oder Salzwasser; inkl. Verbrauch von Luft (bzw. Sauerstoff)
		Eisen-Ionen sichtbar machen: Eisen-Komplexe in Essigsäure	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [89] S. 104-115 + S. 177-189 ◦ [291] S. 105f. (Experiment 94) oder [292] S. 101 (Experiment 60) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Stichwort: Säurekorrosion ◦ [89] erfordert pH-Papier
		Energiebilanz des Rostvorgangs (exotherme Reaktion)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [250] Versuch 8 ◦ [316] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Stichwort: Taschenwärmer und Wärmepflaster (Rosten gegen kalte Finger und Gelenkschmerzen) ◦ erfordert Eisenpulver, verschiedene Kohlesorten (u. a. Aktivkohle) und Thermometer ◦ Aktivkohle ggf. durch gemörserte Kohletabletten ersetzen? ◦ [250] Problem: Genauigkeit von Haushaltswaagen
		Längenänderung einer Kugelschreiberfeder beim Rosten	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [310] Experiment B 		
	Rostentfernung/-umwandlung	Untersuchung verschiedener Hausmittel zur Rostentfernung/-umwandlung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 174 ◦ [12] S. 116 ◦ [163] ◦ [181] ◦ [267] S. 21f. (V4) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7], [267] Cola; [7] untersucht zusätzlich die Wirkung von Cola auf rohes Fleisch ◦ [12] Cola und Brausetabletten ◦ [163] Zitronensaft, Zitronensäure ◦ [181] Zitronensaft

Fortsetzung: Elektrochemische Korrosion am Lokalelement (Sauerstoff- und Säurekorrosion) und Korrosionsschutz bei Metallen (Verzinken) (LK)	Korrosionsschutz von Eisen	Korrosionsschutz durch Opferanode	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [76] S. 3f. (Versuch 3) ◦ [165] C – El 4 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [727] (+[736]) V ◦ [762] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [76] Kontakt von Eisen mit Magnesium und Kupfer; erfordert Kupfer- und Magnesiumband (alternativ: Kupferdraht und Aluminiumfolie); ggf. Salzwasser oder Säure verwenden, um Vorgang zu beschleunigen ◦ [165] Kontakt von Eisen mit Aluminium und Kupfer sowie Kontakt von Kupfer mit Aluminium ◦ [727] Kontakt von Eisen mit Zink, Zinn und Kupfer; Einbettung in Gelatine-Bett mit Phenolphthalein und Kaliumhexacyanidoferrat(III); [736] zeigt Nachweisreaktionen mit Phenolphthalein und Kaliumhexacyanidoferrat(III) ◦ [762] Kontakt von Eisen mit Magnesium und Kupfer; Einbettung in Agar-Bett mit Phenolphthalein und Kaliumhexacyanidoferrat(III)
		Korrosionsschutz durch Opferanode: Der Bleistiftspitzer im Salzbad	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [12] S. 60 ◦ [46] Versuch 1-5 ◦ [100] ◦ [165] C – El 5 ◦ [190] ◦ [251] Auftrag 2-4 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [12], [165] nur Untersuchung des intakten Spitzers in Salzlösung; [165] zusätzlich Kontakt von Aluminium mit Kupfer (Zusatzversuch) ◦ [46], [100], [190], [251] Untersuchung des intakten Spitzers sowie von Klinge und Gehäuse einzeln; [46], [100], [251] Untersuchung von Salzlösung und saurer Lösung; [190] nur Salzlösung, aber zusätzlich Kontakt von Eisen mit Kupfer (Experiment 4)

Fortsetzung: Elektrochemische Korrosion am Lokalelement (Sauerstoff- und Säurekorrosion) und Korrosionsschutz bei Metallen (Verzinken) (LK)	Fortsetzung: Korrosionsschutz von Eisen	Korrosionsschutz durch metallische Überzüge (Galvanisieren)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] VE ◦ [715] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [479] Galvanisieren verschiedener Metallgegenstände; unter „Elektrochemie“ → „Elektrochemie“ → „Galvanisierung“; zur Auswahl stehen 6 Metallgegenstände (Anoden), 3 Elektrolyte und 5 Kathoden; Spannung kann variiert werden; ggf. Geschwindigkeit erhöhen (unter Bearbeiten) ◦ [715] Verzinken eines Eisen-Nagels
		Korrosionsschutz durch nichtmetallische Überzüge	◦ [8] S. 239 (Exp. 17)		Leichtmaschinenöl und Lack
		Planung eigener Experimente zu kathodischem Korrosionsschutz, Galvanisieren und nichtmetallischen Überzügen	◦ [12] S. 61-63		
		Folgen von defektem Korrosionsschutz	◦ [8] S. 239 (Exp. 18)		Überzüge aus Leichtmaschinenöl, Lack, Zinn, Zink und Plastik
	Korrosion von Silber	Anlaufen von Silber	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [49] Versuch 1A oder [272] Versuch 1 oder [280] Experiment 1 ◦ [107] Experimente A1-A3 		
		Elektrolytisches Reinigen von Silber	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 254 (Material B) ◦ [49] Versuch 2 oder [272] Versuch 3 oder [280] Experiment 2 (1. Teil) ◦ [107] Experiment B ◦ [165] C – EI 1 ◦ [267] S. 18-20 (V3) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [165] ohne Multimeter durchführen ◦ Herstellung von angelaufenem Silberbesteck: [49] Versuch 1A, [107] Experiment A2+A3, [272] Versuch 1 oder [280] Experiment 2
	Korrosion anderer Metalle	Korrosion von Eisen, Aluminium, Kupfer, Zinn und Silber unter verschiedenen Bedingungen	◦ [17] Aufgabe 1+3+5		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Bedingungen: trocken, Mineralwasser, destilliertes Wasser, Essig, Seifenwasser und Salzwasser ◦ bei Aluminium zusätzlich Sauerkraut
		Korrosion von Eisen, Aluminium, Kupfer, Zink und Zinn unter verschiedenen Bedingungen	◦ [310] Experimente A+C		Bedingungen: Leitungswasser, Cola, Zitronensaft, Salzwasser
		Korrosion von Eisen, Messing und Kupfer in Salzlösung	◦ [8] S. 238 (Exp. 15)		

Fortsetzung: Elektrochemische Korrosion am Lokalelement (Sauerstoff- und Säurekorrosion) und Korrosionsschutz bei Metallen (Verzinken) (LK)	Fortsetzung: Korrosion anderer Metalle	Kupfer unter Umwelteinflüssen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] S. 144 (V2) ◦ [173] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [13] Einfluss von Säuren, Laugen, Feuchtigkeit und Salz; erfordert Eisenwolle und mehrere Kupferblechstreifen ◦ [173] Einfluss von Säuren; erfordert Kupferblech
	Lokalelement, Kontaktkorrosion	Kontakt von Eisen mit Magnesium/Aluminium: Bleistiftspitzer	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [12] S. 60 ◦ [46] ◦ [100] ◦ [165] C – EI 5 ◦ [190] ◦ [251] Auftrag 2-4 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [12], [165] nur Untersuchung des intakten Spitzers in Salzlösung; [165] zusätzlich Kontakt von Aluminium mit Kupfer (Zusatzversuch) ◦ [46], [100], [190], [251] Untersuchung des intakten Spitzers sowie von Klinge und Gehäuse einzeln; [46], [100], [251] Untersuchung von Salzlösung und saurer Lösung; [46] zusätzlich Bau einer Spitzerbatterie; [190] nur Salzlösung, aber zusätzlich Kontakt von Eisen mit Kupfer (Experiment 4)
		Kontakt von Eisen mit edleren und unedleren Metallen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [76] S. 3f. (Versuch 3) ◦ [165] C – EI 4 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [727] (+[736]) V ◦ [762] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [76] Kontakt von Eisen mit Magnesium und Kupfer; erfordert Kupfer- und Magnesiumband (alternativ: Kupferdraht und Aluminiumfolie); ggf. Salzwasser oder Säure verwenden, um Vorgang zu beschleunigen ◦ [165] Kontakt von Eisen mit Aluminium und Kupfer sowie Kontakt von Kupfer mit Aluminium ◦ [727] Kontakt von Eisen mit Zink, Zinn und Kupfer; Einbettung in Gelatine-Bett mit Phenolphthalein und Kaliumhexacyanidoferrat(III); [736] zeigt Nachweisreaktionen mit Phenolphthalein und Kaliumhexacyanidoferrat(III) ◦ [762] Kontakt von Eisen mit Magnesium und Kupfer; Einbettung in Agar-Bett mit Phenolphthalein und Kaliumhexacyanidoferrat(III)

Fortsetzung: Elektrochemische Korrosion am Lokalelement (Sauerstoff- und Säurekorrosion) und Korrosionsschutz bei Metallen (Verzinken) (LK)	Fortsetzung: Lokalelement, Kontaktkorrosion	Kontakt von Eisen mit Zink	◦ [8] S. 239 (Exp. 16)		erfordert Zink- und Eisenblech (ggf. durch zersägten verzinkten Nagel ersetzen o. ä.); Kochsalzlösung statt Salzsäure verwenden
		Kontakt von Kupfer mit Zink		◦ [420] V	in Salzsäure
<i>Sonstiges</i>	Redoxtitration	Permanganometrie von Eisen(II)-Ionen		◦ [568] VE	◦ interaktives Videoexperiment ◦ zu Beginn oben rechts die Sprache umstellen

Q3.4 Puffersysteme – Säure-Base-Puffer

Tabelle 33: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q3.4 Puffersysteme – Säure-Base-Puffer“ der Q3.
(Quellen für Videoexperimente: [\[unvertonte Videos\]](#); [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Definition und grundlegende Wirkungsweise von Puffersystemen am Beispiel des Essigsäure-Acetat-Puffers, Berücksichtigung des Prinzips des kleinsten Zwangs (LK/GK)	Essigsäure-Acetat-Puffer	Wasser versus Essigsäure/Acetat-Puffer: Zugabe von Natronlauge bzw. Salzsäure		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [422] V ◦ [734] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [422] mit pH-Elektrode ◦ [734] mit Universalindikator(papier)
		Essigsäure- bzw. Natriumacetat-Lösung versus Essigsäure/Acetat-Puffer: Zugabe von Natronlauge bzw. Salzsäure		◦ [469] V	
Bedeutungen von Puffern: Kohlensäure-Hydrogencarbonat-Puffersystem im Blut (LK/GK)	Kohlensäure-Hydrogencarbonat-Puffer	Kochsalz- vs. Natron-Lösung: Zugabe von Zitronensaft/-säure	◦ [232], [234] Experiment 1B		ggf. Zitronensäure-Lösung statt Zitronensaft verwenden
Puffergleichung (Henderson-Hasselbalch-Gleichung) zur quantitativen Betrachtung von Pufferlösungen: Berechnungen zur Zusammensetzung von Pufferlösungen und pH-Werten (LK)					
Pufferkapazität (LK)					
Sonstiges	Glycin-Puffer	Pufferwirkung von Glycin		◦ [588] V	Video ist nicht optimal, aber das einzig verfügbare zu diesem Thema

Q3.5 Geschwindigkeit chemischer Reaktionen

Tabelle 34: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q3.5 Geschwindigkeit chemischer Reaktionen“ der Q3.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation]; [vertonte Videos mit Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Zeitlicher Verlauf einer Reaktion: Mittlere und momentane Reaktionsgeschwindigkeit, c/t-Diagramme (LK/GK)	Volumenänderung in Abhängigkeit von der Zeit (V-t-Diagramme)	Zerfall von Bierschaum (Simulation einer Reaktion)	◦ [9] S. 108		erfordert Messzylinder (100 mL oder 250 mL); ggf. im kleineren Maßstab mit Einwegspritze möglich
		Zeitlicher Verlauf der Reaktion zwischen Ameisensäure und Magnesium		◦ [670] V	inkl. Aufzeichnung des Diagramms in Echtzeit
		Zeitlicher Verlauf der Reaktion zwischen Salzsäure und Magnesium		◦ [410] V	Schüler:innen können Diagramm selbst erstellen
		Zeitlicher Verlauf der Reaktion von Salzsäure und Calciumcarbonat		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Reaktionsgeschwindigkeit“ → „Reaktionsgeschwindigkeit – Definition“
		Zeitlicher Verlauf der Explosion von Schwarzpulver		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Reaktionsgeschwindigkeit“ → „Schwarzpulver und Explosionen“
	Massenänderung in Abhängigkeit von der Zeit (m-t-Diagramme)	Zeitlicher Verlauf der Reaktion von zwischen Ameisensäure und Calciumcarbonat (Marmor)		◦ [645] V	inkl. Aufzeichnung des Diagramms in Echtzeit
		Zeitlicher Verlauf des Lösens von Steinsalz		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Reaktionsgeschwindigkeit“ → „Messen der Reaktionsgeschwindigkeit“
Einfluss unterschiedlicher Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit: Stoff, Konzentration, Temperatur, Zerteilungsgrad, Druck (LK/GK)	Einfluss der Konzentration auf die Reaktionsgeschwindigkeit	Reaktion von Magnesium mit äquimolaren Essigsäure-, Zitronensäure- und Salzsäure-Lösungen (Einfluss der Protonenkonzentration)		◦ [692] V	
		Reaktion von Magnesium mit Salzsäure-Lösungen verschiedener Konzentration (Einfluss der Protonenkonzentration)		◦ [825], [826], [827], [828], [829] V	

Fortsetzung: Einfluss unterschiedlicher Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit: Stoff, Konzentration, Temperatur, Zerteilungsgrad, Druck (LK/GK)	Fortsetzung: Einfluss der Konzentration auf die Reaktionsgeschwindigkeit	Reaktion von Natriumthiosulfat mit Salzsäure		◦ [460] V	
		Landolt-Reaktion (oder: Landolt'sche Zeitreaktion, Ioduhr)		◦ [406] V	erste ohne, dann mit Zeitmessung
		Reaktion von Calciumcarbonat mit Salzsäure-Lösungen unterschiedlicher Konzentration		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Reaktionsgeschwindigkeit“ → „Konzentration und Geschwindigkeit“
	Einfluss der Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit	Reaktion von Oxalsäure mit Kaliumpermanganat		◦ [494] V	
		Reaktion von Calciumcarbonat mit Salzsäure bei unterschiedlichen Temperaturen		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Reaktionsgeschwindigkeit“ → „Temperatur und Geschwindigkeit“
	Einfluss des Zerteilungsgrads auf die Reaktionsgeschwindigkeit	Reaktion von Salzsäure mit Zinkpulver und Zinkgranalien		◦ [666] V	
		Brennbarkeit von Eisen, Aluminium und Petrol		◦ [496] V	
		Reaktion von Salzsäure mit feinem, mittelfeinem und grobem Calciumcarbonat		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Reaktionsgeschwindigkeit“ → „Oberfläche und Geschwindigkeit“
	Einfluss von Konzentration, Temperatur und Zerteilungsgrad auf die Reaktionsgeschwindigkeit	Die CO ₂ -„Gasuhr“	◦ [9] S. 93		◦ erfordert Marmor (Granulat oder Stücke) ◦ Flasche mit Knete und Strohalm statt Erlenmeyerkolben mit Stopfen und Glasrohr verwenden
	Vorgänge auf Teilchenebene: Stoßtheorie (LK/GK)	Modellexperiment zur Bestimmung von Reaktionsordnungen	Reaktion zweiter Ordnung (bimolekularer Stoß)	◦ [9] S. 112	
Aktivierungsenergie und Katalyse (LK/GK)	Aktivierungsenergie	Wunderkerzen und Knallerbsen zur Demonstration der Aktivierungsenergie	◦ [318] S. 134f. (Versuch 21) + S. 138-141 (Versuch 24) ◦ [329] ◦ [346]		◦ [318], [346] Wunderkerzen und Knallerbsen ◦ [329] Knallerbsen
		Entzünden von Streichhölzern	◦ [318] S. 135f. (Versuch 22)		Aktivierung durch Wärme oder mechanische Arbeit
		Entzünden von Stahlwolle	◦ [318] S. 136-138 (Versuch 23)		Aktivierung durch Wärme oder elektrischen Strom

Fortsetzung: Aktivierungsenergie und Katalyse (LK/GK)	Fortsetzung: Aktivierungsenergie	Saugheber-Modell zur Aktivierungsenergie	◦ [342], [357]		statt Rundkolben können auch zwei Schüsseln verwendet werden, von denen eine erhöht auf einem Tisch/Stuhl/Bücherstapel o. ä. steht	
		Knallgas-Reaktion		◦ [788] V	zusätzlich: Palladium-Platin als Katalysator	
		Exotherme Reaktion von Zink und Schwefel		◦ [458] V		
		Exotherme Reaktion von Eisen und Schwefel		◦ [721] V		
		Exotherme Reaktion von Kupfer und Schwefel		◦ [812] V		
	Katalyse	Asche als Katalysator: Zuckerverbrennung	◦ [8] S. 83 (Exp. 19) ◦ [20] S. 165 (V1) ◦ [291] S. 24f. (Experiment 11)	◦ [796] V		
		Entzünden von Wasserstoff mit Hilfe eines Platinkatalysators		◦ [641] V		
		Katalytische Zersetzung von Wasserstoffperoxid		◦ [407] V ◦ [479] VE ◦ [491] V ◦ [725] V ◦ [801] V	◦ [407] Braunstein; inkl. Kupfersulfat- und Glimmspanprobe ◦ [479] Braunstein vs. unkatalysiert; unter „Anorganische Chemie“ → „Reaktionsgeschwindigkeit“ → „Katalysatoren und Reaktionsgeschwindigkeit“ ◦ [491], [725] Kaliumiodid; [491] inkl. Glimmspanprobe, [725] Herstellung von Elefantenzahnpasta ◦ [801] Platin und Braunstein; inkl. Wärmebild, Glimmspanprobe und Wiederverwendbarkeit	
		Katalytische Verbrennung von Methanol: Der oszillierende Platindraht		◦ [741] V		
		Enzymatische Zersetzung von Wasserstoffperoxid: Katalase in Kartoffeln	◦ [20] S. 164 (V3) ◦ [195] Versuch 2 ◦ [256], [257] Auftrag 1 oder [271] Vorbereitung 1, Versuch 4+5 oder [313] Experiment 2			◦ erfordert Wasserstoffperoxid-Lösung (alternativ: Kontaktlinsenflüssigkeit) ◦ [20], [195], [268] nativ vs. denaturiert; [268] Münze in Kerzen- statt Brennerflamme erhitzen

Fortsetzung: Aktivierungsenergie und Katalyse (LK/GK)	Fortsetzung: Katalyse	Fortsetzung: Enzymatische Zersetzung von Wasserstoffperoxid: Katalase in Kartoffeln	◦ [268]		◦ [256], [257], [271], [313] Untersuchung verschiedener Temperaturen und Konzentrationen
		Proteasen aus Fruchtsäften, Spül- und Waschmitteln	◦ [18] S. 156 (V3) ◦ [90] S. 52f. ◦ [123], [124] ◦ [164] ◦ [247] Experiment 2+3 ◦ [259] S. 6-8 (Demonstration 1) ◦ [291] S. 189f. (Experiment 179) ◦ [292] S. 147f. (Experiment 108+109)		◦ [18] Wirkung von verschiedenen Waschmitteln auf Gelatine; Genauigkeit der Haushaltswaage ungenügend: entweder Briefwaage nutzen oder improvisieren (1 TL oder 1 Messerspitze Waschmittel o. ä.) ◦ [90] Wirkung von Spülmittel auf Gummibärchen (mit und ohne Gelatine) ◦ [123], [124] Wirkung von Fruchtsäften (frisch, abgekocht) auf Gummibärchen ◦ [164] Wirkung von Fruchtsäften (frisch, eingefroren, abgekocht) auf Gummibärchen, Gelatine und Joghurt ◦ [247] Experiment 2: Wirkung von Fruchtsäften und Colorwaschmittel auf Gummibärchen ◦ [247] Experiment 3: Wirkung von Colorwaschmittel auf Gelatine; untersucht Enzymaktivität in Abhängigkeit von der Zeit ◦ [259] Wirkung von Fruchtsäften auf Gummibärchen ◦ [291] Wirkung von Voll- und Wollwaschmittel auf Gelatine ◦ [292] Experiment 108: Wirkung von Fleckensalz und Vollwaschmittel auf Gelatine; erfordert Kupfersulfat ◦ [292] Experiment 109: Wirkung von Vollwaschmittel auf Gummibärchen
		Amylase im Speichel, in Honig oder in Waschmittel	◦ [57] S. 343 (EXP 13.11) ◦ [110] ◦ [134], [135] Teil c)		◦ Alternative zu Iod-Kaliumiodid-Lösung: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) oder Betaisodona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29)

Fortsetzung: Aktivierungsenergie und Katalyse (LK/GK)	Fortsetzung: Katalyse	Fortsetzung: Amylase im Speichel, in Honig oder in Waschmittel	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [291] S. 26f. (Experiment 13) + S. 191 (Experiment 181) ◦ [292] S. 146 (Experiment 107) ◦ [370] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [57], [134], [135], [291] Experiment 181, [292] Waschmittel ◦ [110], [370] Speichel ◦ [291] Experiment 13: Honig; erfordert Kunsthonig (siehe [291] Experiment 12) ◦ [57] erfordert Thermometer ◦ [134], [135] erfordert Biozym SE
		Urease in Sojamehl	◦ [274] Versuch 2		erfordert Sojamehl und Ice-Packs mit Harnstoff (Urea)
		Säure- und enzymkatalysierte Hydrolyse von Stärke		◦ [652] V	Enzym: Amylase aus dem Speichel
Autokatalyse am Beispiel der Reaktion Oxalsäure mit Kaliumpermanganat (LK)	Reaktion von Oxalsäure mit Kaliumpermanganat	Portionsweise Zugabe von Kaliumpermanganat-Lösung zu (schwefelsaurer) Oxalsäure-Lösung ohne und mit vorheriger Zugabe von Mangan(II)-sulfat		◦ [745] V	
Enzyme: Einfluss der Temperatur (LK)	Katalase	Temperaturabhängigkeit der Katalase in Kartoffeln	◦ [256], [257] Auftrag 1 oder [271] Vorbereitung 1, Versuch 4+5 oder [313] Experiment 2		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Wasserstoffperoxid-Lösung (alternativ: Kontaktlinsenflüssigkeit) ◦ Untersuchung verschiedener Temperaturen und Konzentrationen
	Amylase	Temperaturabhängigkeit der Amylase in Waschmittel	◦ [57] S. 343 (EXP 13.11)		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Iod-Kaliumiodid-Lösung (alternativ: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) <u>oder</u> Betaisodona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29)) ◦ erfordert Thermometer
	Alkoholische Gärung	Temperaturabhängigkeit der alkoholische Gärung durch Zuckerhefen	◦ [103] Experiment C oder [193] Versuch 3 oder [206] Experiment B	◦ [462] V	

Q4: Wahlthemen aus der Chemie

Q4.1 Farbstoffe – Grundlagen, Farbstoffgruppen und Färbeverfahren

Tabelle 35: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q4.1 Farbstoffe – Grundlagen, Farbstoffgruppen und Färbeverfahren“ der Q4.

(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Licht und Farbe: Sichtbares Licht, additive und subtraktive Farbmischung, Entstehung von Farbeindrücken (LK/GK)	Subtraktive Farbmischung	Trennung von Farbstoffgemischen durch Kreidechromatographie	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [14] S. 93 ◦ [15] S. 13 ◦ [95] Experimente C1-3 ◦ [165] C – Ana 1 (Versuch 1+2) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [14], [165] Versuch 1: Blattfarbstoffe; inkl. Extraktion ◦ [15], [95] Tinten; [15] mit Tafelkreide, [95] mit selbstgegossenen Gipssäulen, ◦ [165] Versuch 2: Paprikafarbstoff; inkl. Extraktion
		Trennung von Farbstoffgemischen durch Papierchromatographie	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 99f. ◦ [8] S. 46 (Exp. 1) ◦ [14] S. 90 ◦ [20] S. 64 (V1+V2) ◦ [26] S. 127-129 (Versuch 94+95) ◦ [33] S. 49-60 + S. 178-186 ◦ [41] S. 7f. (Versuch 2.2) ◦ [165] C – Ana 2 ◦ [194] Versuch 5 ◦ [253] Auftrag 4 ◦ [255] Auftrag 2 ◦ [260] S. 51 (V2) ◦ [291] S. 229f. (Experiment 224) ◦ [337] ◦ [352] ◦ [380] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7], [8], [14], [20] V1, [26], [33] S. 178-186, [165], [260], [291], [337] Filzstifte ◦ [20] V2, [352] Schokolinsen; [20] V2 erfordert Einwegpipetten ◦ [33] S. 49-60, [253] Blattfarbstoffe; inkl. Extraktion ◦ [41], [194], [255] Zaubermler; inkl. Untersuchung des Chromatogramms mit reduzierender und/oder alkalischer Lösung; [41] erfordert Natriumsulfit (bzw. Knödelhilfe o. ä.) ◦ [380] Schokolinsen und Skittles ◦ erforderliche Petrischalen durch Trink-/ Schnapsgläser oder Kunststoffdeckel von 500-mL-Joghurtbechern ersetzen

Fortsetzung: Licht und Farbe: Sichtbares Licht, additive und subtraktive Farbmischung, Entstehung von Farbeindrücken (LK/GK)	Fortsetzung: Subtraktive Farbmischung	Trennung von Blattgrün durch Dünnschichtchromatographie		◦ [638] V	
Farbigkeit und Molekülstruktur: Prinzip des allgemeinen Aufbaus von farbigen, organischen Verbindungen (Systeme mit konjugierten Doppelbindungen, Chromophore), einfache Erklärung der Farbigkeit auf Basis der Lichtabsorption (LK/GK)	Säure-Base-Indikatoren	Universalindikator, Bromthymolblau, Phenolphthalein und Rotkohllindikator		◦ [698] V	
		Universalindikator, Phenolphthalein und Lackmus		◦ [479] VE	unter „Anorganische Chemie“ → „Säuren, Basen und Salze“ → „pH-Indikatoren“
		Rotkohllindikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 63-65 + S. 68f. + S. 73f. ◦ [12] S. 190 ◦ [20] S. 38 (V1+V5) ◦ [39] ◦ [56] S. 8-16 (Versuch 2) ◦ [89] S. 70-80 + S. 142-155 ◦ [136], [137] ◦ [165] C – SL 2 Aufgabe 5 + SL 3a-c ◦ [179] ◦ [183] S. 10f. (Versuch 7-12) ◦ [201] S. 10-12 (Versuch 1-3) ◦ [277] ◦ [317] 	◦ [671] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Erklärung in [291] S. 6-8 ◦ Impuls: Rotkohl vs. Blaukraut ◦ [7] S. 63-65 Rotkohl, Rote Beete und Radieschen als Indikator ◦ [7] S. 68f., [165] Universal- und Rotkohllindikator; erfordert pH-Papier ◦ [7] S. 73f., [20], [39], [56], [89], [136], [137], [179], [183], [277], [671] nur Rotkohllindikator ◦ [12] Heidelbeeren, Preiselbeeren, Aronia, Cranberries, Brombeeren, Rotkohl und Radieschen als Indikator; Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [201] v. a. Rotkohl, nur in Versuch 1 auch schwarzer Tee ◦ [317] Rotkohl, Blüten und Radieschen als Indikator
Tee als Indikator	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 66f. ◦ [8] S. 159 (Exp. 21) ◦ [140], [141] ◦ [165] C – SL 2 Aufgabe 2+3 ◦ [192] Versuch 3a(+c) oder [252] Versuch 3a(+c) ◦ [285] S. 17-19 (Versuch 3) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] neben Tee wird auch blaues Wasser eis untersucht ◦ [140], [141] Tee und Blüten als Indikator ◦ [291] Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen 		

Fortsetzung: Farbigeit und Molekülstruktur: Prinzip des allgemeinen Aufbaus von farbigen, organischen Verbindungen (Systeme mit konjugierten Doppelbindungen, Chromophore), einfache Erklärung der Farbigeit auf Basis der Lichtabsorption (LK/GK)	Fortsetzung: Säure-Base-Indikatoren	Fortsetzung: Tee als Indikator	◦ [291] S. 41 (Experiment 28)		
		Blüten als Indikator	◦ [140], [141] ◦ [165] C – SL 2 Aufgabe 1 ◦ [317]		◦ [140], [141] Tee und Blüten als Indikator ◦ [317] Rotkohl, Blüten und Radieschen als Indikator
		Radieschen als Indikator	◦ [7] S. 63-65 ◦ [11] S. 113 ◦ [12] S. 190 ◦ [13] S. 135 (V1) ◦ [93] Experimente A1-A3 ◦ [288] ◦ [317]		◦ [7] Rotkohl, Rote Beete und Radieschen als Indikator; pH-Papier statt Universalindikatorlösung verwenden ◦ [11], [13] Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [12] Heidelbeeren, Preiselbeeren, Aronia, Cranberries, Brombeeren, Rotkohl und Radieschen als Indikator; Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen ◦ [317] Rotkohl, Blüten und Radieschen als Indikator
		Gummibärchen als Indikator	◦ [14] S. 50 (Versuch 1) ◦ [42] Versuch 2+3		◦ [42] Erhitzen der Gummibärchen auf dem Herd oder einem Stövchen; Versuch 3 erfordert Ammoniak-Lösung (z. B. Salmiak-Geist) ◦ Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen
		Brausepulver als Indikator	◦ [42] Versuch 1		Testsubstanzen an Verfügbarkeit im Haushalt anpassen
		Redox-Indikatoren	Blue Bottle: Redoxreaktion von Methylblau und Glucose		◦ [544] V ◦ [786] V
	Indigotin Bottle: Redoxreaktion von Indigotin (Indigokarmin) und Glucose		◦ [144], [145]	◦ [543] V	◦ [144], [145] erfordert blaue Lebensmittelfarbe mit Indigotin (E132) ◦ Arbeitsmaterial zu [543] unter [546]
	Red Bottle: Redoxreaktion von Safranin-T und Glucose			◦ [534] V	Arbeitsmaterial unter [559]
	Violett Bottle: Redoxreaktion von Thioninacetat und Glucose			◦ [540] V	Arbeitsmaterial unter [564]
	Oxidative Bleichmittel	Wirkung von Oxi-Reinigern auf Tinten und andere Farbstoffe	◦ [96] Experiment B, D1, D2		
		Wirkung von Oxi-Reinigern auf Traubensaft-Flecken	◦ [26] S. 126f. (Versuch 93)		

Fortsetzung: Farbigkeit und Molekülstruktur: Prinzip des allgemeinen Aufbaus von farbigen, organischen Verbindungen (Systeme mit konjugierten Doppelbindungen, Chromophore), einfache Erklärung der Farbigkeit auf Basis der Lichtabsorption (LK/GK)	Fortsetzung: Oxidative Bleichmittel	Wirkung von Chlor auf Rosenblüten		◦ [519] V	Arbeitsmaterial unter [524] H02; Achtung: Reaktionsgleichung für Reaktion von Chlor mit Wasser stimmt nicht!
	Oxidative und reduktive Bleichmittel	Wirkung von Dithioniten und Percarbonaten	◦ [142], [143] ◦ [291] S. 153 (Experiment 143) + S. 175 (Experiment 164)		◦ [142], [143], [291] S. 153: Wirkung auf Indigotin in Ostereier- und Lebensmittel-farbe; zusätzlich wird auch die Wirkung von Säuren und Basen untersucht ◦ [291] S. 175 Wirkung auf natürliche Farbstoffe (Frucht-/Gemüsesaft)
	Kombination von pH- und Redox-abhängigen Farben	Sulfite und Dithionite in Tintenkillern	◦ [245], [248] Aufgabe 1		◦ ggf. Versuche mit Knödelhilfe (Natriumsulfit) wiederholen; siehe [194] Versuch 4 ◦ ggf. Essig oder Zitronensäure-Lösung statt Zitronensaft einsetzen
		Sulfite und Dithionite in Tintenkillern und Zaubermalern	◦ [41] S. 1-3 + S. 5-8 ◦ [194] ◦ [255]		◦ [41] S. 2 erfordert pH-Papier ◦ [41] S. 3 erfordert Iod-Kaliumiodid-Lösung (erbsengroßes Stück Povidon-Iod-Salbe in 1 TL Wasser lösen (vgl. [194] Versuch 1)); Stärke auf Herdplatte oder Stövchen lösen ◦ [41] S. 5 Essig oder Zitronensäure statt Salzsäure verwenden ◦ [41] S. 6 Essig und Natron/Soda statt Salzsäure und Natronlauge verwenden ◦ [41] S. 7f. erfordert Natriumsulfit (z. B. Knödelhilfe) ◦ [255] als saure Testlösung besser Zitronensäure-Lösung verwenden
	Blattfarbstoffe	Chlorophyll + Kupfer	◦ [10] S. 228 ◦ [289] oder [291] S. 88 (Experiment 78) ◦ [374]		◦ Stichwort: Ionenaustauscher ◦ [10] erfordert Kupfersulfat und Kupferblech ◦ [289], [291], [374] erfordern Kupfersulfat
		Extraktion von Blattfarbstoffen	◦ [7] S. 86 ◦ [291] S. 73f. (Experiment 63)		

Fortsetzung: Farbigeit und Molekülstruktur: Prinzip des allgemeinen Aufbaus von farbigen, organischen Verbindungen (Systeme mit konjugierten Doppelbindungen, Chromophore), einfache Erklärung der Farbigeit auf Basis der Lichtabsorption (LK/GK)	Thermochromie	Thermochrome Tinten	◦ [284]		◦ Impuls: Kassenzettel ◦ [284] Marmeladenglas auf Herdplatte oder Stövchen statt Becherglas auf Magnetrührer
Färbeverfahren: Unterschiedliche Verfahren und deren Anwendung (LK/GK)	Direktfärben	Färben von tierischen und pflanzlichen Fasern mit Malventee und Rote Betsud	◦ [231], [238], [239] Aufgabe 2		erfordert Thermometer
		Färben von Stoffproben mit Heidelbeeren	◦ [7] S. 89f.		
		Färben von (Baum-)Wollfäden mit Lebensmittelfarben	◦ [291] S. 152f. (Experiment 142)		
		Färben von Seide mit Neutralrot		◦ [713] V	
	Färben von Eierschalen	Eier natürlich färben	◦ [282]		
Eier natürlich oder mit Eierfarben färben	◦ [373]				
Erweiterung der Erklärung der Farbigeit in Abhängigkeit von der Molekülstruktur im Sinne des Orbitalmodells (z. B. Fluoreszenz oder Phosphoreszenz) (LK)	Fluoreszenz	Chlorophyll	◦ [229] S. 5-7 (V2) ◦ [377] S. 24 + S. 29f. (Versuch 11)	◦ [638] V ◦ [644] V	◦ Heimexperimente erfordern Schwarzlicht-Glühlampe oder Laserpointer ◦ [229] Chlorophyll aus Petersilie; erfordert Aceton ◦ [377] Chlorophyll aus Petersilie und grünem Tee; Spiritus statt Ethanol verwenden ◦ [638] Chlorophyll aus frischen Blättern; inkl. Dünnschichtchromatographie ◦ [644] Chlorophyll aus Kürbiskernöl
		Berberin in Schöllkraut und Berberitze	◦ [23] S. 35f.		◦ erfordert Schwarzlicht-Glühlampe oder Laserpointer ◦ Achtung: Beide Pflanzen sind giftig!
		Aesculin in Kastanien	◦ [90] S. 18f.		erfordert Schwarzlicht-Glühlampe oder Laserpointer

Fortsetzung: Erweiterung der Erklärung der Farbigkeit in Abhängigkeit von der Molekülstruktur im Sinne des Orbitalmodells (z. B. Fluoreszenz oder Phosphoreszenz) (LK)	Fortsetzung: Fluoreszenz	1-Naphthylamin-4-sulfonsäure aus Powerade „Wild Cherry“ und roter Saubär Badewasserfarbe (fluoreszierende Chamäleon-Bällchen)	◦ [297] Versuch 1		◦ erfordert Calciumchlorid, Natriumalginat, Einwegpipette sowie Schwarzlicht-Glühlampe oder Laserpointer ◦ Natron/Soda statt Natronlauge verwenden
		Pyranin in Textmarkern (fluoreszierende Chamäleon-Bällchen)	◦ [297] Versuch 2		◦ erfordert Calciumchlorid, Natriumalginat, Einwegpipette sowie Schwarzlicht-Glühlampe oder Laserpointer ◦ Essig-/Zitronensäure statt Salzsäure verwenden
		Riboflavin in Puddingpulver	◦ [286]		◦ erfordert Schwarzlicht-Glühlampe oder Laserpointer ◦ statt Natriumdithionit kann Heitmann Power-Entfärber verwendet werden
		Fluoreszenz von Geldscheinen und Briefmarken	◦ [229] S. 7f. (V3)		◦ Stichwort: Sicherheitsmerkmale von Banknoten und Briefmarken ◦ erfordert Schwarzlicht-Glühlampe oder Laserpointer
Erklärung der Vertiefung der Farbe durch funktionelle Gruppen (Bathochrome, z. B. Auxochrome und Antiauxochrome) (LK)					
Azofarbstoffe: Diazotierung und Mechanismus der Azokupplung (LK)	Synthese von Azofarbstoffen	Synthese von β -Naphtholorange		◦ [578] V	Problem: Am Ende des Videos ist ein Video verlinkt, in dem der Mechanismus der Diazotierung und Azokupplung erläutert wird.

Q4.2 Chemische Zusatzstoffe in Lebensmitteln

Tabelle 36: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q4.2 Chemische Zusatzstoffe in Lebensmitteln“ der Q4.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Gelatine (z. B. Gewinnung, Verwendung als Geliermittel, Aufbau, Eigenschaften) (LK/GK)	Nachweis von Proteinen in Gelatine	BIURET-Reaktion	◦ [291] S. 136f. (Experiment 125) oder [292] S. 141 (Experiment 102)		◦ erfordert Kupfersulfat ◦ kann z. B. auch mit Gummibären durchgeführt werden (vgl. [379] S. 5-7)
	Verwendung als Geliermittel	Herstellung von Gummibärchen	◦ [11] S. 186		
		Gelierung eines Apfelsaftes	◦ [291] S. 78f. (Experiment 69)		
	Verwendung als Klebstoff	Klebstoff aus Gummibärchen	◦ [70] Experiment 3b		erfordert Thermometer
		Klebstoff aus Gelatine	◦ [70] Experiment 3a ◦ [97] Experiment C1-C3		[70] erfordert Thermometer, Glycerin und Einwegpipette oder -spritze
Empfindlichkeit gegenüber Proteasen	Einfluss von Proteasen aus Fruchtsäften auf Gummibärchen	◦ [123], [124] ◦ [247] Experiment 2 ◦ [259] S. 6-8 (Demonstration 1)		◦ [123], [124] inkl. Vergleich zwischen frischem und abgekochtem Fruchtsaft ◦ [247] zusätzlich Einfluss von Proteasen aus Colorwaschmittel auf Gummibärchen	
Gelatine vs. Pektine	Unterscheidung zwischen Gummibärchen mit und ohne Gelatine	◦ [291] S. 151f. (Experiment 141)			
Fettersatzstoffe: Saccharosepolyester (z. B. Olestra) (LK/GK)					
Carbonsäuren (z. B. Säuerungsmittel, Konservierungsmittel, Oxidationshemmer, reduzierende Wirkung von Ascorbinsäure/Vitamin C) (LK/GK)	Ascorbinsäure/Vitamin C als Konservierungsmittel	Einfluss von Vitamin C auf die enzymatische Bräunung	◦ [13] S. 383 (Aufgabe 5) ◦ [18] S. 105 (V1) oder [20] S. 395 (V1) ◦ [28] S. 17f. (Versuch 6) ◦ [88] Experiment 2 ◦ [146], [147] ◦ [291] S. 56 (Experiment 42)		◦ [13] unbehandelt vs. Zitronensaft ◦ [18], [20], [28] unbehandelt vs. Ascorbinsäurelösung; erfordert Ascorbinsäure (z. B. Vitamin C-Pulver oder -Brausetabletten) ◦ [88] unbehandelt vs. Leitungswasser vs. Ascorbinsäurelösung vs. Zitronensaft; erfordert Ascorbinsäure (z. B. Vitamin C-Pulver oder -Brausetabletten); ohne Be-gasung mit Sauerstoff

Fortsetzung: Carbonsäuren (z. B. Säuerungsmittel, Konservierungsmittel, Oxidationshemmer, reduzierende Wirkung von Ascorbinsäure/Vitamin C) (LK/GK)	Fortsetzung: Ascorbinsäure/Vitamin C als Konservierungsmittel	Fortsetzung: Einfluss von Vitamin C auf die enzymatische Bräunung			◦ [146], [147] Leitungswasser vs. Ascorbinsäurelösung vs. Multivitaminensaft; erfordert Ascorbinsäure
		Nachweis der reduzierenden Wirkung durch Iod-Stärke-Reaktion	◦ [60] ◦ [292] S. 115 (Experiment 76) + S. 206 (Experiment 157)		erfordert Ascorbinsäure (z. B. Vitamin C-Pulver oder -Brausetabletten) und Iod-Lösung (siehe [66] oder [292] S. 205)
		Nachweis der reduzierenden Wirkung durch Reaktion mit Eisen(III)-Ionen	◦ [292] S. 114 (Experiment 74)		erfordert Ascorbinsäure (z. B. Vitamin C-Pulver oder -Brausetabletten) und essigsaure Eisen(III)-Ionen-Lösung (siehe [292] S. 101)
Pektine (z. B. allgemeiner Aufbau, Monomere Galacturonsäure/Rhamnose, Polymer und Verknüpfung und glycosidische Bindung, gelierende Wirkung) (LK)	Gelatine vs. Pektine	Unterscheidung zwischen Gummibärchen mit und ohne Gelatine	◦ [291] S. 151f. (Experiment 141)		
	Pektin-Gel mit Calcium-Ionen	Gelierung in Anwesenheit von Kalkwasser	◦ [291] S. 78 (Experiment 68)		
Cyclodextrine (z. B. molekularer Aufbau am Beispiel α -Cyclodextrin, Erklärung des reversiblen Einschusses auf molekularer Ebene) (LK)	β -Cyclodextrin	Wasserlöslichkeit von β -Cyclodextrin	◦ [305]		◦ erfordert β -Cyclodextrin ◦ Vergleich mit Saccharose, Glucose und Stärke
		Stabilisierung von O/W-Emulsionen durch β -Cyclodextrin	◦ [307]		erfordert β -Cyclodextrin
		Entfernung der Bitterstoffe von Pampelmusensaft	◦ [306]		erfordert β -Cyclodextrin
		Maskierung von Knoblauchgeruch durch β -Cyclodextrin	◦ [304]		erfordert β -Cyclodextrin
Sonstiges	Alginate	Alginat-Bällchen	◦ [101] ◦ [207]		erfordert Natriumalginat und Calciumlactat
		Restrukturierte Paprikastreifen		◦ [542] V	Arbeitsmaterial unter [545]
		Fluoreszierende Chamäleon-Bällchen	◦ [297]		◦ erfordert Calciumchlorid, Natriumalginat, Einwegpipette sowie Schwarzlicht-Glühlampe oder Laserpointer ◦ Essig-/Zitronensäure und Natron/Soda statt Salzsäure und Natronlauge verwenden

<i>Fortsetzung: Sonstiges</i>	Lecithine	Wirkung von Lecithinen in Schokolade und Eigelb als Emulgatoren	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [334] ◦ [366] S. 18-22 (Experiment 4 + Demonstration 2) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [334] untersucht Emulgiervermögen von Ei-Lecithinen; Paprikapulver statt Methylrot verwenden ◦ [366] untersucht Emulgiervermögen und Temperaturempfindlichkeit; erfordert Lecithin (aus Apotheke)
-------------------------------	-----------	---	--	--	--

Q4.3 Komplexchemie

Tabelle 37: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q4.3 Komplexchemie“ der Q4.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Aufbau und Struktur von komplexen Verbindungen: Zentralteilchen und Ligand, Koordinationszahl, oktaedrische Struktur, mehrzählige Liganden (LK/GK)	Kupfer(II)-Komplexe	Reaktion von Kupfer(II)-oxid mit Salzsäure: Bildung von Tetrachloridocuprat(II)		◦ [485] V	
		Reaktion von Kupfer(II)-oxid mit Essigsäure	◦ [8] S. 380 (Exp. 20) ◦ [270] Versuch 1		
		Reaktion von Kupfer(II)-oxid mit Zitronensäure	◦ [89] S. 88-91 + S. 159f.		
	Silber(I)-Komplex	Simultangleichgewicht: Komplexdissoziation vs. Löslichkeitsprodukt bei der Zugabe von konz. Ammoniak-Lösung zu Silberchlorid		◦ [567] VE	
	Chelatkomplexe mit Zitrat als mehrzähligen Liganden	Reaktion von Calciumcarbonat mit Zitronensäure	◦ [267] S. 14-16 (V2a+b)		◦ Stichwort: Heißentkalken ◦ erfordert Calciumcarbonat
		Reaktion von Kupfer(II)-oxid mit Zitronensäure	◦ [89] S. 88-91 + S. 159f.		
	Chlorophylle als Chelatkomplexe	Stabilität von magnesium- und kupferhaltigen Chlorophyll-Komplexen	◦ [10] S. 228 ◦ [289] oder [291] S. 88 (Experiment 78) ◦ [374]		◦ Stichwort: Ionenaustauscher ◦ [10] erfordert Kupfersulfat und Kupferblech ◦ [289], [291], [374] erfordern Kupfersulfat
Mehrkernige Komplexe	Reaktion von Eisen mit Essigsäure: Bildung dreikerniger Eisen(III)-Komplexe	◦ [89] S. 104-115 + S. 177-189 ◦ [291] S. 105f. (Experiment 94) oder [292] S. 101 (Experiment 60)		[89] erfordert pH-Papier	

Ligandenaustauschreaktionen (z. B. Bildung von Amin-Komplexen aus Aqua-Komplexen, Kupfertetraamminkomplex $(\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2)^{2+}$) (LK/GK)	Ligandenaustausch an Kupfer(II)-Ionen: Bildung des Kupfertetraamminkomplex -Komplexes $(\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2)^{2+}$	Hexaaqua- und Tetraammin-Komplex: Kupfermünzen und Hirschhornsalz	◦ [89] S. 97-104 (Schritte 1-3) + S. 164-176		erfordert pH-Papier
		Hexaaqua- und Tetraammin-Komplex: Kupfersulfat und Hirschhornsalz	◦ [291] S. 46 (Experiment 34; Anregung für weiteres Experiment) ◦ [292] S. 167 (Experiment 125)		erfordert Kupfersulfat
		Hexaaqua- und Tetraammin-Komplex: Kupfersulfat und Ammoniak	◦ [7] S. 98		◦ Stichwort: Geheimtinte ◦ erfordert Kupfersulfat und Ammoniak (z. B. Salmiak-Geist)
		Tetrachlorido-, Hexaaqua- und Tetraammin-Komplex		◦ [717] V ◦ [766] V ◦ [767] V	◦ [717] Zugabe von Ammoniak- bzw. Natriumchlorid-Lösung zu einer Kupfer(II)-sulfat-Lösung und Verdünnen mit Wasser ◦ [766] Zugabe von Natriumchlorid zu einer Kupfer(II)-chlorid-Lösung, Verdünnen mit Wasser und Zugabe von Ammoniak-Lösung ◦ [767] Zugabe von Wasser, Salzsäure-, Ammoniak- bzw. Salzsäure- und Silbernitrat-Lösung zu einer Kupfer(II)-chlorid-Lösung
		Hexaaqua- und Diglycino-Komplex		◦ [765] V	Zugabe von Glycin- zu Kupfersulfat-Lösung, Untersuchung des pH-Werts und Zugabe von Natronlauge
	Ligandenaustausch an Cobalt(II)-Ionen	Hexaaquacobalt(II)- und Tetrachloridocobaltat(II)-Komplex		◦ [501] V	Zugabe von Cobalt(II)-chlorid-Hexahydrat zu Wasser, verdünnter oder konzentrierter Salzsäure-Lösung und anschließendes Verdünnen mit Wasser
	Ligandenaustausch an Eisen(III)-Ionen	Triaquatrithiocyanatoeisen(III)- und Hexaaquaeisen(III)-Komplex		◦ [720] V	Verdünnen von Eisen(III)-thiocyanat-Lösung (im Vergleich zum Verdünnen von roter Lebensmittelfarbe-Lösung)

Komplexverbindungen in der analytischen Chemie (z. B. titrimetrische Bestimmung der Wasserhärte oder des Ca ²⁺ -Gehaltes einer Vitamintablette, EDTA als sechszähliger Ligand) (LK/GK)	EDTA	Wasserenthärtung durch Komplexbildner	◦ [291] S. 196f. (Experiment 188)		
		Titrimetrische Bestimmung der Wasserhärte		◦ [468] V	
Modellvorstellungen zur Bindung in Komplexen (z. B. erweiterte Edelgasregel, Valence-Bond-Theorie) (LK)					
Weitere Anwendungsbereiche von Komplexen (z. B. Ziegler-Natta-Katalysatoren im Rahmen der Kunststoffsynthese) (LK)					

Q4.4 Nachhaltige Chemie am Beispiel eines modernen Waschmittels

Tabelle 38: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q4.4 Nachhaltige Chemie am Beispiel eines modernen Waschmittels“ der Q4.

(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Strukturen und Eigenschaften ausgewählter Tenside (z. B. anionische, kationische und nichtionische Tenside) (LK/GK)	Emulgatorwirkung	Emulgatorwirkung einer Seifenlösung	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] S. 230-232 (Versuch 56) ◦ [13] S. 285 (V3) 		Sudanrot durch Paprikapulver ersetzen
		Emulgatorwirkung von Spülmittel	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 111f. + S. 116 ◦ [132], [133] Teil c) ◦ [165] C – Gem 1b ◦ [183] S. 8 (Versuch 5) 	◦ [608] V	[183] Sudanrot durch Paprikapulver ersetzen
		Emulgatorwirkung von Spülmittel und Gallseife	◦ [291] S. 198 (Experiment 190)		
		Emulgatorwirkung von Spülmittel und Kernseife	◦ [11] S. 70 (Station 5)		
		Emulsionstypen: W/O- oder O/W-Emulsion	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 122f. ◦ [18] S. 81 (V2) oder [20] S. 369 (V2) ◦ [57] S. 338 (EXP 13.07) ◦ [165] C – Gem 2 ◦ [309] S. 44 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7], [18], [20], [309] Untersuchung von Cremeproben; [7], [18], [20] erfordern Methyleneblau ◦ [57] Herstellung von W/O- und O/W-Emulsionen ◦ [165] Untersuchung verschiedener Emulsionen
	pH-Wert	Alkalität von Seifen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [11] S. 71 (Station 6) ◦ [291] S. 197 (Experiment 189) 		[11] Rotkohlsaft statt Phenolphthalein-Lösung und ggf. pH-Papier verwenden
Oberflächenspannung	Oberflächenspannung von Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 106f. ◦ [8] S. 265 (Exp. 1) ◦ [10] S. 149 ◦ [13] S. 288 (Aufgabe 2) ◦ [183] S. 7 (Versuch 2) 	◦ [683] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] Wasserberg und schwimmende Gegenstände ◦ [8], [10] schwimmende Büroklammer; [10] erfordert Lupe ◦ [13], [183], [683] Wasserberg; [183] erfordert Einwegpipette 	

Fortsetzung: Strukturen und Eigenschaften ausgewählter Tenside (z. B. anionische, kationische und nichtionische Tenside) (LK/GK)	Fortsetzung: Oberflächenspannung	Einfluss von Tensiden auf die Oberflächenspannung von Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 108 ◦ [14] S. 147 ◦ [18] S. 387 (V2+V3) ◦ [132], [133] Teil b) ◦ [178] ◦ [183] S. 7 (Versuch 3, Variante 2) ◦ [260] S. 308 (V1) ◦ [283] S. 26f. 	◦ [672] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7], [132], [133], [178], [183], [672] schwimmende und sinkende Büroklammer ◦ [14], [18] schwimmende und sinkende Gegenstände und Wasserberge ◦ [260] schwimmende und sinkende Büroklammern und Korken ◦ [283] Bootsfahrt ohne Motor
	Grenzflächenaktivität	Verdrängung von Pfeffer auf der Wasseroberfläche	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 109f. ◦ [11] S. 70 (Station 3) ◦ [18] S. 386 (V1) ◦ [132], [133] Teil a) ◦ [183] S. 7 (Versuch 3, Variante 1) 		
		Modellexperiment zur Anordnung von Tensiden an der Wasseroberfläche	◦ [355]		erfordert Stearinsäure (kann ggf. durch Kerzenwachs ersetzt werden)
		Vulkan unter Wasser	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [7] S. 113f. ◦ [18] S. 387 (V4) ◦ [183] S. 7 (Versuch 3, Variante 3) ◦ [259] S. 24f. (Lerngruppe 2) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [18] kleines Schnapsfläschchen o. ä. verwenden ◦ [183] Anfärben mit Paprikapulver statt Sudanrot
	Benetzungsvermögen	Wasser versus Seifenlösung auf Textilien	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [11] S. 70 (Station 4) ◦ [183] S. 8 (Versuch 4, Variante 1) 	◦ [728] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [11] Samt ◦ [728] Nylon
		Wasser versus Seifenlösung auf eingefetteter Glasplatte oder Nylon	◦ [18] S. 388 (V7)		
		Wasser versus Seifenlösung auf (Zeitung-)Papier	◦ [183] S. 8 (Versuch 4, Variante 2)		
		Orangenschale im Zweiphasensystem von Öl und Wasser	◦ [233], [236] Experiment 1D		
	Dispergiervermögen	Schmutztragevermögen von Seifenlösungen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [57] S. 338 (Experiment 13.07) ◦ [183] S. 8 (Versuch 6) ◦ [203] 	◦ [726] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [57] erfordert Aktivkohle; ggf. durch gemörserte Kohletabletten oder Holzkohlepulver ersetzen ◦ [291] ggf. anschließende Filtration

Fortsetzung: Strukturen und Eigenschaften ausgewählter Tenside (z. B. anionische, kationische und nichtionische Tenside) (LK/GK)	Fortsetzung: Dispergiervermögen	Fortsetzung: Schmutztragevermögen von Seifenlösungen	◦ [291] S. 195 (Experiment 185)		
		Fleckenentfernung	◦ [11] S. 69 (Station 1) ◦ [26] S. 125f. (Versuch 92) ◦ [247] Aufgabe 1		
	Nachteile von Seifen	Kalkseifenbildung	◦ [11] S. 71 (Station 7) ◦ [18] S. 445 (V4) oder [20] S. 419 (V4) ◦ [259] S. 25-27 (Lerngruppe 3) ◦ [291] S. 195-197 (Experiment 186+188)	◦ [449] V ◦ [653] V	◦ [11] Vergleich von Kernseife und Spülmittel; Mineralwasser mit hohem Calcium- und Magnesiumgehalt statt Calcium- und Magnesiumchloridlösung ◦ [18], [20] Seifenlösung ◦ [259] Vergleich von Kern- und Creme-seife ◦ [291] Experiment 186: Vergleich von Seifenlösung, Spülmittel und Vollwaschmittel; erfordert Kalkwasser (Herstellung in [291] S. 11) ◦ [291] Experiment 188: Vergleich von Seifen mit und ohne EDTA
		Kalkseifenbildung und Bildung schwerlöslicher Fettsäuren	◦ [7] S. 115 ◦ [291] S. 196 (Experiment 187)		◦ [7] erfordert pH-Papier; Mineralwasser mit hohem Calciumgehalt statt Calciumchloridlösung ◦ [291] ggf. Effekt auf Schaumbildung prüfen
	Vergleich von Seifen und synthetischen Tensiden	Untersuchung von Wirkung und Nachteilen	◦ [11] S. 75f.		Verringerung der Oberflächenspannung, Emulgiervermögen, Suspendiervermögen, pH-Wert der Lösung, Reaktion mit hartem Wasser, Reaktion mit verdünnter Essigsäure
	Tenside in Alltagsprodukten	Saponine in Nüssen	◦ [45] ◦ [191] ◦ [384]		◦ [45] Kastanien, Waschnüsse und eine weitere Nuss im Vergleich mit Spül- und Waschmittel; untersucht Schaumbildung, Oberflächenspannung, Waschwirkung ◦ [191] Kastanien und Walnüsse; untersucht Schaumbildung, Oberflächenspannung, Waschwirkung, Seifenblasen

Fortsetzung: Strukturen und Eigenschaften ausgewählter Tenside (z. B. anionische, kationische und nichtionische Tenside) (LK/GK)	Fortsetzung: Tenside in Alltagsprodukten	Fortsetzung: Saponine in Nüssen			◦ [384] Kastanien im Vergleich mit Waschmittel und Wasser; untersucht Waschwirkung
		Saponine in Haferflocken	◦ [291] S. 66 (Experiment 55)		nur Schaumbildung
		Lecithine in Schokolade und Eigelb	◦ [334] ◦ [366] S. 18-22 (Experiment 4 + Demonstration 2)		◦ [334] untersucht Emulgiervermögen von Ei-Lecithinen; Paprikapulver statt Methylrot verwenden ◦ [366] untersucht Emulgiervermögen und Temperaturempfindlichkeit; erfordert Lecithin (aus Apotheke)
		Tenside in Senf		◦ [639] V	als Heimexperiment denkbar
Zusammensetzung von Waschmitteln: Funktion von Enthärter, Bleichsystem, Enzymen und ausgewählten Hilfsstoffen (LK/GK)	Enthärter	Enthärter in Reinigungsmitteln	◦ [62]		
		Zeolithe	◦ [291] S. 188f. (Experiment 178)		erfordert Kalkwasser (Herstellung in [291] S. 11)
		EDTA	◦ [291] S. 196f. (Experiment 188)		
	Bleichsystem	Wirkung von Oxi-Reinigern	◦ [26] S. 126f. (Versuch 93) ◦ [96] Experiment B, D1, D2 ◦ [228] S. 72		◦ [26] Traubensaft-Flecken ◦ [96] Tinten und andere Farbstoffe ◦ [228] Rotweinfleck; erfordert Thermometer
		Wirkung von Natriumhypochlorit	◦ [228] S. 74		Wirkung auf Rotweinfleck
		Wirkung von Dithioniten und Percarbonaten	◦ [142], [143] ◦ [291] S. 153 (Experiment 143) + S. 175 (Experiment 164)		◦ [142], [143], [291] S. 153: Wirkung auf Indigotin in Ostereier- und Lebensmittelfarbe; zusätzlich wird auch die Wirkung von Säuren und Basen untersucht ◦ [291] S. 175 Wirkung auf natürliche Farbstoffe (Frucht-/Gemüsesaft)
	Optische Aufheller	Nachweis von optischen Aufhellern	◦ [11] S. 84 ◦ [57] S. 343 (EXP 13.14)		erfordert Schwarzlicht-Glühlampe oder Laserpointer
	Waschmittelenzyme	Proteasen	◦ [18] S. 156 (V3) ◦ [247] Experiment 2+3 ◦ [291] S. 189f. (Experiment 179) ◦ [292] S. 147f. (Experiment 108+109)		◦ [18] Wirkung von verschiedenen Waschmitteln auf Gelatine; Genauigkeit der Haushaltswaage ungenügend: entweder Briefwaage nutzen oder improvisieren (1 TL oder 1 Messerspitze Waschmittel o. ä.)

Fortsetzung: Zusammensetzung von Waschmitteln: Funktion von Enthärter, Bleichsystem, Enzymen und ausgewählten Hilfsstoffen (LK/GK)	Fortsetzung: Waschmittelenzyme	Fortsetzung: Proteasen			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [247] Experiment 2: Wirkung von Fruchtsäften und Colorwaschmittel auf Gummibärchen ◦ [247] Experiment 3: Wirkung von Colorwaschmittel auf Gelatine; untersucht Enzymaktivität in Abhängigkeit von der Zeit ◦ [291] Wirkung von Voll- und Wollwaschmittel auf Gelatine ◦ [292] Experiment 108: Wirkung von Fleckensalz und Vollwaschmittel auf Gelatine; erfordert Kupfersulfat ◦ [292] Experiment 109: Wirkung von Vollwaschmittel auf Gummibärchen
		Amylasen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [57] S. 343 (EXP 13.11) ◦ [134], [135] Teil c) ◦ [291] S. 191 (Experiment 181) ◦ [292] S. 146 (Experiment 107) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [57] erfordert Thermometer und Iod-Kaliumiodid-Lösung (alternativ: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) oder Betaisodona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29)) ◦ [134], [135] erfordert Biozym SE ◦ [292] erfordert Iod-Lösung (siehe S. 205)
		Cellulasen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [134], [135] Teil b) ◦ [291] S. 190 (Experiment 180) oder [292] S. 148f. (Experiment 110) 		[134], [135] erfordert Biozym SE
		Lipasen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [134], [135] Teil a) ◦ [291] S. 191f. (Experiment 182) oder [292] S. 149f. (Experiment 111) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [134], [135] erfordert Biozym F ◦ [291], [292] Sudanrot III gegen Paprikapulver/-extrakt ersetzen
		Fleckensalz	Waschleistungssteigerung bei Zugabe von Fleckensalz	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [228] S. 9-11 (Experiment 2) 	

Ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit (z. B. Prinzip der biologischen Abbaubarkeit, Nachhaltigkeit in Bezug auf die Wahl der Rohstoffe für die Synthese, petrochemische Rohstoffe im Vergleich zu nachwachsenden Rohstoffen, Waschgewohnheiten und Verbraucherverhalten) (LK/GK)	Waschgewohnheiten	Einfluss der Temperatur auf die Waschleistung	◦ [228] S. 6-8 (Experiment 1)		◦ Hinweise und Auswertung unter [228] S. 49-52 ◦ erfordert Thermometer und Einwegpipette oder -spritze ◦ Kochfeld statt Magnetrührer und Messbecher statt Messzylinder verwenden
		Einfluss der Waschmitteldosierung (und Wasserhärte) auf die Waschleistung	◦ [228] S. 12-14 (Experiment 3)		◦ Hinweise und Auswertung unter [228] S. 54-58 ◦ erfordert Thermometer und Einwegpipette oder -spritze ◦ Kochfeld statt Magnetrührer und Messbecher statt Messzylinder verwenden
	Umwelttoxikologie	Einfluss der Waschmitteldosierung auf das Wachstum von Kressepflanzen	◦ [228] S. 15-17 (Experiment 4)		◦ Hinweise und Auswertung unter [228] S. 58-63 ◦ Messbecher und Schnapsglas statt Messzylinder und -pipette verwenden
Wasserenthärtung: vereinfachte Struktur und Funktion eines ionenaustauschenden Enthärters (z. B. Zeolith A) (LK)	Wasserenthärtung	Enthärter in Reinigungsmitteln	◦ [62]		
		Wasserenthärtung durch Ionenaustauscher (Zeolithe)	◦ [291] S. 188f. (Experiment 178)		erfordert Kalkwasser (Herstellung in [291] S. 11)
		Wasserenthärtung durch Komplexbildner (EDTA)	◦ [291] S. 196f. (Experiment 188)		
Biologische Abbauewege eines Tensids (z. B. Hydrolyse, Oxidation der endständigen Methylgruppe bzw. Hydroxygruppe zur Carboxygruppe, β -Oxidation durch Mikroorganismen) (LK)	Biologischer Abbau von Tensiden durch Mikroorganismen	Vergleich der Schaumbildung von Tensiden in gekochtem und ungekochtem Flusswasser	◦ [228] S. 19-21 (Experiment 5)		◦ Hinweise und Auswertung unter [228] S. 67f. ◦ erfordert Einwegpipette oder -spritze ◦ Messbecher statt Messzylinder verwenden ◦ kann ergänzt werden durch die Arbeitsblätter 1-3 ([228] S. 18 + S. 22-24); Hinweise und Lösungsansätze dazu unter [228] S. 63-69

Q4.5 Physikalische Methoden der Strukturaufklärung

Tabelle 39: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q4.5 Physikalische Methoden der Strukturaufklärung“ der Q4.
(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Dünnschichtchromatographie (z. B. Auftrennung von Farbstoffen, in diesem Zusammenhang Retentionsfaktor, mobile und stationäre Phase) (LK/GK)	Dünnschichtchromatographie	Dünnschichtchromatographie von Blattgrün		◦ [638] V	
	Kreidechromatographie	Kreidechromatographie von wasserlöslichen Tinten	◦ [15] S. 13 ◦ [95] Experimente C1-3		◦ [15] mit Tafelkreide ◦ [95] mit selbstgegossenen Gipssäulen
		Kreidechromatographie von Blattfarbstoffen	◦ [8] S. 47 (Exp. 2) ◦ [14] S. 93 ◦ [165] C – Ana 1 (Versuch 1)		mit Tafelkreide, inkl. Extraktion
		Kreidechromatographie von Paprika-Farbstoff	◦ [165] C – Ana 1 (Versuch 2)		mit Tafelkreide, inkl. Extraktion
	Papierchromatographie	Papierchromatographie von Filzstiften und Tinten	◦ [7] S. 99f. ◦ [8] S. 46 (Exp. 1) ◦ [14] S. 90 ◦ [20] S. 64 (V1) ◦ [26] S. 127-129 (Versuch 94+95) ◦ [33] S. 178-186 ◦ [44] Versuch 4 ◦ [165] C – Ana 2 ◦ [260] S. 51 (V2) ◦ [291] S. 229f. (Experiment 224) ◦ [337] ◦ [349]		◦ [7], [8], [14], [20], [26], [33], [337], [349] Wasser als Fließmittel ◦ [44] Wasser und Aceton als Fließmittel ◦ [165] Wasser, Spiritus und Aceton als Fließmittel; Versuch 1 mit Wasser als Fließmittel (Angabe fehlt) ◦ [260], [291] Wasser und Spiritus (statt Ethanol) als Fließmittel ◦ bei Heimexperimenten können erforderliche Petrischalen durch Trink-/Schnaps-gläser oder Kunststoffdeckel von 500-mL-Joghurtbechern ersetzt werden
		Papierchromatographie der Farbstoffe von Schokolinsen oder Skittles	◦ [20] S. 64 (V2) ◦ [352] ◦ [380]		[20] erfordert Einwegpipetten

Fortsetzung: Dünnschichtchromatographie (z. B. Auftrennung von Farbstoffen, in diesem Zusammenhang Retentionsfaktor, mobile und stationäre Phase) (LK/GK)	Fortsetzung: Papierchromatographie	Papierchromatographie von Blattfarbstoffen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 47 (Exp. 2) ◦ [33] S. 49-60 ◦ [253] Auftrag 4 		inkl. Extraktion
		Papierchromatographie von Zaubermarkern	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [41] S. 7f. (Versuch 2.2) ◦ [194] Versuch 5 ◦ [255] Auftrag 2 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [41], [194] Untersuchung des Chromatogramms mit reduzierender Lösung; [41] erfordert Natriumsulfit (bzw. Knödelhilfe o. ä.) ◦ [255] Untersuchung des Chromatogramms mit reduzierender und alkalischer Lösung
UV/VIS-Spektroskopie: LAMBERT-BEER'sches Gesetz (LK/GK)	LAMBERT-BEER'sches Gesetz	Herleitung des LAMBERT-BEER'schen Gesetzes durch Variation von Konzentration und Küvettenlänge		◦ [454] VE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Auswahl von „Beer's Gesetz“ ◦ ermöglicht Messung von Transmission und Absorption ◦ Wellenlänge wird für jede Lösung automatisch auf das Absorptionsmaximum eingestellt, kann aber auch verändert werden
	Kolorimetrie	Kolorimetrische Untersuchung von Fruchtsaftschorlen mit dem „Smartphotometer“	◦ [27]		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Smartphone und Tablet ◦ beinhaltet zwei Arbeitsblätter als Zusatzmaterial und den Downloadlink für ein Lehrvideo
IR-Spektroskopie (LK/GK)					
Gaschromatographie (z. B. Trennung von Petroleumbenzin) (LK)					
¹ H-NMR (z. B. Interpretation von Spektren) (LK)					

Q4.6 Katalyse in Natur und Technik

Tabelle 40: Einordnung von Heimexperimenten, Videoexperimenten und virtuellen Experimenten in den Themenbereich „Q4.6 Katalyse in Natur und Technik“ der Q4.

(Quellen für Heimexperimente: [ausgearbeitetes Heimexperiment]; Quellen für Videoexperimente: [unvertonte Videos]; [vertonte Videos ohne Interpretation]; [vertonte Videos mit Interpretation])

Inhaltliche Schwerpunkte	Thema	Experimente	Literatur		Bemerkungen
			Heimexperimente	Videos (V) und virtuelle Experimente (VE)	
Homogene Katalyse (z. B. Säurekatalyse, in diesem Zusammenhang Bildung von Zwischenprodukten und Aktivierungsenergie) (LK/GK)	Zersetzung von Wasserstoffperoxid	Zersetzung von Wasserstoffperoxid mit Kaliumiodid als Katalysator		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [491] V ◦ [725] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [491] inkl. Glimmspanprobe ◦ [725] Herstellung von Elefantenzahnpasta
	Herstellung von Carbon säureestern	Herstellung von Essigsäureethylester durch saure Katalyse	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8] S. 386 (Exp. 24) ◦ [167] 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [610] V ◦ [791] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [8], [167] erfordern Natrium-/Kaliumhydrogensulfat; fraglich, ob Experiment mit Essigessenz und Spiritus statt Eisessig und Ethanol funktioniert; Stopfen und seitlichen Ansatz durch Knete und Strohhalm ersetzen ◦ [610] Untersuchung des Reaktionsproduktes auf Löslichkeit in Wasser bzw. Heptan ◦ [791] Untersuchung des Reaktionsproduktes mit Watesmo-Papier, auf Verhalten in Wasser und bei Zugabe von Styropor
	Autokatalyse	Reaktion von Oxalsäure mit Kaliumpermanganat		◦ [745] V	portionsweise Zugabe von Kaliumpermanganat-Lösung zu (schwefelsaurer) Oxalsäure-Lösung ohne und mit vorheriger Zugabe von Mangan(II)-sulfat
Heterogene Katalyse (z. B. Ostwald-Verfahren, in diesem Zusammenhang Adsorption und Desorption an der Katalysatoroberfläche) (LK/GK)	Verbrennung von Wasserstoff	Entzünden von Wasserstoff mit Hilfe eines Platinkatalysators		◦ [641] V	
	Kontaktverfahren	Oxidation von Schwefeldioxid zu Schwefeltrioxid am Platinkatalysator		◦ [464] V	
	Cracken von Paraffinöl	Cracken von Paraffinöl durch Perlkatalysator		◦ [506] V	inkl. Untersuchung von Paraffinöl und Crackprodukt mit Bromwasser sowie Untersuchung der Brennbarkeit des Crackprodukts

Fortsetzung: Heterogene Katalyse (z. B. Ostwald-Verfahren, in diesem Zusammenhang Adsorption und Desorption an der Katalysatoroberfläche) (LK/GK)	Zersetzung von Wasserstoffperoxid	Zersetzung von Wasserstoffperoxid mit Platin oder Braunstein als Katalysator		◦ [801] V	inkl. Wärmebild, Glimmspanprobe und Wiederverwendbarkeit
		Zersetzung von Wasserstoffperoxid mit Braunstein als Katalysator		◦ [407] V	inkl. Kupfersulfat- und Glimmspanprobe
	Verbrennung von Methanol	Katalytische Verbrennung von Methanol: Der oszillierende Platindraht		◦ [741] V	
Selektivität von Katalysatoren (LK/GK)					
Biokatalysatoren (z. B. Pepsin und Trypsin), Substrat- und Wirkungsspezifität bei Enzymen (z. B. Hexokinase und Glucose-Isomerase) (LK)	Proteasen	Proteasen aus Fruchtsäften, Spül- und Waschmitteln	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [18] S. 156 (V3) ◦ [90] S. 52f. ◦ [123], [124] ◦ [164] ◦ [247] Experiment 2+3 ◦ [259] S. 6-8 (Demonstration 1) ◦ [291] S. 189f. (Experiment 179) ◦ [292] S. 147f. (Experiment 108+109) 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ [18] Wirkung von verschiedenen Waschmitteln auf Gelatine; Genauigkeit der Haushaltswaage ungenügend: entweder Briefwaage nutzen oder improvisieren (1 TL oder 1 Messerspitze Waschmittel o. ä.) ◦ [90] Wirkung von Spülmittel auf Gummibärchen (mit und ohne Gelatine) ◦ [123], [124] Wirkung von Fruchtsäften (frisch, abgekocht) auf Gummibärchen ◦ [164] Wirkung von Fruchtsäften (frisch, eingefroren, abgekocht) auf Gummibärchen, Gelatine und Joghurt ◦ [247] Experiment 2: Wirkung von Fruchtsäften und Colorwaschmittel auf Gummibärchen ◦ [247] Experiment 3: Wirkung von Colorwaschmittel auf Gelatine; untersucht Enzymaktivität in Abhängigkeit von der Zeit ◦ [259] Wirkung von Fruchtsäften auf Gummibärchen ◦ [291] Wirkung von Voll- und Wollwaschmittel auf Gelatine ◦ [292] Experiment 108: Wirkung von Fleckensalz und Vollwaschmittel auf Gelatine; erfordert Kupfersulfat ◦ [292] Experiment 109: Wirkung von Vollwaschmittel auf Gummibärchen

Fortsetzung: Biokatalysatoren (z. B. Pepsin und Trypsin), Substrat- und Wirkungsspezifität bei Enzymen (z. B. Hexokinase und Glucose-Isomerase) (LK)	Katalase	Katalase in Kartoffeln	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [20] S. 164 (V3) ◦ [195] Versuch 2 ◦ [256], [257] Auftrag 1 oder [271] Vorbereitung 1, Versuch 4+5 oder [313] Experiment 2 ◦ [268] 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ erfordert Wasserstoffperoxid-Lösung (alternativ: Kontaktlinsenflüssigkeit) ◦ [20], [195], [268] nativ vs. denaturiert; [268] Münze in Kerzen- statt Brennerflamme erhitzen ◦ [256], [257], [271], [313] Untersuchung verschiedener Temperaturen und Konzentrationen
	Amylase	Amylase im Speichel, in Honig oder in Waschmittel	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [57] S. 343 (EXP 13.11) ◦ [110] ◦ [134], [135] Teil c) ◦ [291] S. 26f. (Experiment 13) + S. 191 (Experiment 181) ◦ [292] S. 146 (Experiment 107) ◦ [370] 	◦ [652] V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Alternative zu Iod-Kaliumiodid-Lösung: Lösung aus Povidon-Iod-Salbe herstellen (vgl. [271] Vorbereitung 2) oder Betaisodona-Lösung verdünnen (vgl. [291] S. 9+29) ◦ [57], [134], [135], [291] Experiment 181, [292] Waschmittel ◦ [110], [370] Speichel ◦ [291] Experiment 13: Honig; erfordert Kunsthonig (siehe [291] Experiment 12) ◦ [652] Speichel; zusätzlich saure Hydrolyse ◦ [57] erfordert Thermometer ◦ [134], [135] erfordert Biozym SE
		Urease in Sojamehl	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [274] Versuch 2 		erfordert Sojamehl und Ice-Packs mit Harnstoff (Urea)
	Alkoholische Gärung	Alkoholische Gärung durch Zuckerhefen	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] S. 168-171 (Versuch 41) ◦ [103] oder [193] oder [206] ◦ [117], [118] ◦ [165] C – OC 1a+b ◦ [291] S. 50 (Experiment 38) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [462] V ◦ [528] V ◦ [777] V 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ [6] Vergleich der Vergärbarkeit von zuckerhaltigem und zuckerfreiem Kaugummi ◦ [103], [193], [206] Einfluss von Temperatur und Zucker-Konzentration und Vergleich der Vergärbarkeit von zuckerhaltigem und zuckerfreiem Kaugummi ◦ [117], [118] Untersuchung des entstehenden Gases: Ersticken einer Flamme ◦ [165] Untersuchung des entstehenden Gases: Ersticken einer Flamme, Dichte, Kalkwasserprobe (Herstellung von Kalkwasser in [184] S. 9 oder [291] S. 11)

<p>Fortsetzung: Biokatalysatoren (z. B. Pepsin und Trypsin), Substrat- und Wirkungsspezifität bei Enzymen (z. B. Hexokinase und Glucose-Isomerase) (LK)</p>	<p>Fortsetzung: Alkoholische Gärung</p>	<p>Fortsetzung: Alkoholische Gärung durch Zuckerhefen</p>			<ul style="list-style-type: none"> ◦ [291] Gärvermögen in Abhängigkeit vom eingesetzten Zucker; erfordert Thermometer ◦ [462] Einfluss der Temperatur ◦ [528] enthält nur Kohlenstoffdioxid-Nachweis, aber Arbeitsmaterial unter [552] ◦ [777] enthält Kohlenstoffdioxid- und Ethanol-Nachweis
---	---	---	--	--	--

Anhang 3: Quellen für Alternativen zum klassischen Unterrichtsexperiment

Quellenverzeichnis für chemische Heimexperimente

- [1] Ade, A. (2017). *Das Teilchenmodell (G/M)*. Klett. https://bridge.klett.de/DUA-5CL8FZ64IH/content/media/068880_ab/022_teilchenmodell_gm_068874.pdf, Abrufdatum 07.04.2021
- [2] Ade, A. (2017). *Die elektrische Leitfähigkeit von Flüssigkeiten (M/E)*. Klett. https://bridge.klett.de/DUA-5CL8FZ64IH/content/media/068880_ab/019_leitfaehigkeit_me_068874.pdf, Abrufdatum 07.04.2021
- [3] Ade, A. (n. d.). *Das Gesetz von der Erhaltung der Masse*. Ernst Klett Verlag. https://asset.klett.de/assets/7849098d/068535_076.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [4] Amecke, N. (n. d.). *Experimente mit Oobleck*. experimentis – Physik für alle. <https://www.experimentis.de/experimente-versuche/gas-wasser-luft/oobleck-nichtnewtonsche-flussigkeit-se-lber-machen/>, Abrufdatum 07.04.2021
- [5] Amecke, N. (n. d.). *Implodierende Dose*. experimentis – Physik für alle. <https://www.experimentis.de/experimente-versuche/gas-wasser-luft/luftdruck-implodierende-dose/>, Abrufdatum 07.04.2021
- [6] Anscheit, K. & Flint, A. (2014). „Chemie fürs Leben“ *Bier, Baby-Öl und Essig-Essenz – Eine alltags- und schülerorientierte Unterrichtskonzeption für die Behandlung der Organischen Chemie in der Sekundarstufe I*. Universität Rostock. https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Chemie_Didaktik/Forschung/Sekundarstufe_I/8_Organische_Chemie.pdf, Abrufdatum 11.05.2021
- [7] Arbeitsgemeinschaften Naturwissenschaften und Technik. (2014). *Arbeitsgemeinschaften Chemie – Arbeitsblätter zur Unterrichtsgestaltung der Arbeitsgemeinschaften Chemie*. ChemieVerbände Rheinland-Pfalz. https://www.chemie-rp.de/fileadmin/user_upload/schule/experimente/AG_Chemie_komplett_Experimentesammlung.pdf, Abrufdatum 03.04.2021
- [8] Arnold, K., Dietrich, V. (Hrsg.), Eberle, A., Fleischer, H., Hein, A., Kronabel, C., Lüttgens, U., Malz, R., Peters, J., Rehm, H. & Arndt, B. (2019). *Fokus Chemie SI – Gesamtband Ausgabe A* (1. Aufl.). Cornelsen.
- [9] Asselborn, W., Jäckel, M., Risch, K. T. & Sieve, B. (2010). *Chemie heute – Lernmaterialien 1: Einführung in chemische Reaktion, Vom Atom zur Stoffmenge, Geschwindigkeit chemischer Reaktionen, Chemisches Gleichgewicht, Energie bei chemischen Reaktionen*. Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH.
- [10] Asselborn, W., Jäckel, M., Risch, K. T. & Sieve, B. (2011). *Chemie heute – Lernmaterialien 2: Chemische Verwandtschaften – Elementfamilien, Atombau, Chemische Bindung, Komplexchemie*. Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH.
- [11] Asselborn, W., Jäckel, M., Risch, K. T. & Sieve, B. (2012). *Chemie heute – Lernmaterialien 4: Kunststoffe, Waschmittel – von der Pottasche zum Tensid, Farbstoffe, Bausteine des Lebens, Arzneimittel*. Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH.
- [12] Asselborn, W., Jäckel, M., Risch, K. T. & Sieve, B. (2013). *Chemie heute – Lernmaterialien 5: Metalle und ihre Gewinnung, Elektronenübergänge und Elektrochemie, Saure, alkalische und neutrale Lösungen, Säure-Base-Reaktionen*. Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH.

- [13] Asselborn, W., Jäckel, M., Risch, K. T. (Hrsg.) & Sieve, B. (2010). *Chemie heute kontextorientierter Ansatz Sekundarstufe I*. Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH.
- [14] Asselborn, W., Jäckel, M., Risch, K. T., Sieve, B. & Dirauf, M. (2013). *Chemie heute – Lernmaterialien 6: Chemie – eine Naturwissenschaft, Stoffeigenschaften und Teilchenmodell, Mischen und Trennen, Luft und Wasser, Chemie und Technik, Umweltchemie*. Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH.
- [15] Asselborn, W., Jäckel, M., Risch, K. T., Sieve, B. & Schulte-Coeme, R. (2011). *Chemie heute – Lernmaterialien 3: Strukturaufklärung, Chemie der Kohlenwasserstoffe, Organische Sauerstoffverbindungen, Aromaten – besondere Kohlenwasserstoffe*. Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH.
- [16] Barke, H.-D., Harsch, G., Kröger, S. & Marohn, A. (2018). *Chemiedidaktik kompakt – Lernprozesse in Theorie und Praxis* (3. Aufl.). Springer.
- [17] Bechtoldt, H. W. (2002). *Chemie – mach mit! Nr. 7 Experimentalwettbewerb für Schülerinnen und Schüler der Klassen 7 – 10 in Hessen: Was rastet, das rostet!*
- [18] Bee, U., Blauth, O., Gietz, P., Irmer, E., Maier, H., Nelle, P., Penz, C., Töhl-Borsdorf, J. & Wiese, K. (2019). *Oberstufe Elemente Chemie* (1. Aufl.). Ernst Klett Verlag GmbH.
- [19] Bee, U., Braun, G., Glück, F., Weyrauther, U. & Wiese, K. (n. d.). *MacGyver-Batterie*. Lehrerinnenfortbildung Baden-Württemberg. https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/gym/bp2004/fb3/modul1/2_mat_4/e4_270/e4_270_li_macgyver-batterie.pdf, Abrufdatum 05.04.2021
- [20] Bee, U., Brückl, E., Gietz, P., Habekost, E., Irmer, E., Maier, H., Nelle, P., Penz, C., Schierle, W., Sternberg, M., Töhl-Borsdorf, J., Wiese, K. & Zehentmeier, P. (2019). *Mittelstufe Elemente Chemie* (1. Aufl.). Ernst Klett Verlag GmbH.
- [21] Biemann, C. (2003). *Christophs Experimente – 150 Experimente und mehr zum Mitmachen und Staunen*. Carl Hanser Verlag.
- [22] Blech, R. (n. d.). *Nicht newtonsche Flüssigkeit und newtonsche Flüssigkeit*. studyflix. <https://studyflix.de/ingenieurwissenschaften/nicht-newtonsche-flussigkeit-1630>, Abrufdatum 07.04.2021
- [23] Böhmová, H., Pisková, D. & Šulcová, R. (2009). *Chemie um uns herum – Chemische Experimente mit Alltagsprodukten*. Goethe Universität Frankfurt am Main – Elektronische Dokumente Universitätsbibliothek. http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/files/20441/068_DE_everydaylifechem_Exp12.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [24] Borner, E., Köster, K., Scheffler, P. & Schuler, A. (2020). *Lösungsvorschlag zur Aufgabenrunde 2019/20 II „Zum Dahinschmelzen!“*. Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus. https://www.km.bayern.de/download/23680_ML_19_20_II.pdf, Abrufdatum 01.04.2021
- [25] Bröll, L. & Kunze, N. (2013). Redoxchemie im Kontext der Dauerwelle. *RAAbits Chemie II/E, Beitrag 15*.
- [26] Collin, C. & Flint, A. (2019). *„Chemie fürs Leben“ am Beispiel von Einweggeschirr, Kohlendioxid und Fleckenwasser – eine alltags- und schülerorientierte Unterrichtseinheit für den Chemieanfängerunterricht*. Universität Rostock. https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Chemie_Didaktik/Forschung/Sekundarstufe_I/Skript_Anfängerunterricht_Stand_September_2019.pdf, Abrufdatum 10.05.2021

- [27] Czubatisnki, L., Hornung, G. & Resmann, E. (2021). Experimentieren im Chemie-Fernunterricht mit Hilfe videogestützter experimenteller Hausaufgaben – die kolorimetrische Untersuchung von Fruchtsaftschorlen mit dem „Smartphotometer“. *CHEMKON*, 28(3), 122-126.
- [28] Damm, T. (1997). *Schriftliche Ausarbeitung des Experimentalvortrages zum Thema „Lebensmittelkonservierungstoffe“*. Chemie in der Schule (ChidS).
https://www.chids.de/dachs/expvotr/580Lebensmittelkonservierung_Damm_Scan.pdf, Abrufdatum 07.04.2021
- [29] de Vries, T. & Paschmann, A. (2004). Resublimation – die faszinierende Bildung von Raureif. *CHEMKON*, 11(4), 185-190.
- [30] de Vries, T. & Paschmann, A. (2005). Eis – Gefrieren von Wasser im Schnelldurchlauf. *CHEMKON*, 12(3), 126-128.
- [31] de Vries, T. (2002). Der „Eiskocher“. *CHEMKON*, 9(4), 199-200.
- [32] de Vries, T. (2002). Vitamintabletten einmal anders – Fünf Varianten einer Reaktion. *CHEMKON*, 9(3), 144-145.
- [33] Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY (Hrsg.), Sommer, A., Notroff, P., Herrfeld, A., Pfohl, U., Petereins, Y. & Schulze, A. (2019). *Naturwissenschaften 5/6. Versuche für den Unterricht*. DESY.
https://www.desy.de/sites2009/site_www-desy/content/e219828/e245574/e245601/e292798/e292869/infoboxContent292870/VersucheGesamtdati_ger.pdf,
Abrufdatum 03.04.2021
- [34] Dirksen, S. (2020). *Seife selber machen: Anleitung mit natürlichen Zutaten*. Utopia.
<https://utopia.de/ratgeber/seife-selber-machen-anleitung-mit-natuerlichen-zutaten/>, Abrufdatum 05.04.2021
- [35] Domann, N. (n. d.). *GS Thema: Butter selbst gemacht*. Cornelsen Experimenta – Experimente für Ihren Unterricht.
https://cornelsen-experimenta.de/media/do/getRaw/40067/AB_Butter+selbst+gemacht_final_28.04_.pdf,
Abrufdatum 02.04.2021
- [36] Domann, N. (n. d.). *NaWi Eigenschaften von Stoffen – Mischen & Trennen*. Cornelsen Experimenta – Experimente für Ihren Unterricht. https://cornelsen-experimenta.de/media/do/getRaw/40037/NaWi_AB_Eigenschaften_von_Stoffen.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [37] Domann, N. (n. d.). *NaWi Eigenschaften von Stoffen – Nachweis von Fett*. Cornelsen Experimenta – Experimente für Ihren Unterricht. https://cornelsen-experimenta.de/media/do/getRaw/40022/NaWi+AB+Eigenschaften+von+Stoffen+-+Fettnachweis+%28002%29_final.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [38] Domann, N. (n. d.). *NaWi Essig-Wirkung auf Kalk*. Cornelsen Experimenta – Experimente für Ihren Unterricht.
https://cornelsen-experimenta.de/media/do/getRaw/40076/NaWi+AB+Kalk+und+Essig_final.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [39] Domann, N. (n. d.). *NaWi Indikator Rotkohlsaft*. Cornelsen Experimenta – Experimente für Ihren Unterricht.
<https://cornelsen-experimenta.de/media/do/getRaw/40051/NaWi+AB+Rotkohlsaft.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [40] Domann, N. (n. d.). *NaWi Stärkenachweis*. Cornelsen Experimenta – Experimente für Ihren Unterricht.
<https://cornelsen-experimenta.de/media/do/getRaw/40068/NaWi+AB+St%C3%A4rkenachweis.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [41] Ducci, M. & Seller, S. (2018). *Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“*. Verband der Chemielehrer/innen Österreichs. http://hp.vcoe.or.at/web/images/artikel/verband/chemietage/Magische-Stifte_Ducci.pdf, Abrufdatum 03.04.2021

- [42] Ducci, M. (2005). Himbeere, Waldmeister oder doch Zitrone? Die Verwendung von Brausepulver und Gummibärchen als Indikatoren. *CHEMKON*, 12(4), 171-173.
- [43] Eilks, I. (2015). *Biokunststoffe für eine nachhaltige Zukunft*. Chemie Umwelt Nachhaltigkeit im Schülerlabor. <http://134.102.186.148/chemiedidaktik/cunlab/CUNLabModule/CUN%20Lab%20Biokunststoffe.pdf>, Abrufdatum 03.04.2021
- [44] Eisenmann, S. (2014). *Chemie im Alltag – das Experiment 1/Schj 14/15: Beweisführung – eröffnet!* Landesbildungsserver Baden-Württemberg. https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/chemie/wettbewerbe/chemie-im-alltag-das-experiment/chemallauf/chemall-alt/wettbewerbsaufgabe_1_2014_15/wettbewerbsaufgabe-1-2014-15.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [45] Eisenmann, S. (2015). *Chemie im Alltag – das Experiment 1/Schj 15/16: Die Nuss – ein Muss?!* Landesbildungsserver Baden-Württemberg. <https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/chemie/wettbewerbe/chemie-im-alltag-das-experiment/chemallauf/chemall-alt/wettbewerbsaufgabe-1-2015-16/wettbewerbsaufgabe-1-15-16.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [46] Eisenmann, S. (2015). *Chemie im Alltag – das Experiment 2/Schj 14/15: Rettet den Rostigen Rächer*. Landesbildungsserver Baden-Württemberg. https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/chemie/wettbewerbe/chemie-im-alltag-das-experiment/chemallauf/chemall-alt/wettbewerbsaufgabe_2_2014_15/wettbewerbsaufgabe-2-2014-15.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [47] Eisenmann, S. (2019). *Chemie im Alltag – das Experiment 1/Schj 19/20: Solanum tuberosum – die im Nachtschatten Knollen bildet*. Landesbildungsserver Baden-Württemberg. <https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/chemie/wettbewerbe/chemie-im-alltag-das-experiment/chemallauf/chemall-alt/chemall-solanum/aufgabe-1-2019-20>, Abrufdatum 02.04.2021
- [48] Eisenmann, S. (2019). *Chemie im Alltag – das Experiment 2/Schj 18/19: Ein blaues Wunder!?* Landesbildungsserver Baden-Württemberg. https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/chemie/wettbewerbe/chemie-im-alltag-das-experiment/chemallauf/chemall-alt/chemall-frue-2019/chemie-im-alltag-2018-19_2-a4-2.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [49] Eisenmann, S. (2020). *Chemie im Alltag – das Experiment 1/Schj 20/21: Verborgene Schätze – Nicht alles Gold was glänzt – aber Silber!* Landesbildungsserver Baden-Württemberg. <https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/chemie/wettbewerbe/chemie-im-alltag-das-experiment/chemallauf/verborgene-schaetze/aufgabe-herbst-20>, Abrufdatum 02.04.2021
- [50] Eisenmann, S. (2020). *Chemie im Alltag – das Experiment 2/Schj 19/20: Schokolatl – heißer als heißes Wasser?* Hohenstaufen-Gymnasium Eberbach (HSG). https://hsg-eberbach.de/wp-content/uploads/2020/04/Wettbewerb_Chemie-im-Alltag-Aufgabe.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [51] Elsenbruch, F. (n. d.). *Münze gegen Streichholz – Wärmetransport (Protokoll)*. Elsenbruch Info. http://elsenbruch.info/ph6_down/Protokoll_Muenze_Streichholz.pdf, Abrufdatum 05.04.2021
- [52] Elsenbruch, F. (n. d.). *Münze gegen Streichholz – Wärmetransport (Station)*. Elsenbruch Info. http://elsenbruch.info/ph6_down/Station_Muenze_Streichholz.pdf, Abrufdatum 05.04.2021
- [53] Esser, N. (2014). *Warum schwimmt eine ungeschälte Orange, eine geschälte aber nicht?* Wissenschaft im Dialog. <https://www.wissenschaft-im-dialog.de/projekte/wieso/artikel/beitrag/warum-schwimmt-eine-ungeschaelte-orange-eine-geschaelte-aber-nicht/>, Abrufdatum 06.04.2021

- [54] Falk, B. D. (2011). *Bestimmung des Zuckergehaltes von Getränken*. docplayer. <https://docplayer.org/21838485-Bestimmung-des-zuckergehaltes-von-getraenken.html>, Abrufdatum 07.04.2021
- [55] Faßbender, B. (2007). Das BayLab – Ein Beispiel für ein Schülerlabor in der Industrie. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 99, 39-42.
- [56] Finkeldey, A. (2020). *Protokoll zum Experimentalvortrag AC „Experimentelle Hausaufgabe“*. Veröffentlichung auf https://chids.online.uni-marburg.de/veranstaltungen/uebungen_experimentalvortrag.html noch ausstehend.
- [57] Fischesdick, A., Fleischer, H., Hofheinz, V., Kohl-Krug, S., Lehmann-Eser, F., Lüttgens, U., Malz, R., May, T., Peters, J., Rehbein, M.; Spier, C., Stein, M. & Veters, R. (2018). *Fokus Chemie Sekundarstufe II Gesamtband* (1. Aufl.). Cornelsen Verlag GmbH.
- [58] Fischer, R., Rubner, I. & Oetken, M. (n. d.). *Dem Täter auf der Spur - Latente Fingerabdrücke durch einfache Verfahren sichtbar machen*. GDCh – Gesellschaft Deutscher Chemischer. https://www.gdch.de/fileadmin/downloads/Publikationen/Nachrichten_aus_der_Chemie/PDFs/Downloads/Fingerabdrucke_Ergaenzung.pdf, Abrufdatum 07.04.2021
- [59] Fischer, R., Rubner, I., Karlin, N., Jonas, A. & Oetken, M. (2018). Spurensicherung im Chemieunterricht. *Chemie & Schule*, 3, 5-7.
- [60] Flad, W. (n. d.). *Antioxidationsmittel*. Institut Dr. Flad – Berufskolleg für Chemie, Pharmazie, Biotechnologie und Umwelt. <https://www.chf.de/eduthek/superlab-experiment01.html>, Abrufdatum 02.04.2021
- [61] Flad, W. (n. d.). *Chemie in der Mikrowelle*. Institut Dr. Flad – Berufskolleg für Chemie, Pharmazie, Biotechnologie und Umwelt. <https://www.chf.de/eduthek/mikrowelle/chemie-mikrowelle.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [62] Flad, W. (n. d.). *Enthärter in Reinigungsmitteln*. Institut Dr. Flad – Berufskolleg für Chemie, Pharmazie, Biotechnologie und Umwelt. <https://www.chf.de/eduthek/superlab-experiment02.html>, Abrufdatum 02.04.2021
- [63] Flad, W. (n. d.). *Gesättigte und ungesättigte Fettsäuren*. Institut Dr. Flad – Berufskolleg für Chemie, Pharmazie, Biotechnologie und Umwelt. <https://www.chf.de/eduthek/superlab-experiment03.html>, Abrufdatum 02.04.2021
- [64] Flad, W. (n. d.). *Koffein*. Institut Dr. Flad – Berufskolleg für Chemie, Pharmazie, Biotechnologie und Umwelt. <https://www.chf.de/eduthek/superlab-experiment04.html>, Abrufdatum 02.04.2021
- [65] Flad, W. (n. d.). *Natürliche und künstliche Farbstoffe*. Institut Dr. Flad – Berufskolleg für Chemie, Pharmazie, Biotechnologie und Umwelt. <https://www.chf.de/eduthek/superlab-experiment06.html>, Abrufdatum 02.04.2021
- [66] Flad, W. (n. d.). *Reagenzien für das Seminar SuperLab*. Institut Dr. Flad – Berufskolleg für Chemie, Pharmazie, Biotechnologie und Umwelt. <https://www.chf.de/eduthek/superlab-experiment07.html>, Abrufdatum 02.04.2021
- [67] Flad, W. (n. d.). *Stärkenachweis*. Institut Dr. Flad – Berufskolleg für Chemie, Pharmazie, Biotechnologie und Umwelt. <https://www.chf.de/eduthek/superlab-experiment09.html>, Abrufdatum 02.04.2021
- [68] Flad, W. (n. d.). *Wassergehalt in Supermarktprodukten*. Institut Dr. Flad – Berufskolleg für Chemie, Pharmazie, Biotechnologie und Umwelt. <https://www.chf.de/eduthek/superlab-experiment10.html>, Abrufdatum 02.04.2021
- [69] Flüeler, T., Rosakis, A., Kastner, S. & Menzi, S. (2020). *Wohin mit der Bananenschale? Mach Biokunststoff draus!* SimplyScience. <https://www.simplyscience.ch/kids-experimente-luft-wasser/articles/wohin-mit-der-bananenschale-mach-biokunststoff-draus.html>, Abrufdatum 27.05.2021

- [70] Fonds der Chemischen Industrie im Verband der Chemischen Industrie e.V. (Hrsg.), Brede, B., Harkensee, D., Groß, A. & Warratz, T. (2015). *Experiment 1: Klebstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen – Caseinleim*. Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI). <https://www.vci.de/fonds/downloads-fonds/unterrichtsmaterialien/unterrichtsmaterial-klebstoffe-experimente.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [71] Fonds der Chemischen Industrie im Verband der Chemischen Industrie e.V. (Hrsg.), Brede, B., Harkensee, D., Groß, A. & Warratz, T. (2015). *Unterrichtsmaterial Klebstoffe – Die Kunst des Klebens*. Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI). <https://www.vci.de/fonds/downloads-fonds/unterrichtsmaterialien/2015-11-unterrichtsmaterial-klebstoffe-textheft.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [72] Forschergruppe Kassel. (2006). Archimedes und die Sache mit der Badewanne – Gestufte Hilfen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Friedrich Jahresheft XXIV 2006*, 84-88. Gute UnterrichtsPraxis Naturwissenschaften. https://www.staedeleu/schriften_LS/222%20JH_24_2006_Diagnost_Archimedes_F.pdf, Abrufdatum 05.04.2021
- [73] Freienberg, J., Krüger, W., Lange, G. & Flint, A. (2001). „Chemie fürs Leben“ auch schon in der Sekundarstufe I – geht das? *CHEMKON* 8(2), 67-75.
- [74] Freienberg, J., Krüger, W., Lange, G. & Flint, A. (2002). „Chemie fürs Leben“ auch schon in der Sekundarstufe I – geht das? – Teil II. *CHEMKON* 8(2), 67-75.
- [75] Frühwirth, B., Jaritz, P. & Sammer, F. (2016). *Chemietage W06 CSI Chemie*. Universität Graz – Regionales Fachdidaktikzentrum Chemie (RFDZ). https://static.uni-graz.at/fileadmin/nawi-zentren/rfdz-chemie/Newsletter/160328_Linz_CSI_Chemie_Skriptum_digitale_Version_.pdf, Abrufdatum 07.04.2021
- [76] Graßbold, B. & Schmid, M. (2011). *Rost und Rostschutz*. Universität Regensburg – Institut für Anorganische Chemie. http://www.uni-regensburg.de/chemie-pharmazie/anorganische-chemie-pflanzner/medien/data-demo/2011-2012/ws2011-2012/rost_gbms.pdf, Abrufdatum 16.04.2020
- [77] Habelitz-Tkotz, W. (n. d.). *5 – Es ist nicht alles Gold, was glänzt! – Dichte von Metallspitzern*. Fachreferent Chemie bei der MB-Dienststelle Unterfranken. <http://www.fachreferent-chemie.de/wp-content/uploads/05-B-DichteSpitzer.pdf>, Abrufdatum 07.04.2021
- [78] Häfner, M. & Müller, S. (n. d.). *Lowcost-Kalorimeter*. Landesbildungsserver Baden-Württemberg. https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/chemie/neuer-index.html/experimente/exp_schulstufe/kalorimeter/lowcostkalorimeter, Abrufdatum 07.04.2021
- [79] Hagen, K., Mai, F., Mai, R., Regner-Hoffmann, B. & Vogel, J. (2018). *Das Geheimnis der verschwundenen Masse*. Didaktik der Chemie Universität Bayreuth. http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umethoden/erfahrungskisten/13_Masse_Erhaltung/ek13_Anleitung.pptx, Abrufdatum 06.04.2021
- [80] Hansen, S., Taege, U. & Peters, H. (2016). *IJSO 2017 – In der Klebewerkstatt – BÄRENSTARK! Begleitheft für Betreuende*. Internationale JuniorScienceOlympiade IJSO. <https://www.scienceolympiaden.de/media/188/download/IJSO-2017-1rd-Lehrerbegleitheft.pdf?v=1>, Abrufdatum 01.04.2021
- [81] Hansen, S., Taege, U. & Peters, H. (2017). *IJSO 2018 – Geniales Gemüse! Begleitheft für Betreuende*. Internationale JuniorScienceOlympiade IJSO. <https://www.scienceolympiaden.de/media/187/download/IJSO-2018-1rd-Lehrerbegleitheft.pdf?v=1>, Abrufdatum 01.04.2021
- [82] Haubrich, S. (2012). *Alles in trockenen Tüchern?* NATEX. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2012-2013-1.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021

- [83] Haubrich, S. (2015). „Gips“ *das auch in bunt – oder ist das Quark?* NATEX. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2014-2015-2.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [84] Haupt, P. (n. d.). *Eine Batterie fällt in ein Bündel Stahlwolle*. Chemieexperimente. http://www.chemieexperimente.de/exp-26_01.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [85] Haupt, P. (n. d.). *Wie wirkt „Rohrfrei“?* Chemieexperimente. http://www.chemieexperimente.de/exp-26_06.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [86] Hecker, J. (2018). *Die Flamme aus der Orange*. Regionalinitiative MINT Zentrum Siegen-Wittgenstein Nordrhein-Westfalen. https://www.mint-siwi.de/wp-content/uploads/2018/12/12_Dezember-Die-Flamme-aus-der-Orange.pdf, Abrufdatum 03.04.2021
- [87] Hegeler, A. (2018). *Brausepulver selber machen: Anleitung zum Nachmachen*. Online Focus. https://praxistipps.focus.de/brausepulver-selber-machen-anleitung-zum-nachmachen_98700, Abrufdatum 03.04.2021
- [88] Heimann, R., Sperlich, K. & Schmahl, J. (2008). Vitamin-C-schonender Umgang mit Lebensmitteln – Eine experimentelle Erarbeitung. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 57(7), 19-23.
- [89] Heinrich, D. (2006). *Experimentelle Hausaufgaben im Chemieunterricht* (Wissenschaftliche Hausarbeit). Philipps-Universität Marburg. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHausaufgaben_Heinrich.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [90] Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V. (Hrsg.), Sommer, A., Dengg, J., Doerfel, A. & Koch, R. (2018). *Experimente für Zuhause*. Helmholtz – Spitzenforschung für große Herausforderungen. https://www.helmholtz.de/fileadmin/user_upload/06_jobs_talente/Schuelerlabore/Helmholtz_Schuelerlabore_Broschüre2018_A5_web2.pdf, Abrufdatum 03.04.2021
- [91] Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V., Tychsen, J. (Hrsg.), Berlin, B., Dengg, J., Sommer, A. & Roeder, F. (2015). *Experimente für Zuhause*. Helmholtz – Spitzenforschung für große Herausforderungen. https://www.helmholtz.de/fileadmin/user_upload/06_jobs_talente/Schuelerlabore/Schuelerlaborbroschue_re_web.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [92] Hergt, J. (2011). *Experimentelle Hausaufgabe „Heißes Eis“*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0366Experimentelle_Hausaufgabe_Heisses_Eis_Johannes_Hergt_WiSe_20_11.pdf, Abrufdatum 03.04.2021
- [93] Herrmann, F. (2010). *Chemkids Aufgaben 1-2010/11: Rundi untersucht E330*. Chemkids. https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/chemkids_aufgabe_1-2010-11.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [94] Herrmann, F. (2011). *Chemkids Aufgaben 1-2011/12: Rundis Kaugummi-Kummer*. Chemkids. https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/chemkids_aufgabe_1-2011-12.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [95] Herrmann, F. (2011). *Chemkids Aufgaben 2-2010/11: Gip(t)s denn so was?* Chemkids. https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/chemkids_aufgabe_2-2010-11.pdf, Abrufdatum 02.04.2021

- [96] Herrmann, F. (2012). *Chemkids Aufgaben 1-2012/13: Rundi sucht den Tinten-, „Killer“*. Chemkids.
https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/chemkids_aufgabe_1-2012-13.pdf,
 Abrufdatum 02.04.2021
- [97] Herrmann, F. (2013). *Chemkids Aufgaben 1-2013/2014: Kleister – Kleister – Bärenleim*. Chemkids.
https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/chemkids_aufgabe_1-2013-14.pdf,
 Abrufdatum 02.04.2021
- [98] Herrmann, F. (2013). *Chemkids Aufgaben 2-2012/2013: Ei – Ei – Ei*. Chemkids.
https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/chemkids_aufgabe_2-2012-13.pdf,
 Abrufdatum 02.04.2021
- [99] Herrmann, F. (2014). *Chemkids Aufgaben 1-2014/2015: Mit Rundi auf Spurensuche*. Chemkids.
https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/chemkids_aufgabe_1-2014-15_gesamt.pdf,
 Abrufdatum 02.04.2021
- [100] Herrmann, F. (2015). *Chemkids Aufgaben 2-2014/2015: Rundi zerlegt Bleistiftspitzer*. Chemkids.
https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/chemkids_aufgabe_2-2014-15_gesamt.pdf,
 Abrufdatum 02.04.2021
- [101] Herrmann, F. (2016). *Chemkids Aufgaben 1-2016/17: Rundi kocht molekular*. Chemkids.
https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/Chemkids_Aufgabe_1-2016-17.pdf,
 Abrufdatum 02.04.2021
- [102] Herrmann, F. (2016). *Chemkids Aufgaben 2-2015/16: Rundis Tee-Labor*. Chemkids.
https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/chemkids_aufgabe_2-2015-16_gesamt.pdf,
 Abrufdatum 02.04.2021
- [103] Herrmann, F. (2017). *Chemkids Aufgaben 1-2017/18: Rundi lässt es gären*. Chemkids.
https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/Chemkids_Aufgabe_1-2017-18.pdf,
 Abrufdatum 02.04.2021
- [104] Herrmann, F. (2018). *Chemkids Aufgaben 2-2017/18: Rundis Seifenblasen-Show*. Chemkids.
https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/Chemkids_Aufgabe_2-2017-18.pdf,
 Abrufdatum 02.04.2021
- [105] Herrmann, F. (2019). *Chemkids Aufgaben 1-2019/20: Rundis Kartoffel-Experimente*. Chemkids.
https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/Chemkids_Aufgabe_1-2019-20.pdf,
 Abrufdatum 02.04.2021
- [106] Herrmann, F. (2019). *Chemkids Aufgaben 2-2018/19: Rundis Muffin-Experimente*. Chemkids.
https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/Chemkids_Aufgabe_2-2018-19.pdf,
 Abrufdatum 02.04.2021
- [107] Herrmann, F. (2020). *Chemkids Aufgaben 1-2020/21: Rundis glänzende Versuche*. Chemkids.
https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/Chemkids_Aufgabe_1-2020-21.pdf,
 Abrufdatum 02.04.2021
- [108] Herrmann, F. (2021). *Chemkids Aufgaben 2-2020/2021: Rundis coole Versuche*. Chemkids.
https://www.chemkids.de/fileadmin/user_upload/pdf-dateien_archiv/Chemkids_Aufgabe_2-2020-21.pdf,
 Abrufdatum 02.04.2021

- [109] Hoffmann, S. (n. d.). *Wissenschaft fürs Wohnzimmer – Diese Experimente kann jeder zu Hause ausprobieren: Schokokuss im Vakuum*. GEO. <https://www.geo.de/wissen/21973-bstr-diese-experimente-kann-jeder-zu-hause-ausprobieren/273530-img-schokokuss-im-vakuum>, Abrufdatum 07.04.2021
- [110] Hohmann, K. (2008). *Versuch: Hydrolyse von Stärke mit Speichel*. Chemie in der Schule (ChidS). https://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0089Hydrolyse_Staerke.pdf, Abrufdatum: 07.04.2021
- [111] Karsten, F. (2016). *B13 Anwenden – Zentrale Frage: „Was kann man mit der Dichte alles erklären?“*. Lehrerinnenfortbildung Baden-Württemberg. https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/bnt/gym/bp2016/fb2/3_wasser/3_schwimm/14_anwenden/3313_anwenden.docx, Abrufdatum 06.04.2021
- [112] Keil, W. & Meiners, F. (2018). *Kalte Verseifung (Verseifung ohne Kochen)*. Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. https://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/18_05.htm, Abrufdatum 05.04.2021
- [113] Keinstein, K. (2017). *Osmose mit Ei: 3 einfache Experimente zu Ostern*. Keinsteins Kiste – Natur und Wissenschaft für die ganze Familie. https://www.keinsteins-kiste.ch/osmose_mit_ei_3_einfache_experimente_zu_ostern/, Abrufdatum 07.04.2021
- [114] Keinstein, K. (2018). *Eis und heiss – Schmelzwärme im Experiment*. Keinsteins Kiste – Natur und Wissenschaft für die ganze Familie. <https://www.keinsteins-kiste.ch/eis-und-heiss-schmelzwaerme-im-experiment/>, Abrufdatum 06.04.2021
- [115] Ketelhut, M. (2021). Reaktion von Citronensäure und Soda in der Petrischale. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 181*, 49-50. Friedrich – Gemeinsam für guten Unterricht. <https://www.friedrich-verlag.de/chemie/chemische-reaktionen/reaktion-von-citronensaure-und-soda-in-der-petrischale-7537>, Abrufdatum 07.04.2021
- [116] Konen, J. (2011). *Ein Kunststoff aus Zitronensäure* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V13s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [117] Konen, J. (2011). *Hefe lebt* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V1s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [118] Konen, J. (2011). *V1 Hefe lebt* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V1.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [119] Konen, J. (2011). *V10 Iod-Stärke-Reaktion* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V10.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [120] Konen, J. (2011). *V10 Iod-Stärke-Reaktion* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V10s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [121] Konen, J. (2011). *V11 Gerinnung von Proteinen* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V11.html, Abrufdatum 02.04.2021

- [122] Konen, J. (2011). *V11 Gerinnung von Proteinen* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V11s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [123] Konen, J. (2011). *V12 Einfluss von Proteasen aus Fruchtsäften auf Gummibärchen* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V12.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [124] Konen, J. (2011). *V12 Einfluss von Proteasen aus Fruchtsäften auf Gummibärchen* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V12s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [125] Konen, J. (2011). *V13 Ein Kunststoff aus Zitronensäure!* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V13.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [126] Konen, J. (2011). *V14 Superabsorber aus der Binde!* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V14.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [127] Konen, J. (2011). *V14 Superabsorber aus der Binde!* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V14s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [128] Konen, J. (2011). *V15 Ein Joghurtbecher wird undicht!* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V15.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [129] Konen, J. (2011). *V15 Ein Joghurtbecher wird undicht!* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V15s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [130] Konen, J. (2011). *V16 Seife selbst gemacht* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V16.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [131] Konen, J. (2011). *V16 Seife selbst gemacht!* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V16s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [132] Konen, J. (2011). *V17 Eigenschaften von Tensidlösungen* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V17.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [133] Konen, J. (2011). *V17 Eigenschaften von Tensidlösungen* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V17s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [134] Konen, J. (2011). *V18 Versuche mit Waschmittelenzymen* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V18.html, Abrufdatum 02.04.2021

- [135] Konen, J. (2011). *V18 Waschmittelenzyme* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V18s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [136] Konen, J. (2011). *V19 Rotkohllindikator* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V19.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [137] Konen, J. (2011). *V19 Rotkohllindikator* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V19s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [138] Konen, J. (2011). *V2 Essigherstellung* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V2.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [139] Konen, J. (2011). *V2 Essigherstellung* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V2s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [140] Konen, J. (2011). *V20 Natürliche Indikatoren* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V20.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [141] Konen, J. (2011). *V20 Natürliche Indikatoren* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V20s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [142] Konen, J. (2011). *V21 Indigofarbe in Zuckerwaren* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V21.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [143] Konen, J. (2011). *V21 Indigotin in Zuckerwaren* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V21s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [144] Konen, J. (2011). *V22 Die Indigotinbottle* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V22.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [145] Konen, J. (2011). *V22 Die Indigotinbottle* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V22s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [146] Konen, J. (2011). *V23 Die enzymatische Bräunung* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V23.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [147] Konen, J. (2011). *V23 Die Enzymatische Bräunung* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V23s.html, Abrufdatum 02.04.2021

- [148] Konen, J. (2011). *V3 Das Ei im Essigbad* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V3.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [149] Konen, J. (2011). *V3 Das Ei im Essigbad* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V3s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [150] Konen, J. (2011). *V4 Reinigen mit Zitronensäure* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V4.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [151] Konen, J. (2011). *V4 Reinigen mit Zitronensäure* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V4s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [152] Konen, J. (2011). *V5 Ein Klebstoff aus Alltagsstoffen* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V5.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [153] Konen, J. (2011). *V5 Ein Klebstoff aus Alltagsstoffen* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V5s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [154] Konen, J. (2011). *V6 Extraktion eines ätherischen Öls* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V6.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [155] Konen, J. (2011). *V6 Extraktion eines ätherischen Öls* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V6s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [156] Konen, J. (2011). *V7 Ungesättigte Fettsäuren* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V7.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [157] Konen, J. (2011). *V7 Ungesättigte Fettsäuren* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V7s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [158] Konen, J. (2011). *V8 Herstellung von Kunsthonig* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V8.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [159] Konen, J. (2011). *V8 Herstellung von Kunsthonig* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V8s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [160] Konen, J. (2011). *V9 Herstellung eines Stärkekleisters* (Lehrer). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V9.html, Abrufdatum 02.04.2021

- [161] Konen, J. (2011). *V9 Herstellung eines Stärkekleisters* (Schüler). Chemie in der Schule (ChidS) – Experimentelle Hausaufgaben. https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/ExperimentelleHA_Konen/V/V9s.html, Abrufdatum 02.04.2021
- [162] Körper, M. (2009). *Das nackte Ei*. NATEX. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2009-2010-1.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [163] Körper, M. (2010). *Zitronensäure – ein wahres Multitalent (Aufgabe 1-2010/2011)*. NATEX – Naturwissenschaftlicher Wettbewerb der Klassen 4 – 10. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2010-2011-1.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [164] Körper, M. (2011). *Verbotene Früchte?! NATEX*. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2011-2012-1.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [165] Kratz, M. (1995). *Experimente als Hausaufgaben Chemie* (3. Aufl.). Aulis Verlag Deubner & Co. KG.
- [166] Kretschmann, G. (1998). *Margarine – mehr als ein Brotaufstrich*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/expvotr/569Margarine_Kretschmann_Scan.pdf, Abrufdatum 05.04.2021
- [167] Küchel, T. (n. d.). *Reaktion von Carbonsäuren mit Alkoholen*. Server für Lehrer am Karlsruher Institut für Technologie. http://www.lehrer.uni-karlsruhe.de/~za3642/Test/Material_Fachberater/PRA_Carbonsaeuren_Esterbildung.doc, Abrufdatum 05.04.2021
- [168] Kuhn, I. (2007). *Ausarbeitung zum Experimentalvortrag „Salze im Haushalt“*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/expvotr/738SalzeHaushalt_Kuhn.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [169] Küsel, J. (2020). *Das Brausegas*. Naturwissenschaftliches Homeschooling für Baden-Württemberg. <https://nw-homeschooling-bw.de/wp-content/uploads/ExperimenteFuerZuhause/Thema%20Luft/Das%20Brausegas.zip>, Abrufdatum 02.04.2021
- [170] Küsel, J. (2020). *Der Ballon in der Flasche*. Naturwissenschaftliches Homeschooling für Baden-Württemberg. <https://nw-homeschooling-bw.de/wp-content/uploads/ExperimenteFuerZuhause/Thema%20Luft/Der%20Ballon%20in%20der%20Flasche.zip>, Abrufdatum 02.04.2021
- [171] Küsel, J. (2020). *Die Fettfleck-Probe*. Naturwissenschaftliches Homeschooling für Baden-Württemberg. <https://nw-homeschooling-bw.de/wp-content/uploads/ExperimenteFuerZuhause/Thema%20Lebensmitte/Die%20Fettfleck%20-%20Probe.zip>, Abrufdatum 02.04.2021
- [172] Küsel, J. (2020). *Eine Batterie bauen*. Naturwissenschaftliches Homeschooling für Baden-Württemberg. <https://nw-homeschooling-bw.de/wp-content/uploads/ExperimenteFuerZuhause/Thema%20Elektrizit%C3%A4t/Eine%20Batterie%20bauen.zip>, Abrufdatum 02.04.2021
- [173] Küsel, J. (2020). *Grünspan selbst hergestellt*. Naturwissenschaftliches Homeschooling für Baden-Württemberg. <https://nw-homeschooling-bw.de/wp-content/uploads/ExperimenteFuerZuhause/Thema%20Metalle/Gr%C3%BCnspan%20selbst%20hergestellt.zip>, Abrufdatum 02.04.2021

- [174] Küsel, J. (2020). *Indikatorpapier selbst gemacht*. Naturwissenschaftliches Homeschooling für Baden-Württemberg. <https://nw-homeschooling-bw.de/wp-content/uploads/ExperimenteFuerZuhause/Thema%20S%C3%A4uren%20und%20Basen/Indikatorpapier%20selbst%20gemacht.zip>, Abrufdatum 02.04.2021
- [175] Küsel, J. (2020). *Leitungswasser enthält gelöste Stoffe*. Naturwissenschaftliches Homeschooling für Baden-Württemberg. <https://nw-homeschooling-bw.de/wp-content/uploads/ExperimenteFuerZuhause/Thema%20Wasser/Leitungswasser%20enth%C3%A4lt%20gel%C3%B6ste%20Stoffe.zip>, Abrufdatum 02.04.2021
- [176] Küsel, J. (2020). *Lücken im Wasser*. Naturwissenschaftliches Homeschooling für Baden-Württemberg. <https://nw-homeschooling-bw.de/wp-content/uploads/ExperimenteFuerZuhause/Thema%20Wasser/L%C3%BCcken%20im%20Wasser.zip>, Abrufdatum 02.04.2021
- [177] Küsel, J. (2020). *Mit Salz bekämpft man Eis*. Naturwissenschaftliches Homeschooling für Baden-Württemberg. <https://nw-homeschooling-bw.de/wp-content/uploads/ExperimenteFuerZuhause/Thema%20Wasser/Mit%20Salz%20bek%C3%A4mpft%20man%20Eis.zip>, Abrufdatum 02.04.2021
- [178] Küsel, J. (2020). *Oberflächenspannung von Wasser*. Naturwissenschaftliches Homeschooling für Baden-Württemberg. <https://nw-homeschooling-bw.de/wp-content/uploads/ExperimenteFuerZuhause/Thema%20Wasser/Oberfl%C3%A4chenspannung%20von%20Wasser.zip>, Abrufdatum 02.04.2021
- [179] Küsel, J. (2020). *Rotkohllindikator*. Naturwissenschaftliches Homeschooling für Baden-Württemberg. <https://nw-homeschooling-bw.de/wp-content/uploads/ExperimenteFuerZuhause/Thema%20S%C3%A4uren%20und%20Basen/Rotkohllindikator.zip>, Abrufdatum 02.04.2021
- [180] Küsel, J. (2020). *Wiege die Luft*. Naturwissenschaftliches Homeschooling für Baden-Württemberg. <https://nw-homeschooling-bw.de/wp-content/uploads/ExperimenteFuerZuhause/Thema%20Luft/Wiege%20die%20Luft.zip>, Abrufdatum 02.04.2021
- [181] Küsel, J. (2020). *Zitronensaft als Rostentferner*. Naturwissenschaftliches Homeschooling für Baden-Württemberg. <https://nw-homeschooling-bw.de/wp-content/uploads/ExperimenteFuerZuhause/Thema%20S%C3%A4uren%20und%20Basen/Zitronensaft%20als%20Rostentferner.zip>, Abrufdatum 02.04.2021
- [182] Lange, G. (n. d.). „*Chemie fürs Leben*“ *Feuer und Flamme: Experimente und Informationen rund um die Kerze*. Universität Rostock. https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Chemie_Didaktik/Forschung/Sekundarstufe_I/6_Feuer_und_Flamme.pdf, Abrufdatum 10.05.2021.
- [183] Lange, G. (n. d.). *Chemie fürs Leben: Für jeden Zweck das richtige Mittel? Experimentieren mit Reinigungsmitteln im Chemieunterricht*. Universität Rostock. https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Chemie_Didaktik/Forschung/Sekundarstufe_I/7_Reinigungsmittel.pdf, Abrufdatum 10.05.2021

- [184] Lange, G. (n. d.). *Kohlenstoffdioxid – ein Gas mit Wirkung*. Universität Rostock – Institut für Chemie/Abt. Didaktik Lehrerfortbildungszentrum. [https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Chemie_Didaktik/Forschung/Kohlenstoffdioxid - Ein Gas mit Wirkung.pdf](https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Chemie_Didaktik/Forschung/Kohlenstoffdioxid_-_Ein_Gas_mit_Wirkung.pdf), Abrufdatum 02.04.2021
- [185] Lasse, T. (2008). *Schulversuch (Gruppe 10/Assistentenversuch): Isolierung von DNA aus Zwiebeln*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0265dna_isolierung_gruppe10.pdf, Abrufdatum 07.04.2021
- [186] Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde & Deutsches Meereszentrum Ozeaneum. (n. d.). *PlasticSchool Sek I – Arbeitsblätter für Schülerinnen und Schüler*. Plastic School. https://plasticschool.de/sekundarstufe-1.html?file=files/PlasticSchool/_base/Downloads/Arbeitsblaetter%20Sek%20I.pdf, Abrufdatum 20.05.2021
- [187] Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde & Deutsches Meereszentrum Ozeaneum. (n. d.). *PlasticSchool Sek I – Einführung für Lehrerinnen und Lehrer*. Plastic School. https://plasticschool.de/sekundarstufe-1.html?file=files/PlasticSchool/_base/Downloads/Lehrerinformationen%20Sek%20I.pdf, Abrufdatum 20.05.2021
- [188] Lemmer, M. (2011). *Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für Schülerinnen und Schüler der Klassen 5-10 in Niedersachsen Wettbewerb 2011/2012: Coole Kaugummis*. Schülerwettbewerb Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für die Sekundarstufe 1 in Niedersachsen. <https://wordpress.nibis.de/dich/files/2019/10/Das-ist-Chemie-Aufgaben-Niedersachsen-2011-2012.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [189] Lemmer, M. (2012). *Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für Schülerinnen und Schüler der Klassen 5-10 in Niedersachsen Wettbewerb 2012/2013: Ach, du dickes Ei!* Schülerwettbewerb Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für die Sekundarstufe 1 in Niedersachsen. <https://wordpress.nibis.de/dich/files/2019/10/Das-ist-Chemie-Aufgaben-Niedersachsen-2012-2013.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [190] Lemmer, M. (2014). *Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für Schülerinnen und Schüler der Klassen 5-10 in Niedersachsen Wettbewerb 2014/2015: Wenn der Bleistift nicht mehr spitz genug ist – Chemie des Anspitzers*. Schülerwettbewerb Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für die Sekundarstufe 1 in Niedersachsen. <https://wordpress.nibis.de/dich/files/2019/10/Das-ist-Chemie-Aufgaben-Niedersachsen-2014-2015.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [191] Lemmer, M. (2015). *Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für Schülerinnen und Schüler der Klassen 5-10 in Niedersachsen Wettbewerb 2015/2016: Seife, die auf Bäumen wächst – Chemie rund ums Waschen*. Schülerwettbewerb Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für die Sekundarstufe 1 in Niedersachsen. <https://wordpress.nibis.de/dich/files/2019/10/Das-ist-Chemie-Aufgaben-Niedersachsen-2015-2016.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [192] Lemmer, M. (2016). *Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für Schülerinnen und Schüler der Klassen 5-10 in Niedersachsen Wettbewerb 2016/2017: Tee und Kakao – Chemie beliebter Getränke*. Schülerwettbewerb Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für die Sekundarstufe 1 in Niedersachsen. <https://wordpress.nibis.de/dich/files/2019/10/Das-ist-Chemie-Aufgaben-Niedersachsen-2016-2017.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021

- [193] Lemmer, M. (2017). *Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für Schülerinnen und Schüler der Klassen 5-10 in Niedersachsen Wettbewerb 2017/2018: Die Hefe, der Zuckerpilz.* Schülerwettbewerb Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für die Sekundarstufe 1 in Niedersachsen. <https://wordpress.nibis.de/dich/files/2019/10/Das-ist-Chemie-Aufgaben-Niedersachsen-2017-2018.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [194] Lemmer, M. (2018). *Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für Schülerinnen und Schüler der Klassen 5-10 in Niedersachsen Wettbewerb 2018/2019: Zauberhafte Farben.* Schülerwettbewerb Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für die Sekundarstufe 1 in Niedersachsen. <https://wordpress.nibis.de/dich/files/2019/10/Das-ist-Chemie-Aufgaben-Niedersachsen-2018-2019.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [195] Lemmer, M. (2019). *Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für Schülerinnen und Schüler der Klassen 5-10 in Niedersachsen Wettbewerb 2019/2020: Tolle Knolle – die Chemie der Kartoffel.* Schülerwettbewerb Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für die Sekundarstufe 1 in Niedersachsen. <https://wordpress.nibis.de/dich/files/2019/11/Das-ist-Chemie-Aufgaben-Niedersachsen-2019-2020pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [196] Lemmer, M. (2020). *Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für Schülerinnen und Schüler der Klassen 5-10 in Niedersachsen Wettbewerb 2020/2021: Kleber – bärenstark.* Schülerwettbewerb Das ist Chemie! Experimentalwettbewerb für die Sekundarstufe 1 in Niedersachsen. <https://wordpress.nibis.de/dich/files/2020/11/Das-ist-Chemie-Aufgaben-Niedersachsen-2020-2021-1.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [197] Lühken, A. (2005). *Ultraschall und Mikrowellenstrahlung im Chemieunterricht – Entwicklung und Erprobung einfacher Experimente zum nichtklassischen Energieeintrag* (Dissertation). Goethe-Universität Frankfurt. <http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/files/3043/LuehkenArnim.pdf>, Abrufdatum 05.04.2021
- [198] Mark. (n. d.). *Selbstgemachte Naturseife – dein erstes Rezept.* Smarticular – einfach nachhaltiger leben. <https://www.smarticular.net/selbstgemachte-naturseife-dein-erstes-rezept>, Abrufdatum 05.04.2021
- [199] Maximilian. (n. d.). *Naturseifen selbst herstellen – der Ablauf.* Smarticular – einfach nachhaltiger leben. <https://www.smarticular.net/naturseifen-selbst-herstellen-der-ablauf>, Abrufdatum 05.04.2021
- [200] Meiners, W. (n. d.) *Stoffeigenschaften – Magnetismus.* Willkommen – bei der Umweltstation Iffens. <http://www.umweltstation-iffens.de/cv-211.pdf>, Abrufdatum 05.04.2021
- [201] Michaelis, J. & Flint, A. (2016). „Chemie fürs Leben“ am Beispiel von Zitronensaft und „Rohrfrei“ – eine alltags- und schülerorientierte Unterrichtseinheit zum Thema Säuren, Laugen und Salze der Sekundarstufe I – Teil 1 Theoretische Grundlagen des Ansatzes „Chemie fürs Leben“ Unterrichtseinheit mit Stoffen aus dem Alltag. Universität Rostock. https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Chemie_Didaktik/Forschung/Sekundarstufe_I/Saeuren_Laugen_Salze_Teil_1.pdf, Abrufdatum 10.05.2021
- [202] Michaelis, J. & Flint, A. (2016). „Chemie fürs Leben“ am Beispiel von Zitronensaft und „Rohrfrei“ – eine alltags- und schülerorientierte Unterrichtseinheit zum Thema Säuren, Laugen und Salze der Sekundarstufe I – Teil 2 Übergang zur Behandlung der Thematik auf Teilchenebene Qualitative und quantitative Untersuchungen mit Stoffen aus dem Alltag. Universität Rostock. https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Chemie_Didaktik/Forschung/Sekundarstufe_I/5_Saeuren_Laugen_II.pdf, Abrufdatum 10.05.2021

- [203] Micke, M. (2012). *V 2 – Schmutztragevermögen von Seifenlösungen*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-86.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [204] Müller, J. (2017). *Experiment des Monats – Der Cola-Test*. Regionalinitiative MINT Zentrum Siegen-Wittgenstein Nordrhein-Westfalen. <https://www.mint-siwi.de/wp-content/uploads/2017/11/Experiment-des-Monats-Der-Cola-Test-1.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [205] Neumann, K., Freienberg, J. & Flint, A. (2003). Seife aus Butter und „Rohrfrei“. *CHEMKON*, 10(3), 143-144.
- [206] Oplustil, D. (2017). *Chem-pions 2017*. Chem-pions Landeswettbewerb Chemie des Ministeriums für Schule und Bildung NRW. <https://www.chem-pions.de/wordpress/wp-content/uploads/2016/05/Aufgabe.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [207] Oplustil, D. (2018). *Chem-pions 2018*. Chem-pions – Landeswettbewerb Chemie des Ministeriums für Schule und Bildung NRW. <https://www.chem-pions.de/wordpress/wp-content/uploads/Aufgabe2018.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [208] Oplustil, D. (2019). *Chem-pions 2019*. Landeswettbewerb Chemie des Ministeriums für Schule und Bildung NRW. <https://www.chem-pions.de/wordpress/wp-content/uploads/Aufgabe2019.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [209] Pacher, T. (2020). *Absetzen von Bodenbestandteilen*. Chemie Baden-Württemberg. https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/34_Absetzen_von_Bodenbestandteilen.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [210] Pacher, T. (2020). *Das Geheimnis des Dochtes*. Chemie Baden-Württemberg. https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/40_Das_Geheimnis_des_Dochtes.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [211] Pacher, T. (2020). *Dem Holzspieß wird's heiß*. Chemie Baden-Württemberg. https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/39_Dem_Holzspiess_wird_es_heiss.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [212] Pacher, T. (2020). *Die Kläranlage der Natur*. Chemie Baden-Württemberg. https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/33_Die_Klaeranlage_der_Natur.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [213] Pacher, T. (2020). *Drei Dinge braucht ein Feuer (1)*. Chemie Baden-Württemberg. https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/41_Drei_Dinge_braucht_ein_Feuer_Teil_1.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [214] Pacher, T. (2020). *Drei Dinge braucht ein Feuer (2)*. Chemie Baden-Württemberg. https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/42_Drei_Dinge_braucht_ein_Feuer_Teil_2.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [215] Pacher, T. (2020). *Drei Dinge braucht ein Feuer (3)*. Chemie Baden-Württemberg. https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/43_Drei_Dinge_braucht_ein_Feuer_Teil_3.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [216] Pacher, T. (2020). *Fettflecken*. Chemie Baden-Württemberg. https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/27_Fettflecken.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [217] Pacher, T. (2020). *Flaschengeist*. Chemie Baden-Württemberg. https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/moox_news/17_Flaschengeist.pdf, Abrufdatum 06.04.2021

- [218] Pacher, T. (2020). *Luft ist nicht nichts!* Chemie Baden-Württemberg.
https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/11_Luft_ist_nicht_nichts.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [219] Pacher, T. (2020). *Unterschiedliche Formen im Wasser.* Chemie Baden-Württemberg.
https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/38_Unterschiedliche_Formen_im_Wasser.pdf,
 Abrufdatum 06.04.2021
- [220] Pacher, T. (2020). *Unterschiedliche Kugeln im Wasser.* Chemie Baden-Württemberg.
https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/37_Unterschiedliche_Kugeln_im_Wasser.pdf,
 Abrufdatum 06.04.2021
- [221] Pacher, T. (2020). *Unterwegs wie die Feuerwehr.* Chemie Baden-Württemberg.
https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/44_Unterwegs_wie_die_Feuerwehr.pdf,
 Abrufdatum 06.04.2021
- [222] Pacher, T. (2020). *Wasser in der Gurke.* Chemie Baden-Württemberg.
https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/26_Wasser_in_der_Gurke.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [223] Pacher, T. (2020). *Welche Materialien leiten Strom?* Chemie Baden-Württemberg.
https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/47_Welche_Materialien_leiten_Strom.pdf,
 Abrufdatum 06.04.2021
- [224] Pacher, T. (2020). *Wenn Wasser gefriert.* Chemie Baden-Württemberg.
https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/30_Wenn_Wasser_gefriert.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [225] Pacher, T. (2020). *Zwei Gummibärchen auf Tauchgang.* Chemie Baden-Württemberg.
https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/13_Zwei_Gummibaerchen_auf_Tauschgang.pdf,
 Abrufdatum 06.04.2021
- [226] Pacher, T. (2020). *Zucker und Salz in Wasser.* Chemie Baden-Württemberg.
https://www.chemie.com/fileadmin/user_upload/content/schule/31_Zucker_und_Salz_in_Wasser.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [227] Parchmann, I., Haucke, K., Flint, A., Witt, A., Anscheit, K. & Becker, R. (2009). *Nachhaltig waschen für eine saubere Umwelt – Ein Konzept für den Chemie-Anfangsunterricht (Altersstufe 11 – 13 Jahre).* Universität Rostock. https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Chemie_Didaktik/Skripte/Nachhaltig_waschen_Anfangsunterricht_Chemie.pdf, Abrufdatum 12.05.2021
- [228] Parchmann, I., Haucke, K., Flint, A., Witt, A., Anscheit, K. & Becker, R. (2009). *Nachhaltig waschen für eine saubere Umwelt – Ein Konzept für den weiterführenden Chemieunterricht (Altersstufe 14 – 18 Jahre).* Universität Rostock. https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Chemie_Didaktik/Skripte/Nachhaltig_waschen>Weiterfuehrender_Unterricht_Chemie.pdf,
 Abrufdatum 12.05.2021
- [229] Pemberneck, M. (2016). *Fluoreszierende organische Verbindungen.* Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-471.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021

- [230] Penker, K., Höll, M., Schweiger, A. & Palliardi, E. [Spürnasenecke]. (2014, November 27). *Spürnasenecke – Wasserdestillation* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=9W9UQKmp-vQ>, Abrufdatum 02.04.2021
- [231] Peters, H. & Darkow, C. (2013). *Schülerhilfen zu den Aufgaben der ersten Wettbewerbsrunde zur IJSO 2014*. Internationale JuniorScienceOlympiade IJSO. <https://www.scienceolympia.de/media/212/download/IJSO-2014-1rd-Sch%C3%BClerbegleitheft.pdf?v=1>, Abrufdatum 01.04.2021
- [232] Peters, H. (2008). *6th International Junior Science Olympiad in Baku – IJSO 2009 – Aufgaben der 1. Runde: Neues aus dem Küchenlabor*. IJSO 2020. <https://www.ijso2020.de/files/ijs0-deutschland/docs/Aufgabenarchiv-national/Erste%20Runde-Aufgaben/IJSO-2009-1rd-Aufgaben.pdf>, Abrufdatum 01.04.2021
- [233] Peters, H. (2009). *7th International Junior Science Olympiad in Abuja – IJSO 2010 – Aufgaben der 1. Runde: Das Land, wo die Orangen blühen*. IJSO 2020. <https://www.ijs02020.de/files/ijs0-deutschland/docs/Aufgabenarchiv-national/Erste%20Runde-Aufgaben/IJSO-2010-1rd-Aufgaben.pdf>, Abrufdatum 01.04.2021
- [234] Peters, H. (2009). *Lösungen und Bewertungsvorschläge zu den Aufgaben der 1. Runde 2009*. IJSO 2020. <https://www.ijs02020.de/files/ijs0-deutschland/docs/Aufgabenarchiv-national/Erste%20Runde-Loesungen/IJSO-2009-1rd-Loesungen.pdf>, Abrufdatum 01.04.2021
- [235] Peters, H. (2010). *8th International Junior Science Olympiad in Durban – Aufgaben der 1. Runde: Aus Zucker mach Honig ...* IJSO 2020. <https://www.ijs02020.de/files/ijs0-deutschland/docs/Aufgabenarchiv-national/Erste%20Runde-Aufgaben/IJSO-2011-1rd-Aufgaben.pdf>, Abrufdatum 01.04.2021
- [236] Peters, H. (2010). *Lösungen und Bewertungsvorschläge zur 1. Runde im Bundesdeutschen Auswahlverfahren zur „7th International Junior Science Olympiad“ 2010 in Abuja, Nigeria*. IJSO 2020. <https://www.ijs02020.de/files/ijs0-deutschland/docs/Aufgabenarchiv-national/Erste%20Runde-Loesungen/IJSO-2010-1rd-Loesungen.pdf>, Abrufdatum 01.04.2021
- [237] Peters, H. (2011). *Lösungen und Bewertungsvorschläge zur 1. Runde im Bundesdeutschen Auswahlverfahren zur „8th International Junior Science Olympiad“ 2011 in Durban, Südafrika*. IJSO 2020. <https://www.ijs02020.de/files/ijs0-deutschland/docs/Aufgabenarchiv-national/Erste%20Runde-Loesungen/IJSO-2011-1rd-Loesungen.pdf>, Abrufdatum 01.04.2021
- [238] Peters, H. (2013). *11th International Junior Science Olympiad Sri Lanka 2014 – Erste Runde: Bunt, bunt, bunt sind alle meine Kleider ...* Internationale JuniorScienceOlympiade IJSO. <https://www.scienceolympia.de/media/139/download/IJSO-2014-1rd-Aufgaben.pdf?v=1>, Abrufdatum 01.04.2021
- [239] Peters, H. (2014). *Musterlösung 11th International Junior Science Olympiad, Mendoza IJSO 2014 – Aufgaben erste Runde*. Internationale JuniorScienceOlympiade IJSO. <https://www.scienceolympia.de/media/196/download/IJSO-2014-1rd-Musterl%C3%B6sung.pdf?v=2>, Abrufdatum 01.04.2021
- [240] Peters, H. (2016). *Nijmegen 2017 – Erste Runde – 14th International Junior Science Olympiad: In der Klebewerkstatt – BÄRENSTARK!* Internationale JuniorScienceOlympiade IJSO. <https://www.scienceolympia.de/media/137/download/IJSO-2017-1rd-Aufgaben.pdf?v=1>, Abrufdatum 01.04.2021

- [241] Peters, H. (2017). *15. Internationale JuniorScienceOlympiade Botswana 2018: Geniales Gemüse! Aufgaben für 2018!* Internationale JuniorScienceOlympiade IJSO. <https://www.scienceolympiaden.de/media/135/download/IJSO-2018-1rd-Aufgaben.pdf?v=1>, Abrufdatum 01.04.2021
- [242] Peters, H. (2017). *In der Klebewerkstatt – BÄRENSTARK! Erwartungshorizont.* Internationale JuniorScienceOlympiade IJSO. <https://www.scienceolympiaden.de/media/199/download/IJSO-2017-1rd-Musterl%C3%B6sung.pdf?v=2>, Abrufdatum 01.04.2021
- [243] Peters, H. (2018). *16. Internationale JuniorScienceOlympiade Katar 2019: Wer findet das Gelbe vom Ei? Aufgaben und Informationen zum IJSO Auswahlwettbewerb.* Internationale JuniorScienceOlympiade IJSO. <https://www.scienceolympiaden.de/media/183/download/IJSO-2019-1rd-Aufgaben.pdf?v=1>, Abrufdatum 01.04.2021
- [244] Peters, H. (2018). *Geniales Gemüse! Erwartungshorizont.* Internationale JuniorScienceOlympiade (IJSO). <https://www.scienceolympiaden.de/media/200/download/IJSO-2018-1rd-Musterl%C3%B6sung.pdf?v=2>, Abrufdatum 01.04.2021
- [245] Peters, H. (2019). *17. Internationale JuniorScienceOlympiade Frankfurt am Main 2020: Alles Tinte? Aufgaben und Informationen zum IJSO Auswahlwettbewerb.* Internationale JuniorScienceOlympiade IJSO. <https://www.scienceolympiaden.de/media/181/download/IJSO-2020-1rd-Aufgaben.pdf?v=1>, Abrufdatum 01.04.2021
- [246] Peters, H. (2019). *Wer findet das Gelbe vom Ei? Musterlösung.* Internationale JuniorScienceOlympiade IJSO. <https://www.scienceolympiaden.de/media/204/download/IJSO-2019-1rd-Musterl%C3%B6sung.pdf?v=2>, Abrufdatum 01.04.2021
- [247] Peters, H. (2020). *18. Internationale JuniorScienceOlympiade Dubai 2021: Oh Schreck, ein Fleck! Aufgaben und Informationen zum IJSO Auswahlwettbewerb.* Internationale JuniorScienceOlympiade IJSO. <https://www.scienceolympiaden.de/media/182/download/IJSO-2021-1rd-Aufgaben.pdf?v=1>, Abrufdatum 01.04.2021
- [248] Peters, H. (2020). *Alles Tinte? Musterlösung.* Internationale JuniorScienceOlympiade IJSO. <https://www.scienceolympiaden.de/media/202/download/IJSO-2020-1rd-Musterl%C3%B6sung.pdf?v=2>, Abrufdatum 01.04.2021
- [249] Pfeifer, P. (2003). Chemie mit Haaren. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 75, 114-117.
- [250] Pöhls, C. & Busker, M. (2013). Rosten gegen Gelenkschmerzen? Eine experimentelle Untersuchung von Wärmepflastern. *CHEMKON*, 20(3), 131-139.
- [251] Pörsch, P. (2014). *Wettbewerb 2015: Spitzer...ist spitze!* Bildungsserver Leben mit Chemie. https://leben-mit-chemie.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/leben-mit-chemie.bildung-rp.de/pdf/Aufgabe_2015_Internet.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [252] Pörsch, P. (2015). *Wettbewerb 2016: TEEma: ExperimenTEE.* Bildungsserver Leben mit Chemie. https://leben-mit-chemie.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/leben-mit-chemie.bildung-rp.de/pdf/Aufgabe_2016.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [253] Pörsch, P. (2016). *Wettbewerb 2016: „Krasse Kresse!“.* Bildungsserver Leben mit Chemie. https://leben-mit-chemie.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/leben-mit-chemie.bildung-rp.de/pdf/Aufgabe_2017.pdf, Abrufdatum 02.04.2021

- [254] Pörsch, P. (2017). *Wettbewerb 2018: bis die Blase platzt....* Bildungsserver Leben mit Chemie. https://leben-mit-chemie.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/leben-mit-chemie.bildung-rp.de/pdf/Aufgabe_2018.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [255] Pörsch, P. (2018). *Wettbewerb 2019: Zaubermler? Zauberhaft!* Bildungsserver Leben mit Chemie. https://leben-mit-chemie.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/leben-mit-chemie.bildung-rp.de/pdf/Aufgabe_2019.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [256] Pörsch, P. (2019). *Wettbewerb 2020: Tolle Knolle.* Bildungsserver Leben mit Chemie. https://leben-mit-chemie.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/leben-mit-chemie.bildung-rp.de/pdf/Aufgabe_2020_Internet_NEU.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [257] Pörsch, P. (2020). *Erwartungshorizont 2020.* Bildungsserver Leben mit Chemie. https://leben-mit-chemie.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/leben-mit-chemie.bildung-rp.de/pdf/Erwartungshorizont_2020pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [258] Pörsch, P. (2020). *Wettbewerb 2021: Ice-Pack? Cool!* Bildungsserver Leben mit Chemie. https://leben-mit-chemie.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/leben-mit-chemie.bildung-rp.de/pdf/Aufgabe_2021pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [259] Pross, S. (2007). *Chemische Hausaufgaben.* Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/expvotr/726ChemischeHausaufg_Pross.doc, Abrufdatum 02.04.2021
- [260] Raguse, K., Weber-Peukert, G. (Hrsg.), Bohrmann-Linde, C., Fabiunke, E., Graf, K.-O., Hack, D., Opatz-Kasperski, S., Roggenbuck, S., Rothermel-Mulch, K., Schultheiß-Reimann, P., Siehr, I. & Watermann, P. (2021). *Chemie Gesamtband Sekundarstufe I – Gymnasium Hessen* (1. Aufl.). C.C.Buchner.
- [261] Reiners, C. S. (n. d.). „*Brennwert*“ von Schokolade. Universität zu Köln – Institut für Chemie und ihre Didaktik. <https://www.uni-koeln.de/math-nat-fak/didaktiken/chemie/schokomaterialien/v2.pdf>, Abrufdatum 07.04.2021
- [262] Reinl, K. (2007). *Schönheitspflege chemisch betrachtet.* Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Schoenheitspflege_Reinl.pdf, Abrufdatum 01.06.2021
- [263] Reuter, J. (n. d.). *Stoffeigenschaften: Dichte und Löslichkeit.* docplayer. <https://docplayer.org/35250882-Stoffeigenschaften-dichte-und-loeslichkeit.html>, Abrufdatum 07.04.2021
- [264] Rieger, T., Finkbeiner, S., Ackermann, M. & Campe, S. (2017). *Zieldifferentes Lernen – Kompetenzraster, Lernwegelisten und exemplarische Lernmaterialien – Chemie – Organische Chemie.* Landesbildungsserver Baden-Württemberg. <https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/berufliche-schularten/berufsvorbereitende-schularten/vab/individuelle-foerderung-im-avdual-und-vab/av-avdual-material/chemie-organische-chemie-ohne-kopf-fusszeile.docx>, Abrufdatum 05.04.2021
- [265] Rinke, M. T. & Wichtrup, P. (2019). Vom Eis zum Dampf – Ein Experiment zum Erhitzen von Eis und Dokumentation im Performanzvideo mit Zeitraffer-Option. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 171/172*, 52-56. Friedrich – Gemeinsam für guten Unterricht. <https://www.friedrich-verlag.de/physik/thermodynamik/vom-eis-zum-dampf-2761>, Abrufdatum 07.04.2021
- [266] Rossow, M. & Flint, A. (2016). „*Chemie fürs Leben*“ am Beispiel von Kerzen, Oxi-Reinigern und Campinggas – eine alltags- und schülerorientierte Unterrichtseinheit zum Thema Redoxreaktionen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Universität Rostock. https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Chemie_Didaktik/Forschung/Sekundarstufe_I/2_Redoxreaktionen.pdf, Abrufdatum 10.05.2021

- [267] Rudy, A. (2005). *Experimentalvortrag zum Thema: Das bisschen Haushalt macht sich von allein,* Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/expvotr/702Haushalt_Rudy.doc, Abrufdatum 02.04.2021
- [268] Rummel, H. (2012). Denaturierung von Katalase aus Kartoffeln. In C. André (Hrsg.), *Chemie? Aber sicher! Experimente kennen und können* (2., durchges. Aufl., Kap. 20, S. 2). Akademiebericht Nr. 475 der Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung Dillingen.
- [269] Rüter, M. (2009). *111 neue spannende Experimente für Kinder*. Compact Verlag München. Voransicht unter: <https://books.google.de/books?id=Hjbc8Fy7YAC&printsec=frontcover&hl=de#v=onepage&q&f=false>, Abrufdatum 22.05.2021
- [270] Salzner, J. (2019). *Chemie – mach mit! Ein blaues Wunder?! 36*. Goethe Universität Frankfurt am Main. <https://www.uni-frankfurt.de/76404558/cmm36.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [271] Salzner, J. (2019). *Chemie – mach mit! Eine tolle Knolle! 37*. Goethe Universität Frankfurt am Main. <https://www.uni-frankfurt.de/81952543/cmm37.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [272] Salzner, J. (2020). *Chemie – mach mit! Was glänzt denn da? 39*. Goethe Universität Frankfurt am Main. <https://www.uni-frankfurt.de/92020032/cmm39.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [273] Salzner, J. (2020). *Chemie – mach mit! xocólatl 38*. Goethe Universität Frankfurt am Main. <https://www.uni-frankfurt.de/85768391/cmm38.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [274] Salzner, J. (2021). *Chemie – mach mit! Schnelle Kälte 40*. Goethe Universität Frankfurt am Main. <https://www.uni-frankfurt.de/97834227/cmm40.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [275] Schälte, M. & Lück, G. (2020). Kleben bis das Zeug hält – Experimente zu historischen Klebstoffen. *CHEMKON*, 27(7), 314-321.
- [276] Schillmüller, R. & Marohn, A. (2017): Warum blubbert's in der Brause? – Choice2learn in der Sekundarstufe I. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 159, 13-18.
- [277] Schlachzig, S. (2020). Probe X: sauer, basisch oder neutral? Experimente zu Hause durchführen und Lerndokumentationen erstellen. *Unterricht aktuell, d00009*, 10-12. Friedrich – Gemeinsam für guten Unterricht. <https://www.friedrich-verlag.de/shop/unterricht-aktuell-chemie-experimente-digital-d00009>, Abrufdatum 14.04.2021
- [278] Schmauß, L. (2018). *Landeswettbewerb für die Klassen 5-10 „Experimente antworten“ 2018/2019 II: Eine glänzende Erscheinung!* Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus. https://www.km.bayern.de/download/20261_Fruehjahr2019.pdf, Abrufdatum 01.04.2021
- [279] Schmauß, L. (2019). *Landeswettbewerb für die Klassen 5-10 „Experimente antworten“ 2019/2020 II: Zum Dahinschmelzen!* Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus. https://www.km.bayern.de/download/22548_FJ2020pdf, Abrufdatum 01.04.2021
- [280] Schmauß, L. (2020). *Landeswettbewerb für die Klassen 5-10 „Experimente antworten“ 2020/2021 I: Es ist nicht alles Gold was glänzt.* Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus. https://www.km.bayern.de/download/23681_Herbst2020FAE.pdf, Abrufdatum 01.04.2021
- [281] Schmauß, L. (2020). *Landeswettbewerb für die Klassen 5-10 „Experimente antworten“ 2020/2021 II: Leo geht aufs Eis.* Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus. https://www.km.bayern.de/download/24394_20202021IIFJ.pdf, Abrufdatum 02.04.2021

- [282] Schmelzer, S. (n. d.). *Basteln zu Ostern Ostereier natürlich färben*. GEOlino. <https://www.geo.de/geolino/basteln/zu-ostern-ostereier-natuerlich-faerben>, Abrufdatum 07.04.2021
- [283] Schmidt, S. (n. d.). *Experimente für den Sachunterricht an Grundschulen: Experimente mit Aha-Effekt!* Zukunftsinitiative Rheinland-Pfalz (ZIRP). https://www.zirp.de/images/downloads/mint/experimente_mit_aha_effekt.pdf, Abrufdatum 03.04.2021
- [284] Schorn, J. & Meiners, F. (2017). *Thermochrome Farben, die beim Laminieren verschwinden – Zauberei?* Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. https://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/17_07.htm, Abrufdatum 03.04.2021
- [285] Schulte, J. (2007). *Protokoll zum Experimentalvortrag Organische Chemie „Tee – Abwarten und Tee trinken...“*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/expvotr/733Tee_Schulte.pdf, Abrufdatum 02.04.2021
- [286] Schunk, A. (2001). *Experiment des Monats August 2001 – Riboflavin*. Axel Schunk. <http://www.axel-schunk.de/experiment/edm0108.html>, Abrufdatum 06.04.2021
- [287] Schunk, A. (2010). *Experiment des Monats Oktober 2010 – Rhabarber-Salz*. Axel Schunk. <http://www.axel-schunk.de/experiment/edm1010.html>, Abrufdatum 07.04.2021
- [288] Schunk, A. (2010). *Experiment des Monats September 2010 – Der Radieschen-Indikator*. Axel Schunk. <http://www.axel-schunk.de/experiment/edm1009.html>, Abrufdatum 03.04.2021
- [289] Schunk, A. (2016). *Experiment des Monats Juli 2016 – Kupfer-Chlorophyll-Komplexe*. Axel Schunk. <http://www.axel-schunk.net/experiment/edm1607.html>, Abrufdatum 03.04.2021
- [290] Schunk, A. (2017). *Experiment des Monats März 2017 – Volumenkontraktion*. Axel Schunk. <http://www.axel-schunk.de/experiment/edm1703.html>, Abrufdatum 07.04.2021
- [291] Schwedt, G. (2009). *Experimente mit Supermarktprodukten* (3. erweiterte und aktualisierte Aufl.). WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- [292] Schwedt, G. (2009). *Noch mehr Experimente mit Supermarktprodukten* (2. erweiterte Aufl.). WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- [293] Schwedt, G. (2013). *Experimente rund um die Kunststoffe des Alltags* (1. Aufl.). WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- [294] Seabert, H., Wöhrmann, H. & Stäudel, L. (1992). *Konservierung von Lebensmitteln mit und ohne Chemie. SOZNAT Bd. 33 (1. Aufl.)*. Gute UnterrichtsPraxis Naturwissenschaften. http://www.xn--studel-cua.de/schriften_LS/Soznat-Archiv/SoznatH33-Seabert-Konservierung.pdf, Abrufdatum 07.04.2021
- [295] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.). (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. KMK Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf, Abrufdatum 07.04.2021
- [296] Siegfried, S. (2020). *Stickstoff: Ein Element und seine Verbindungen schreiben Geschichte*. Veröffentlichung auf https://chids.online.uni-marburg.de/veranstaltungen/uebungen_experimentalvortrag.html noch ausstehend.
- [297] Sirch, T. & Ducci, M. (2015). *Fluoreszierende Chamäleon-Bällchen*. *CHEMKON*, 22(4), 187-189.

- [298] Stäudel, L. (2017). Warum implodiert die Dose? – Aufgabe. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 162, 49-50. Friedrich – Gemeinsam für guten Unterricht. <https://www.friedrich-verlag.de/chemie/stoffe-ihre-eigenschaften/warum-implodiert-die-dose-aufgabe-3200>, Abrufdatum 07.04.2021
- [299] Steinkuhle, A. (2013). *Kosmetikartikel*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-127.pdf>, Abrufdatum 03.04.2021
- [300] Steinkuhle, A. (2013). *Schulversuchspraktikum – Endotherm und Exotherm*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/7-8/V7-124.pdf>, Abrufdatum 05.04.2021
- [301] Stremitzer, B. (2014). *Aufgabe 3 Lösung Luftballon – Brausetabletten*. ForscherInnenwerkstatt Physik. <http://physik.uni-graz.at/forscherwerkstatt/files/2013/exp0403L.pdf>, Abrufdatum 07.04.2021
- [302] Stremitzer, B. (2014). *Aufgabe 3 Luftballon – Brausetabletten*. ForscherInnenwerkstatt Physik. <http://physik.uni-graz.at/forscherwerkstatt/files/2013/exp0403.pdf>, Abrufdatum 07.04.2021
- [303] Sturm, B. (2017). Blauer Geldschein oder „Blaue Blüte“? – die Iod/ Stärke-Reaktion einmal anders. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 159, 49-50. Friedrich – Gemeinsam für guten Unterricht. <https://www.friedrich-verlag.de/chemie/chemische-reaktionen/blauer-geldschein-oder-blaue-tuete-die-iod-staerke-reaktion-einmal-anders-3164>, Abrufdatum 07.04.2021
- [304] Tausch, M. W. (n. d.). 3. *Maskierung des Knoblauchgeruchs*. Wacker DiSiDo Dextrine. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/fileadmin/Chemie/chemiedidaktik/disido/cyde/exp/12app03.htm>, Abrufdatum 20.05.2021
- [305] Tausch, M. W. (n. d.). 4. *Löslichkeit*. Wacker DiSiDo Dextrine. https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/fileadmin/Chemie/chemiedidaktik/disido/cyde/exp/04_loes.htm, Abrufdatum 20.05.2021
- [306] Tausch, M. W. (n. d.). 5. *Entfernung der Bitterstoffe aus Pampelmusensaft*. Wacker DiSiDo Dextrine. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/fileadmin/Chemie/chemiedidaktik/disido/cyde/exp/14app05.htm>, Abrufdatum 20.05.2021
- [307] Tausch, M. W. (n. d.). 9. *Stabilisierung von O/W-Emulsionen*. Wacker DiSiDo Dextrine. https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/fileadmin/Chemie/chemiedidaktik/disido/cyde/exp/09_stabilisierung.htm, Abrufdatum 20.05.2021
- [308] Thiara, J., Fleischer, L., Fischer, P., Held, F. & Schadt, B. (2019). *Lösungsvorschlag zur Aufgabenrunde 2018/19 II „Eine glänzende Erscheinung!“*. Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus. https://www.km.bayern.de/download/20932_Musterloesungii1819.pdf, Abrufdatum 01.04.2021
- [309] Voglhuber, H. (2013). Emulsionen aus dem Alltag – Einfache Analyse auf Wasser- und Fettanteil. *Plus Lucis 1-2*, 42-46. Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts (VFPC). https://www.pluslucis.org/ZeitschriftenArchiv/2013-1_PL.pdf, Abrufdatum 06.04.2021
- [310] Wagner, R. (2002). *Wer rastet, der rostet? Ros(t)ige Zeiten....* NATEX. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2002-2003-1.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [311] Wagner, R. (2003). *Viel hilft viel?* NATEX. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2002-2003-2.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [312] Wagner, R. (2004). *Brausetabletten – Düsenantrieb und Vitaminpower....* NATEX. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2003-2004-2.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021

- [313] Wagner, R. (2004). *Rin in de Kartüffel*. NATEX. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2004-2005-1.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [314] Wagner, R. (2006). *Lockere Pizza – kriegst du das gebacken?* NATEX. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2006-2007-1.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [315] Wagner, R. (2006). *Zucker und Salz – Zwillinge?* NATEX. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2005-2006-2.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [316] Wagner, R. (2007). *Hitze in Tüten*. NATEX. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2007-2008-1.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [317] Wagner, R. (2008). *Kunterbunte Pflanzenfarben – Indikatorfarbstoffe als „Detektive“*. NATEX. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2004-2005-2.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [318] Wagner, T. & Flint, A. (2018). *Chemie fürs Leben Energie im Chemieunterricht – Eine neue experimentelle Unterrichtskonzeption für die Sekundarstufe I und II*. Universität Rostock. https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_MNF/Chemie_Didaktik/Forschung/Energie_im_Chemieunterricht.pdf, Abrufdatum 10.05.2021
- [319] Wagner, W. (2010). *Experimenteller Einstieg in den Chemieunterricht – Eindampfen von Salzwasser*. Universität Bayreuth: Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften – Didaktik der Chemie. http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/s_didaktik/alltag/02_salzwasser_1.htm, Abrufdatum 05.04.2021
- [320] Wagner, W. (2010). *Experimenteller Einstieg in den Chemieunterricht – Eisen*. Universität Bayreuth: Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften – Didaktik der Chemie. http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/s_didaktik/alltag/02_eisenwolle_s.htm, Abrufdatum 05.04.2021
- [321] Wagner, W. (2010). *Experimenteller Einstieg in den Chemieunterricht – Erhitzen von Zucker*. Universität Bayreuth: Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften – Didaktik der Chemie. http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/s_didaktik/alltag/02_zucker_1.htm, Abrufdatum 05.04.2021
- [322] Wagner, W. (2010). *Experimenteller Einstieg in den Chemieunterricht – Grobverlauf der Unterrichtseinheit*. Universität Bayreuth: Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften – Didaktik der Chemie. http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/s_didaktik/02_ergebnisse_grob.htm, Abrufdatum 05.04.2021
- [323] Waitz, T. (2012). *V 2 – Die übermächtige zweite Brausetablette*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-17.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [324] Waitz, T. (2012). *V 4 – Meine eigene kleine Kläranlage (ein Bodenfliter)*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-95.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [325] Waitz, T. (2014). *V 2 – Guter Schwimmer – Schlechter Schwimmer*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-317.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [326] Waitz, T. (2014). *V 4 – Wasser und Feststoffe*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-341.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [327] Waitz, T. (2014). *V 6 – Der Brausetabletten-Versuch*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-343.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021

- [328] Waitz, T. (2015). „Was schwimmt, was sinkt?“. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-427.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [329] Waitz, T. (2015). *Lehrerversuch – Die Knallerbse*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/7-8/V7-429.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [330] Waitz, T. (2015). *Lehrerversuch – Regenerierende Sprudelflasche*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-445.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [331] Waitz, T. (2015). *V 5 – Nachweis von Schwefeldioxid*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/9-10/V9-319.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [332] Waitz, T. (2015). *V2 – Schmelztemperaturbestimmung von Lebensmitteln*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-457.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [333] Waitz, T. (2015). *Warum brennt das Papier im Teesieb nicht?* Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-496.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [334] Waitz, T. (2016). *1.1 Der Emulgator Lecithine*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-503.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [335] Waitz, T. (2016). *V2 – Iod-Stärke-Gleichgewicht*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-537.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [336] Waitz, T. (2016). *V3 – Plastik unformen*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-632.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [337] Waitz, T. (2017). *Die Täuschung*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-686.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [338] Waitz, T. (n. d.). „Temperaturabhängigkeit der Dichte“. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-426.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [339] Waitz, T. (n. d.). *1 Schülerversuch – Regenbogen im Glas*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-371.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [340] Waitz, T. (n. d.). *1.1 V 5 – Flaschenthermometer*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-258.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [341] Waitz, T. (n. d.). *1.1 VI – Versuch zur Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit von Gasen*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-607.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [342] Waitz, T. (n. d.). *Arbeitsblatt – Diagramm zur Aktivierungsenergie*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/7-8/V7-166.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [343] Waitz, T. (n. d.). *Arbeitsblatt – Wie lösche ich eine Kerze? (Anwendung des Feuerdreiecks)*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-353.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021

- [344] Waitz, T. (n. d.). *Das Cola/Cola-Light-Phänomen*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-304.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [345] Waitz, T. (n. d.). *V 1 – Drei Methoden zur Brandbekämpfung*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-165.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [346] Waitz, T. (n. d.). *V 1 – Wunderkerzen und Knallerbsen zur Demonstration der Aktivierungsenergie*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/7-8/V7-161.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [347] Waitz, T. (n. d.). *V 3 – Der Frostaufbruch*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-200.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [348] Waitz, T. (n. d.). *V 3 – Die Aggregatzustände von Wasser*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-292.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [349] Waitz, T. (n. d.). *V 3 – Filzstiftfarben*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-208.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [350] Waitz, T. (n. d.). *V 3 – Lösungswärme von Salzen*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-248.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [351] Waitz, T. (n. d.). *V 3 – Vom Steinsalz zum Kochsalz*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-191.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [352] Waitz, T. (n. d.). *V 6 – Chromatographie – Der Farbstoff von Smarties*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-81.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [353] Waitz, T. (n. d.). *V 7 – Mineralwasser als Kerzenlöscher*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-352.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [354] Waitz, T. (n. d.). *V 2 – Die natürliche Kläranlage*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-627.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [355] Waitz, T. (n. d.). *V 3 – Struktur von Tensiden*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/11-12/V11-174.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [356] Waitz, T. (n. d.). *V 4 – Gefrierpunkterniedrigung von Eiswasser*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/7-8/V7-650.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [357] Waitz, T. (n. d.). *V 4 – Saugheber - Modell*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/7-8/V7-164.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [358] Waitz, T. (n. d.). *V 4 – Untersuchung der Kerzenflamme – Temperaturverteilung*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-176.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [359] Waitz, T. (n. d.). *V 5 – Das schrumpfende und das wachsende Ei*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/7-8/V7-129.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021

- [360] Waitz, T. (n. d.). *V5 – Leiter und Isolatoren*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-161.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [361] Waitz, T. (n. d.). *V5 – Leitfähigkeit von Kochsalzlösungen*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-193.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [362] Waitz, T. (n. d.). *V5 – Untersuchung der Kerzenflamme – Ruß*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-177.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [363] Waitz, T. (n. d.). *V6 – Verbrennung im abgeschlossenen Raum*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-178.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [364] Waitz, T. (n. d.). *Warmer und kalter Tee*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-611.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [365] Waitz, T. (n. d.). *Was brennt denn da? Die springende Flamme*. Unterrichtsmaterialien Chemie – Universität Göttingen. <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/5-6/V5-28.pdf>, Abrufdatum 06.04.2021
- [366] Wehner, A. (2007). *Experimentalvortrag Chemie „Die schokoladigsten Versuche seit es Chemie gibt“*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/expvotr/732Schokolade_Wehner.doc, Abrufdatum 02.04.2021
- [367] Weller, D. (n. d.). *Versuch Neutralisationen aus dem Alltag*. Lehrerinnenfortbildung Baden-Württemberg. https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/chemie/bs/6bg/6bg1/lpe_7_saeuren_laugen_neutralisation/neutralisationen_aus_dem_alltag-versuchsanleitung.pdf, Abrufdatum 07.04.2021
- [368] Wiechoczek, D. (2002). *Versuch: Der Gipskreislauf*. Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. <https://www.chemieunterricht.de/dc2/haus/v018.htm>, Abrufdatum 07.04.2021
- [369] Wiechoczek, D. (2003). *Versuch: Herstellen eines Polyesters aus Citronensäure und Rizinusöl*. Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. <https://www.chemieunterricht.de/dc2/haus/v117.htm>, Abrufdatum 07.04.2021
- [370] Wiechoczek, D. (2004). *Spucke baut Stärke ab*. Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. <https://www.chemieunterricht.de/dc2/grundschr/versuche/gs-v-104.htm>, Abrufdatum 07.04.2021
- [371] Wiechoczek, D. (2005). *Ein Tropfstein wächst*. Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. <https://www.chemieunterricht.de/dc2/grundschr/versuche/gs-v-148.htm>, Abrufdatum 03.04.2021
- [372] Wiechoczek, D. (2005). *Versuch: Butter selbst gemacht!* Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. <https://www.chemieunterricht.de/dc2/milch/v-butter.htm>, Abrufdatum 06.04.2021
- [373] Wiechoczek, D. (2009). *Versuch: Eier färben*. Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. <https://www.chemieunterricht.de/dc2/grundschr/eier/versuch7.htm>, Abrufdatum 07.04.2021
- [374] Wiechoczek, D. (2010). *Versuch: Chlorophyll als Ionenaustauscher*. Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. https://www.chemieunterricht.de/dc2/iat/dc2iv_43.htm, Abrufdatum 03.04.2021
- [375] Wiechoczek, D. (2012). *Alles in Butter!* Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. <https://www.chemieunterricht.de/dc2/milch/butter.htm>, Abrufdatum 06.04.2021

- [376] Wiechoczek, D. (2012). *Versuch: Herstellen von Margarine (Modellversuch)*. Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. <https://www.chemieunterricht.de/dc2/haus/v034.htm>, Abrufdatum 05.04.2021
- [377] Wilke, T. (n. d.). *Lehrerfortbildung Tee*. WayBackMachine. https://web.archive.org/web/20130730104543/http://www.nat-working.uni-jena.de/pdf/Sachdarstellung_Tee.pdf, Abrufdatum 07.04.2021
- [378] Winston, R. (2017). *Das Superlabor – Die besten Experimente für zu Hause* (1. Aufl.). Dorling Kindersley Verlag GmbH.
- [379] Wolfspurger, C. (n. d.). *Chemie mit Lebensmitteln [Experimente mit Gummibärchen und Cola]*. Conatex Lernsysteme. https://www.conatex.com/media/experiments/VADE/VADE_Chemie_Chemie_mit_Lebensmitteln.pdf, Abrufdatum 07.04.2021
- [380] Zauner, K. (n. d.). *Besteht die Farbe von Skittles Kaudragees, M&M Schokolinsen sowie Smarties aus einer oder aus mehreren Farben?* Verband der Chemielehrer/innen Österreichs. http://hp.vcoe.or.at/web/images/artikel/jugend/experimente/MM_Einfache_Experim_3_2020_web.pdf, Abrufdatum 03.04.2021
- [381] Zauner, K. (n. d.). *Kannst du mit Backpulver die Flamme einer Kerze auslöschen?* Verband der Chemielehrer/innen Österreichs. http://hp.vcoe.or.at/web/images/artikel/jugend/experimente/Backpulver_Einfache_Experim_3_2020_web.pdf, Abrufdatum 03.04.2021
- [382] Zauner, K. (n. d.). *So viele bunte Naschereien*. Verband der Chemielehrer/innen Österreichs. http://hp.vcoe.or.at/web/images/artikel/jugend/experimente/Bunte_Naschereien_Einfache_Experim_3_2020_web.pdf, Abrufdatum 03.04.2021
- [383] Zauner, K. (n. d.). *Wie kraftvoll ist Backpulver?* Verband der Chemielehrer/innen Österreichs. http://hp.vcoe.or.at/web/images/artikel/jugend/experimente/Backpulverhandschuh_Einfache_Experim_4_2020pdf, Abrufdatum 03.04.2021
- [384] Ziebegk, M. & Schmidt, O. (2015). *Waschmittel auf Bäumen*. NATEX. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2015-2016-1.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021
- [385] Ziebegk, M. & Schmidt, O. (2018). *Was hast du im Tee?* NATEX. <https://natex-hamburg.de/blog/wp-content/uploads/2017-2018-2.pdf>, Abrufdatum 02.04.2021

Quellenverzeichnis für Videoexperimente und virtuelle Experimente

- [386] AK Kappenberg Chemie. (2016, Oktober 4). *Adsorption Desorption - Prinzip AK #Kappenberg Chemie Chromatografie - K01a3* [Video]. YouTube^{DE}.
https://www.youtube.com/watch?v=joNYnNnd80U&feature=emb_logo, Abrufdatum 11.04.2021
- [387] Arnold, R. (2020). *open MINT labs – virtuelle Labore für Schülerinnen und Schüler*. OpenOlat.
<https://olat.vcrp.de/auth/RepositoryEntry/2398617608/CourseNode/87406636276753>, Abrufdatum 22.05.2021
- [388] Baldwin, N. [Nigel Baldwin]. (2020, Februar 18). *Heating carbonates C0050* [Video]. YouTube^{DE}.
<https://www.youtube.com/watch?v=grDQuhScRPw>, Abrufdatum 12.04.2021
- [389] Bannier, T. & Renaux, C. [MBiodiesel]. (2010, Dezember 12). *Anleitung zur Herstellung von Biodiesel* [Video]. YouTube^{DE}.
<https://www.youtube.com/watch?v=9ZISjsxIHbI>, Abrufdatum 11.04.2021
- [390] Barth, H. (2020). *Bildung gasförmiger Oxide – Reagenzglas mit Luftballon* [Video]. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/chemiedidaktik/vidpool-ord/exp_Typ1_ord/exp_Typ1, Abrufdatum 27.05.2021
- [391] Barth, H. (2020). *Boyle Versuch* [Video]. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/chemiedidaktik/vidpool-ord/exp_Typ1_ord/exp_Typ1, Abrufdatum 27.05.2021
- [392] Barth, H. (2020). *Luftballon im Rundkolben* [Video]. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/chemiedidaktik/vidpool-ord/exp_Typ1_ord/exp_Typ1, Abrufdatum 27.05.2021
- [393] Barth, H. (2020). *Reaktion von Kupfer mit Iod* [Video]. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/chemiedidaktik/vidpool-ord/exp_Typ1_ord/exp_Typ1, Abrufdatum 27.05.2021
- [394] Barth, H. (2020). *Reaktion von Kupfer mit Sauerstoff (Kupferbrief)* [Video]. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/chemiedidaktik/vidpool-ord/exp_Typ1_ord/exp_Typ1, Abrufdatum 27.05.2021
- [395] Barth, H. (2020). *Reaktion von Magnesium mit Sauerstoff – Bildung fester Oxide* [Video]. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/chemiedidaktik/vidpool-ord/exp_Typ1_ord/exp_Typ1, Abrufdatum 27.05.2021
- [396] Barth, H. (2020). *Verbrennen von Magnesiumstäbchen* [Video]. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/chemiedidaktik/vidpool-ord/exp_Zeitleupe_ord/exp_Typ3, Abrufdatum 27.05.2021
- [397] Barth, H. (2020). *Verbrennungsprodukte einer Kerze* [Video]. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/chemiedidaktik/vidpool-ord/exp_Typ1_ord/exp_Typ1, Abrufdatum 27.05.2021
- [398] Binnewald, J. [online-edu.de]. (2020, April 27). *Kupferbrief – Experiment* [Video]. YouTube^{DE}.
<https://www.youtube.com/watch?v=NYTRedsTwXw>, Abrufdatum 11.04.2021
- [399] Binnewald, J. [online-edu.de]. (2020, April 27). *Metalle an der Luft erhitzen – Experiment* [Video]. YouTube^{DE}.
<https://www.youtube.com/watch?v=fPCXdZSTITs>, Abrufdatum 11.04.2021
- [400] Binnewald, J. [online-edu.de]. (2020, April 6). *Kochsalz und Zucker erhitzen – Experiment* [Video]. YouTube^{DE}.
<https://www.youtube.com/watch?v=4t7q85wIS9w>, Abrufdatum 11.04.2021
- [401] Binnewald, J. [online-edu.de]. (2020, Mai 10). *Holzkohle verbrennt in reinem Sauerstoff – Experiment* [Video]. YouTube^{DE}.
<https://www.youtube.com/watch?v=a9AQZGof9iU>, Abrufdatum 11.04.2021

- [402] Binnewald, J. [online-edu.de]. (2020, Mai 10). *Schwefel verbrennt in reinem Sauerstoff – Experiment* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=N0QBaJKC9C4>, Abrufdatum 11.04.2021
- [403] BioChemieParadies. (2020, Dezember 30). *Experiment Chemie – Löslichkeit von Alkanen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=WgeIbLHLmnE>, Abrufdatum 10.04.2021
- [404] BioChemieParadies. (2020, Dezember 30). *Experiment Chemie – Löslichkeit von Alkanolen (Alkoholen)* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=SUg62CvGu_8, Abrufdatum 10.04.2021
- [405] BioChemieParadies. (2020, Januar 2). *Experiment Chemie – Säure-Base-Titration* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=A28g_Cp3BOc, Abrufdatum 10.04.2021
- [406] BioChemieParadies. (2020, November 11). *Experiment Chemie – Landolt-Zeitversuch – Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=nJrAqoJqRtI>, Abrufdatum 10.04.2021
- [407] BioChemieParadies. (2020, November 17). *Experiment Chemie – Katalysator – Manganoxid und Wasserstoffperoxid* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=4So-TJb3s4>, Abrufdatum 10.04.2021
- [408] BioChemieParadies. (2020, November 24). *Experiment Chemie – Stickstoffdioxid-Distickstofftetraoxid-Gleichgewicht* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=5LBJ9100rMM>, Abrufdatum 10.04.2021
- [409] BioChemieParadies. (2020, Oktober 10). *Experiment Chemie – Bromierung von Heptan – radikalische Substitution* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=cfwGKQ6PbvM>, Abrufdatum 10.04.2021
- [410] BioChemieParadies. (2020, Oktober 10). *Experiment Chemie – Volumetrische Messung der Reaktionsgeschwindigkeit* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=gLNAoh3anS0>, Abrufdatum 10.04.2021
- [411] BioChemieParadies. (2020, Oktober 20). *Experiment Chemie – Reaktion von Brom mit Aluminium – Salzbildung* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=3kvfQtRFXLY>, Abrufdatum 10.04.2021
- [412] BioChemieParadies. (2020, September 17). *Experiment Chemie – Brennende Kerze auf einer Waage – Gesetz der Erhaltung der Masse I* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=uBlrXPmBfDg>, Abrufdatum 10.04.2021
- [413] BioChemieParadies. (2020, September 17). *Experiment Chemie – Neutralisationsreaktion I* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=tlgJbd3QBhU>, Abrufdatum 10.04.2021
- [414] BioChemieParadies. (2020, September 17). *Experiment Chemie – Neutralisationsreaktion II – Temperaturmessung* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=i_JlCeZ_70o&t=0s, Abrufdatum 10.04.2021
- [415] BioChemieParadies. (2020, September 17). *Experiment Chemie – Qualitative Elementaranalyse – Nachweis von Kohlenstoff und Wasserstoff* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=LTKB69P9W7A>, Abrufdatum 10.04.2021
- [416] BioChemieParadies. (2020, September 17). *Experiment Chemie – Verbrennung von Eisenwolle – Gesetz der Erhaltung der Masse II* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=5RSuypKSDik>, Abrufdatum 10.04.2021

- [417] BioChemieParadies. (2020, September 17). *Experiment Chemie – Verbrennung von Streichholzköpfen – Gesetz der Erhaltung der Masse III* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=557cNVGgvyU>, Abrufdatum 10.04.2021
- [418] BioChemieParadies. (2020, September 29). *Experiment Chemie – Aceton und Polystyrol* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=juCWLA4X9R0>, Abrufdatum 10.04.2021
- [419] BioChemieParadies. (2021, April 21). *Experiment Chemie – Elektrolyse von Zinkbromid* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=Y0XXA7vI8Xs>, Abrufdatum 25.04.2021
- [420] BioChemieParadies. (2021, April 26). *Experiment Chemie – Lokalelement aus Kupfer und Zink* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=Y0-qOF9uNP0>, Abrufdatum 03.05.2021
- [421] BioChemieParadies. (2021, Februar 18). *Nachweisreaktion BioChemie – Aldehydnachweis mit der Schiffschen Probe* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=9PL-rfNaW5Y>, Abrufdatum 10.04.2021
- [422] BioChemieParadies. (2021, Februar 20). *Experiment Chemie – Puffer* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=2ncLnRpLkS8>, Abrufdatum 10.04.2021
- [423] BioChemieParadies. (2021, Februar 22). *Experiment Chemie – Aufnahme der Titrationskurve von Salzsäure* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=Uk5wsMqIwDM>, Abrufdatum 10.04.2021
- [424] BioChemieParadies. (2021, Februar 24). *Experiment Chemie – Aufnahme der Titrationskurve von Essigsäure* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=pU_eijymFO0, Abrufdatum 10.04.2021
- [425] BioChemieParadies. (2021, Februar 4). *pH-Wert-Messung von zwei sauren Lösungen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=lqL0EzGEsRw>, Abrufdatum 10.04.2021
- [426] BioChemieParadies. (2021, Januar 3). *Übung Chemie – Löslichkeit von Aceton* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=Lqzha9BjZQg>, Abrufdatum 10.04.2021
- [427] BioChemieParadies. (2021, März 12). *Experiment Chemie – Neutralisationsreaktion III – pH-Wert-Bestimmung und Salznachweis* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=4LiqxucmzTU>, Abrufdatum 10.04.2021
- [428] BioChemieParadies. (2021, März 23). *Experiment Chemie – Thermit-Verfahren* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=g38W4IKhQm8>, Abrufdatum: 10.04.2021
- [429] BioChem-online. (2021, Januar 15). *Löslichkeit von Carbonsäuren (Essigsäure und Ölsäure)* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=WsfUbVfdU9M>, Abrufdatum 12.04.2021
- [430] Bleichenbacher, M. & Geldbach, T. [Chemie KZN Kantonsschule Zürich Nord]. (2020, April 2). *Kalkwasser und Kohlendioxid* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=DKcvTWf2sIU>, Abrufdatum 10.04.2021
- [431] Bleichenbacher, M. & Geldbach, T. [Chemie KZN Kantonsschule Zürich Nord]. (2020, Juni 6). *Zucker und Schwefelsäure* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=E9SfCBMjz9o>, Abrufdatum 10.04.2021
- [432] Bleichenbacher, M. & Geldbach, T. [Chemie KZN Kantonsschule Zürich Nord]. (2020, Mai 1). *Elektrische Leitfähigkeit* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=fEc3mQMRaWc>, Abrufdatum 10.04.2021
- [433] Bleichenbacher, M. & Geldbach, T. [Chemie KZN Kantonsschule Zürich Nord]. (2020, Mai 1). *Kohlendioxid und Wasser* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=h_Do29rNSTc, Abrufdatum 10.04.2021
- [434] Bleichenbacher, M. & Geldbach, T. [Chemie KZN Kantonsschule Zürich Nord]. (2020, Mai 17). *Reaktion: Ammoniak + Chlorwasserstoff* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=HN8WKb0Yfmo>, Abrufdatum 10.04.2021

- [435] Bleichenbacher, M. & Geldbach, T. [Chemie KZN Kantonsschule Zürich Nord]. (2020, Mai 17). *Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=-epahx9uUvM>, Abrufdatum 10.04.2021
- [436] Bleichenbacher, M. & Geldbach, T. [Chemie KZN Kantonsschule Zürich Nord]. (2020, Mai 17). *Wärmeleitfähigkeit: Kupfer und Glas* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=ediD6XuxWj4>, Abrufdatum 10.04.2021
- [437] Bleichenbacher, M. & Geldbach, T. [Chemie KZN Kantonsschule Zürich Nord]. (2020, Mai 6). *Reaktivität Aluminium* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=rjwJinzFFpo>, Abrufdatum 10.04.2021
- [438] Bleichenbacher, M. & Geldbach, T. [Chemie KZN Kantonsschule Zürich Nord]. (2020, März 26). *Eisen(III)thiocyanat Gleichgewicht und Temperatur* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=cPJ5IdIqKFk>, Abrufdatum 10.04.2021
- [439] Bleichenbacher, M. & Geldbach, T. [Chemie KZN Kantonsschule Zürich Nord]. (2020, März 30). *Verbrennung Eisenwolle* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=M1wYtBm9xgY>, Abrufdatum 10.04.2021
- [440] Bleichenbacher, M. & Geldbach, T. [Chemie KZN Kantonsschule Zürich Nord]. (2020, März 30). *Verbrennung Holzwolle* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=xZH9PAMthl8>, Abrufdatum 10.04.2021
- [441] Bohrmann, C., Tausch, M. W. & Schmitz, R.-P. (2008). *Untersuchung der Stromleitung bei Zufuhr von Energie in 1. Metallischen Leitern, 2. Lösungen, 3. Halbleitern*. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/fileadmin/Chemie/chemiedidaktik/files/html5_animations/rp-schmitz/stromleitung-loes-met-halbleiter/stromleitung-met-loes-halbleiter.htm, Abrufdatum 31.05.2021
- [442] BroccoliWalnussPilz. (2012, Oktober 13). *Aceton löst Styropor* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=qEROmguWAGY>, Abrufdatum 12.04.2021
- [443] Bühler, A. & Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, April 10). *Mischbarkeit von unterschiedlichen Alkoholen in Wasser und Heptan* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=QIvHWRmfaVM>, Abrufdatum 09.04.2021
- [444] Bühler, A. & Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, April 10). *Titration einer schwachen Säure (Essigsäure 0.05 mol/L)* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=6oB1LC30EK4>, Abrufdatum 09.04.2021
- [445] Bühler, A. & Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, April 10). *Titration einer starken Säure (Salzsäure 0.05 mol/L)* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=20rCBi6J5uc>, Abrufdatum 09.04.2021
- [446] Bühler, A. & Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, April 22). *Elektrolyse einer Zinkiodid-Lösung* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=doD9WVvfJvk>, Abrufdatum 09.04.2021
- [447] Bühler, A., Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2020, April 1). *Elektrostatistische Beeinflussung von Dipol Molekülen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=KcFhR1J3bmQ>, Abrufdatum 09.04.2021
- [448] Bühler, A., Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2020, März 19). *Löslichkeit von Maleinsäure und Fumarsäure in Wasser* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=KpMFlf02ZMI>, Abrufdatum 09.04.2021
- [449] Bühler, A., Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2020, März 19). *Zugabe einer Seifenlösung nach Boutrand-Boudet zu Leitungswasser und entmineralisiertem Wasser* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=ZEgPjE2my-c>, Abrufdatum 09.04.2021

- [450] Carpenter, Y., Chamberlain, J., Loeblein, T., Moore, E. B., Paul, A., Perkins, K., Rouinfar, A., Arias, J., Dalton, S., Griebenow, B., Morgan, E., Mulhall, L., Orejola, O., Roberts, B., Ward, E., Woessner, K., Yoelin, B. & Siman-Tov, S. (2019). *pH Skala* (Version 1.3.4). PhET Interactive Simulations. https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale/latest/ph-scale_de.html, Abrufdatum 09.04.2021
- [451] Carpenter, Y., Chamberlain, J., Loeblein, T., Moore, E. B., Paul, A., Perkins, K., Rouinfar, A., Arias, J., Dalton, S., Griebenow, B., Morgan, E., Mulhall, L., Orejola, O., Roberts, B., Ward, E., Woessner, K., Yoelin, B. & Siman-Tov, S. (2019). *pH Skala: Grundlagen* (Version 1.3.4). PhET Interactive Simulations. https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale-basics/latest/ph-scale-basics_de.html, Abrufdatum 09.04.2021
- [452] Chamberlain, J., Malley, C., Blanco, K., Kauzmann, M., Want, T., Lancaster, K., Moore, E. B., Moore, M., Parson, R., Perkins, K., Smith, T., Tomlinson, B., Arias, J., Bray, L., Dalton, S., Dornan, A., Johnson, E., Lai, M., Morgan, E., Mulhall, L., Orejola, O., Romero, J., Woessner, K., Yoelin, B. & Morris, A. (2021). *Stoffmengenkonzentration* (Version 1.5.2). PhET Interactive Simulations. https://phet.colorado.edu/sims/html/molarity/latest/molarity_de.html, Abrufdatum 09.04.2021
- [453] Chamberlain, J., Malley, C., Lancaster, K., Moore, E. B., Paul, A., Perkins, K., Dalton, S., Griebenow, B., Morgan, E., Orejola, O., Roberts, B. & Yoelin, B. (2019). *Konzentration* (Version 1.3.20). PhET Interactive Simulations. https://phet.colorado.edu/sims/html/concentration/latest/concentration_de.html, Abrufdatum 09.04.2021
- [454] Chamberlain, J., Malley, C., Lancaster, K., Moore, E. B., Paul, A., Perkins, K., Dalton, S., Griebenow, B., Morgan, E., Orejola, O., Roberts, B. & Yoelin, B. (2019). *Lambert-Beer's Absorptionslabor* (Version 1.4.18). PhET Interactive Simulations. https://phet.colorado.edu/sims/html/beers-law-lab/latest/beers-law-lab_de.html, Abrufdatum 09.04.2021
- [455] Chemie Didaktik. (2021, Januar 8). *Löslichkeit Glycin in Wasser* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=n_0qr1vru7U, Abrufdatum 12.04.2021
- [456] Chemie Didaktik. (2021, Januar 8). *Löslichkeit Phenylalanin in Wasser* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=jBMhq4Gyg-g>, Abrufdatum 12.04.2021
- [457] Chemie Didaktik. (2021, Januar 8). *pH Wert Aminosäuren* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=nSJhundBW90>, Abrufdatum 12.04.2021
- [458] Chemie und Bio – kapiert! (2017, Oktober 3). *Reaktion von Zink + Schwefel* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=Z0qT4sq4xrg>, Abrufdatum 11.04.2021
- [459] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 21). *Abhängigkeit der Lage des chemischen Gleichgewichts von der Temperatur* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=nXOIQJOK3n0>, Abrufdatum 10.04.2021
- [460] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 21). *Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Konzentration I* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=xo56K0NPVOI>, Abrufdatum 10.04.2021
- [461] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 21). *Bleiakkumulator* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=p0YhV3NxXn0>, Abrufdatum 10.04.2021
- [462] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 21). *Einfluss der Enzymaktivität* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=8MtmOm-3mxk>, Abrufdatum 10.04.2021

- [463] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 21). *Kalkbrennen und -löschen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=cwredmEGh7Q>, Abrufdatum 10.04.2021
- [464] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 21). *Kontaktverfahren* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=B_a7ilFaxrc, Abrufdatum 10.04.2021
- [465] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 24). *Auswirkung von Schwefeldioxid auf Umwelt* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=Eej6YcBmDE8>, Abrufdatum 10.04.2021
- [466] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 24). *Baeyer-Probe* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=HAN2fvedSCg>, Abrufdatum 10.04.2021
- [467] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 24). *Bestimmung der Iodzahl ungesättigter Fette* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=Axw_3jmKsHI, Abrufdatum 10.04.2021
- [468] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 24). *Bestimmung der Wasserhärte* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=E194-dbhVsQ>, Abrufdatum 10.04.2021
- [469] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 24). *Essigsäure-Acetat-Puffer* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=RT7m4RfJt5M>, Abrufdatum 10.04.2021
- [470] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 24). *Hochofenprozess im Labormaßstab* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=5C09sQUstXo>, Abrufdatum 10.04.2021
- [471] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 24). *Lithium Ionen Akku* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=aIR0X5AMQVw>, Abrufdatum 10.04.2021
- [472] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 24). *Löslichkeit von Heptan* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=5_9ImCkKnmg, Abrufdatum 10.04.2021
- [473] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 24). *Reaktion von Essigsäure mit Carbonat* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=03Y28i7Fno4>, Abrufdatum 10.04.2021
- [474] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 24). *Reaktion von Kupfer mit Schwefel* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=oc5QgGptgBQ>, Abrufdatum 10.04.2021
- [475] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 24). *Reduktion von Kaliumpermanganat* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=UDcQTKajgGE>, Abrufdatum 10.04.2021
- [476] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 24). *Ringprobe* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=t9KNZHg0zq8>, Abrufdatum 10.04.2021
- [477] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 24). *Viskosität von Alkanen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=bHYTPqxObc0>, Abrufdatum 10.04.2021
- [478] Chemiedidaktik der Universität des Saarlandes. (2020, März 24). *Xanthoproteinreaktion an Magerquark* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=viDHUxFK8ic>, Abrufdatum 10.04.2021
- [479] Crocodile Clips Ltd (n. d.). *Yenka Chemie*. Yenka. https://www.yenka.com/de/Yenka_Chemie/, Abrufdatum 09.04.2021
- [480] Degintus. (2021, Februar 22). *Unterrichtsversuch: pH-Verdünnungsreihe* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=afwW_C1Szs, Abrufdatum 12.04.2021
- [481] Degintus. (2021, Januar 20). *Aldehydnachweis: Schiff's Reagenz* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=gU1N187oAI>, Abrufdatum 12.04.2021

- [482] Der Chemiker. (2020, April 22). *Affinitätsreihe der Metalle* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=0PU3E0yfp8Q>, Abrufdatum 12.04.2021
- [483] Der Chemiker. (2020, Mai 14). *Herstellung von Polystyrol*. In [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=r3dvWV1dHfY>, Abrufdatum 12.04.2021
- [484] Der Chemiker. (2020, Mai 4). *Herstellung von Polymilchsäure (PLA)* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=eO3CzucUIHE>, Abrufdatum 12.04.2021
- [485] Der Chemiker. (2020, Mai 4). *Salzsäure reagiert mit Kupfer(II)oxid* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=7CoeOx3X68M>, Abrufdatum 12.04.2021
- [486] Der Chemiker. (2021, März 3). *Nachweis von Nitrationen - Ringprobe* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=UdaizTafR3Y>, Abrufdatum 12.04.2021
- [487] Doc G – Science. (2021, Februar 26). *Verbrennung von Methanol und Ethanol* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=H1qnotMN57o>, Abrufdatum 12.04.2021
- [488] Fachschaft Chemie Privates Gymnasium Calvarienberg [DeutscheChemie]. (2021, Februar 1). *Löslichkeit von Essigsäureethylester* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=QhP5rImRXxU>, Abrufdatum 12.04.2021
- [489] Fachschaft Chemie Privates Gymnasium Calvarienberg [DeutscheChemie]. (2021, Januar 15). *Oxidation primärer, sekundärer und tertiärer Alkohole* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=kKXM9f3VklG>, Abrufdatum 12.04.2021
- [490] Fachschaft Chemie Privates Gymnasium Calvarienberg [DeutscheChemie]. (2021, Januar 3). *Aldehyde nachweisen mit der Fehling-Probe* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=vRbJowQskIE>, Abrufdatum 12.04.2021
- [491] Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2019, Juli 18). *Katalyse des Wasserstoffperoxid-Zerfalls* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=z8CqkP5Xjok>, Abrufdatum 09.04.2021
- [492] Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2019, Juli 18). *Loesungsenthalpie von Calciumchlorid und Kaliumnitrat* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=ZvZypZp-SPw>, Abrufdatum 09.04.2021
- [493] Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2019, Juli 18). *Synthese von Lithiumoxid* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=iiRb9XKTK7Y>, Abrufdatum 09.04.2021
- [494] Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2019, Juli 18). *Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=CaWscfKkR34>, Abrufdatum 09.04.2021
- [495] Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2019, Juli 18). *Wasser sprengt Eisenkugel* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=ziLJsv7_g8, Abrufdatum 09.04.2021
- [496] Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2019, Juli 18). *Zerteilungsgrad: Brennbarkeit von Eisen, Aluminium und Petrol* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=3GJYeW8wxcE>, Abrufdatum 09.04.2021
- [497] Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2019, Mai 12). *Herstellung von zwei Bakeliten* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=EsudzHY4Uik>, Abrufdatum 09.04.2021

- [498] Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2019, Mai 8). *Ammoniak-Springbrunnen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=uHr3MBz3S48>, Abrufdatum 09.04.2021
- [499] Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2019, Mai 8). *Bromwasser wird in Cyclohexen und Cyclohexan eingeleitet* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=ajnluDRQGe4>, Abrufdatum 09.04.2021
- [500] Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2019, Mai 8). *Bromwasser wird in Toluol und Cyclohexen eingeleitet* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=L82J_K_Gfgw, Abrufdatum 09.04.2021
- [501] Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2019, Mai 8). *Ligandenaustausch an Cobalt(II)-Ionen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=DI2UnTVyOuk>, Abrufdatum 09.04.2021
- [502] Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2019, Mai 8). *Reaktion einer sauren Kaliumdichromat-Lösung mit verschiedenen Alkoholen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=UV5FgFnouNE>, Abrufdatum 09.04.2021
- [503] Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2020, März 19). *Butan-1-ol und tert-Butanol auf Eis* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=LrLekoZzsMQ>, Abrufdatum 09.04.2021
- [504] Feracin, S., Gebert, D., Senn, K. & Wehrli, P. [Chemie KZU]. (2020, März 24). *Einleiten von Chlorwasserstoff in Pentan und Wasser* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=td-b4ro6yuE>, Abrufdatum 09.04.2021
- [505] Firneis, C. [ChemieExperimente]. (2009, Oktober 12). *Chemisches Gleichgewicht zwischen Dichromat/Chromat* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=ssiWRXohIJI>, Abrufdatum 12.04.2021
- [506] Firneis, C. [Didaktische Medien Hannover]. (2012, August 29). *Cracken von Paraffinöl mit Katalysator / Laborversuch* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=wCJOcBYrwCA>, Abrufdatum 11.04.2021
- [507] Firneis, C. [Didaktische Medien Hannover]. (2015, Dezember 29). *Zinkiodid Elektrolyse / electrolysis of zinc iodide* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=ISs5QZ-MdRU>, Abrufdatum 11.04.2021
- [508] Firneis, C. [Didaktische Medien Hannover]. (2016, Dezember 31). *Schmelzflusselektrolyse Zinkbromid / fused salt electrolysis of zinc bromide* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=FFKgHmVCLDw>, Abrufdatum 11.04.2021
- [509] Firneis, C. [Didaktische Medien Hannover]. (2018, August 25). *Das Daniell-Element / Kupfer-Zink-Batterie / Daniell cell copper zinc battery* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=91Ih23dEplc>, Abrufdatum 11.04.2021
- [510] Firneis, C. [Didaktische Medien Hannover]. (2020, Mai 4). *Verbrennung von Magnesium in Kohlenstoffdioxid* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=iuEMxKiprHg>, Abrufdatum 11.04.2021
- [511] Firneis, C. [Didaktische Medien Hannover]. (2021, März 2). *Festes Kohlenstoffdioxid reagiert mit Wasser / Messung des pH-Wertes* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=OUjFZbLE8c>, Abrufdatum 12.04.2021
- [512] Gerhardt, D. [Daniel Gerhardt]. (2020, Mai 6). *Vergleich der Verbrennung von Ethanol und Heptan* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=qkv7O4nAe2E>, Abrufdatum 12.04.2021

- [513] Gerhardt, T. (2010). *0046 Schneiden der Alkalimetalle und Autoxidation* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0046Schneiden_der_Alkalimetalle_und_Autoxidation.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [514] Gerhardt, T. (2010). *0048 Reaktion der Alkalimetalle mit Wasser* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0048Reaktion_der_Alkalimetalle_mit_Wasser.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [515] Gerhardt, T. (2010). *0049 Reaktion der Alkalimetalle mit Wasser* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0049Natrium_in_Wasser_und_Nachweis_der_Produkte.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [516] Gerhardt, T. (2010). *0050 Erhitzen von Lithium, Natrium und Kalium* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0050Erhitzen_von_Lithium_Natrium_und_Kalium.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [517] Gerhardt, T. (2010). *0053 Schmelzflusselektrolyse von Natriumhydroxid* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0053Schmelzflusselektrolyse_von_Natriumhydroxid_480_272.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [518] Gerhardt, T. (2010). *0055 Darstellung und Nachweis eines gasförmigen Halogens* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0055Darstellung_und_Nachweis_eines_gasfoermigen_Halogens.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [519] Gerhardt, T. (2010). *0056 Die aufhellende Wirkung eines Halogens* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0056Die_aufhellende_Wirkung_eines_Halogens.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [520] Gerhardt, T. (2010). *0059 Darstellen eines flüssigen Elements* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0059Darstellen_eines_fluessigen_Elements.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [521] Gerhardt, T. (2010). *0063 Beilsteinprobe* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0063Beilsteinprobe.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [522] Gerhardt, T. (2010). *0066 Die Reaktivitätsreihe der Halogene* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0066Die_Reaktivitaetsreihe_der_Halogene.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [523] Gerhardt, T. (2010). *Alkalimetalle – Videos & Unterrichtsmaterialien*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/AlkalimetalleHalogene_Gerhardt/Alkalimetalle/Filme%20und%20Materialien/Alkalimetalle%20-%20Filme%20und%20Materialien.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [524] Gerhardt, T. (2010). *Halogene – Videos & Unterrichtsmaterialien*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/AlkalimetalleHalogene_Gerhardt/Halogene/Filme%20und%20Materialien/Halogene%20-%20Filme%20und%20Materialien.html, Abrufdatum 07.04.2021

- [525] Gerner, A. (2010). *0069 Fehling-Probe mit Disacchariden* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0069fehling_disaccharide.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [526] Gerner, A. (2010). *0070 Fehling-Probe mit Glucose* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0070fehling_glucose.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [527] Gerner, A. (2010). *0071 Fehling-Probe mit Fructose, Saccharose und Glucose* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0071fructose_saccharose_glucose.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [528] Gerner, A. (2010). *0072 Gärung mit Hefe* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0072hefe_gaerrohrchen.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [529] Gerner, A. (2010). *0075 Iod-Stärke-Nachweis* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0075iod_staerkenachweis.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [530] Gerner, A. (2010). *0076 Kartoffelpapier* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0076kartoffelpapier.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [531] Gerner, A. (2010). *0078 Mutarotation von Glucose* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0078mutarotation_glucose.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [532] Gerner, A. (2010). *0079 Pharaoschlange* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0079pharaoschlange.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [533] Gerner, A. (2010). *0080 Polarimetrische Untersuchung von Saccharose* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0080polarimetrische_untersuchung_von_saccharose_480_272.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [534] Gerner, A. (2010). *0081 Red Bottle* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0081red_bottle.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [535] Gerner, A. (2010). *0082 Saccharosespaltung* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0082saccharosespaltung.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [536] Gerner, A. (2010). *0083 Schießbaumwolle* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0083schiessbaumwolle.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [537] Gerner, A. (2010). *0084 Stärkefolie* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0084staerkefolie.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [538] Gerner, A. (2010). *0085 Stärkespaltung* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0085staerkespaltung.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [539] Gerner, A. (2010). *0086 Superabsorber* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0086superabsorber.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [540] Gerner, A. (2010). *0088 Violett Bottle* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0088violett_bottle.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [541] Gerner, A. (2010). *0090 Reaktion von Zucker mit Schwefelsäure* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0090zucker_schwefelsaeure.mp4, Abrufdatum 07.04.2021

- [542] Gerner, A. (2010). *0092 Alginate – restrukturierte Paprikastreifen* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0092a%20alginate_restrukturierte_paprikastreifen.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [543] Gerner, A. (2010). *0094 Ampel-Bottle* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0094a%20mpe1.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [544] Gerner, A. (2010). *0095 Blue Bottle* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0095blue_bottle.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [545] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Alginate-Restrukturierte Paprikastreifen*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/alginate_restrukturierte_paprikastreifen.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [546] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Ampel*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/ampel.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [547] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Blue Bottle*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/blue_bottle.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [548] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Fehling-Disaccharide*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/fehling_disaccharide.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [549] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Fehling-Glucose*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/fehling_glucose.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [550] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Fehling - Spaltung von Saccharose*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/saccharosespaltung.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [551] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Fructose, Saccharose und Glucose*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/fructose_saccharose_und_glucose.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [552] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Gärung mit Hefe (mit Gärröhrchen)*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/hefe_gaerroehrchen.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [553] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Iod-Stärkenachweis*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/iod_staerkenachweis.html, Abrufdatum 07.04.2021

- [554] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Kartoffelpapier*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/kartoffelpapier.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [555] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Mutarotation Glucose*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/mutarotation_glucose.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [556] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Pharaoschlange*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/pharaoschlange.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [557] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Polarimetrische Untersuchung von Saccharose*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/polarimetrische_untersuchung_von_saccharose.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [558] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Reaktion von Zucker mit Schwefelsäure*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/zucker_schwefelsaeure.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [559] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Red Bottle*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/red_bottle.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [560] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Schießbaumwolle*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/schiessbaumwolle.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [561] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Stärkefolie*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/staerkefolie.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [562] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Stärkespaltung*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/staerkespaltung.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [563] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Superabsorber aus Stärke*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/superabsorber.html, Abrufdatum 07.04.2021
- [564] Gerner, A. (2010). *Schulversuche zum Thema Kohlenhydrate – Violett Bottle*. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/wiss_hausarbeiten/Kohlenhydrate_Gerner/versuche/violett_bottle.html, Abrufdatum 07.04.2021

- [565] Godbole, R. [Ravindra Godbole]. (2018, Oktober 5). *Simple Regulation at Home – पुनर्हिमायन* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=h1X6NyHDleE>, Abrufdatum 11.04.2021
- [566] Graulich, N. & Groos, L. (n. d.). *Freisetzen von Kohlendioxid*. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/ivex/plone_filme/ReaktionVonMarmorMitSalzsaure/story_html5.html, Abrufdatum 27.05.2021
- [567] Graulich, N. & Groos, L. (n. d.). *Nachweis von Chlorid-Ionen*. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/ivex/plone_filme/chlorideMultimodal/story_html5.html, Abrufdatum 27.05.2021
- [568] Graulich, N. & Groos, L. (n. d.). *Welcome to the interactive video experiment for the permanganometric titration*. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/ivex/plone_filme/permanganometry/index.html, Abrufdatum 27.05.2021
- [569] Griesar, J. [Chemiestunde]. (2020, August 16). *Löslichkeit von Hexan Heptan Wasser und Ethanol Versuch vom 16 08 2020 MPEG* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=-fH2Lw9s1ss>, Abrufdatum 12.04.2021
- [570] Gymnasium Wolbeck Dressel. (2020, Dezember 11). *Reaktion von Natrium mit Chlor* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=MZGUpEI8J-U>, Abrufdatum 11.04.2021
- [571] Herr Weiner. (2020, September 5). *2.3 Das Stoffteilchenmodell* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=0_2SZ_CRG_U, Abrufdatum 11.04.2021
- [572] Herr Weiner. (2020, September 5). *4.12 elektrische Leitfähigkeit* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=aLmN9t3ZSME>, Abrufdatum 11.04.2021
- [573] Herr Weiner. (2020, September 5). *4.13 Wärmeleitfähigkeit* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=UZgXiCCGYkg>, Abrufdatum 11.04.2021
- [574] Herrmann, F. [Frank Herrmann]. (2021, Januar 20). *Calciumoxid und Wasser* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=D2tYsH5mOPw>, Abrufdatum 12.04.2021
- [575] Hublitz, H. [cg-physics]. (2017, September 8). *Vakuumentperimente (Schokokuss bei geringem Druck)* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=kLf3sNoDV-k>, Abrufdatum 11.04.2021
- [576] Hui. (2020, April 21). *Massenerhaltung* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=bzNeSdcRbP4>, Abrufdatum 11.04.2021
- [577] Jenö Bambuz. (2019, September 14). *Batterie selber bauen - Voltasche Säule - Galvanische Zelle* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=5czVhfv_838, Abrufdatum 12.04.2021
- [578] Karus, C. [Christian Karus]. (2021, Januar 22). *Herstellung eines Azofarbstoffs* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=fkKf7p1IT4A>, Abrufdatum 12.04.2021
- [579] Katrin Who. (2019, Juli 17). *Reaktion von Ethanol und Natrium* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=Chr-LGx3tLM>, Abrufdatum 11.04.2021
- [580] KGW Chemie und Physik. (2020, April 18). *Ch 8 Kupferoxid und Kohlenstoff* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=SwNzQ0-Xnng>, Abrufdatum 11.04.2021
- [581] KGW Chemie und Physik. (2020, April 18). *Ch Kursstufe Modellversuch zum chemischen Gleichgewicht* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=zdfz_Lj1vOw, Abrufdatum 11.04.2021
- [582] KGW Chemie und Physik. (2020, Mai 14). *Ch Kursstufe Le Chatelier* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=cIxJdvQZrdE>, Abrufdatum 11.04.2021

- [583] KGW Chemie und Physik. (2020, Mai 24). *Ch 8 Wasserstoff als Reduktionsmittel* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=7EI3e5LQC-Y>, Abrufdatum 11.04.2021
- [584] KGW Chemie und Physik. (2020, Mai, 8). *Ch 8 Wasser und Magnesium* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=QJ57-BZU7H0>, Abrufdatum 11.04.2021
- [585] Klawonn, M. [DoktorKlawonn]. (2011, Februar 5). *Chemische Reaktion von Eisen mit Schwefel (mit Pfeifton)* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=HY7CqWc6WfE>, Abrufdatum 11.04.2021
- [586] Klawonn, M. [DoktorKlawonn]. (2011, Juni 4). *Glimmspanprobe auf Sauerstoff* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=Iaehfq-4_JE, Abrufdatum 11.04.2021
- [587] Klawonn, M. [DoktorKlawonn]. (2013, März 5). *Wirkung von Salzsäure auf Metalle* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=fPb85n-cUdA>, Abrufdatum 11.04.2021
- [588] Kuhl, C. [Christine Kuhl]. (2020, Mai 6). *Versuch zu Aminosäuren, Klasse 12* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=oRiFG1eVkvVg>, Abrufdatum 12.04.2021
- [589] Lancaster, K., Malley, K., Gruneich, B., Loeblein, P., Moore, E. B., Parson, R., Perkins, K., Dalton, S., Griebenow, B., Moran, E., Orejola, O., Roberts, B. & Yoelin, B. (2019). *Saure & basische Lösungen* (Version 1.2.24). PhET Interactive Simulations. https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_de.html, Abrufdatum 09.04.2021
- [590] Mächtel, S. [Mächtel – Interaktive Lernvideos]. (2019, März 3). *Mächtel - Chemie - Nachweis für Sauerstoff - Glimmspanprobe* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=QaAN1jzcoLI>, Abrufdatum 11.04.2021
- [591] Molekülwerkstatt. (2020, Juli 8). *Organische Chemie | Experimente | Bromierung von Benzol* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=Uf3iZiq98z4>, Abrufdatum 11.04.2021
- [592] Mostögl, S. [Susanne Mostögl]. (2020, November 3). *So wird Biodiesel hergestellt [Chemie Akademie Graz]* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=zDQD0Fgurkk>, Abrufdatum 11.04.2021
- [593] Oswald, M. [Matthias Oswald]. (2020, Mai 22). *Einleitung von Kohlenstoffdioxid in Wasser bei zugesetztem Indikator Bromthymolblau* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=Sd3kvQt4F8Y>, Abrufdatum 11.04.2021
- [594] Pieper, M. [Mathias Pieper]. (2014, April 4). *Das Thermitverfahren Redoxreaktion* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=8iA951MtR3I>, Abrufdatum 11.04.2021
- [595] Pieper, M. [Mathias Pieper]. (2014, Dezember 8). *Stoffeigenschaft Brennbarkeit* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=QVks0b82Cq4>, Abrufdatum 11.04.2021
- [596] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2019). *Abscheidungsversuche* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5163&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [597] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2019). *Alkalimetalle: Lithium* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5135&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [598] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2019). *Alkalimetalle: Natrium* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie, URL: <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5134&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021

- [599] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2019). *Einfluss der Säurestärke auf den pH-Wert* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5159&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [600] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2019). *Erdalkalimetallversuche: Magnesium und Calcium* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5137&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [601] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2019). *Fällung von Silberhalogeniden mit einer Silbernitrat-Lösung* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5140&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [602] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2019). *pH-Werte von wässrigen Lösungen verschiedener Salze* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5160&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [603] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2019). *Säureeinwirkung auf eine Muschel* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5161&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [604] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2019). *Säureeinwirkung auf Marmor* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5194&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [605] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2019). *Titration einer starken Säure mit einer starken Base* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5162&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [606] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Bromwasserprobe* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5169&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [607] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Eigenschaften reiner Ethansäure beim Verdünnen mit Wasser* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5184&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [608] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Emulgierende Wirkung von Tensiden* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5239&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [609] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Erhitzen von Zucker, Mehl, Holz und Stärke* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5166&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [610] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Esterherstellung* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5185&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [611] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Fehling-Probe* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5181&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [612] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Herstellung von Isobuten* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5170&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021

- [613] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Isomerisierung von Maleinsäure* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5190&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [614] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Löslichkeit verschiedener Alkohole in Wasser* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5174&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [615] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Löslichkeit von n-Heptan in Wasser bzw. Öl* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5165&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [616] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Tollens-Probe* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5182&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [617] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Untersuchung der Eigenschaften von Alkansäuren* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5183&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [618] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Untersuchung einer Feuerzeugflamme* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5168&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [619] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Untersuchung von Fettsäuren, Fetten und Ölen* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5186&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [620] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Untersuchung von Feuerzeuggas* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5167&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [621] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Untersuchung von Isobuten: Brennbarkeit* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5171&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [622] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Untersuchung von Isobuten: Bromwasserprobe* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5172&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [623] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Untersuchung von Isobuten: in Heptan mit Bromwasser* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5173&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [624] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Untersuchungen der Löslichkeit: Ethanol, Wasser u.a. Lösemittel* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5175&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [625] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Verbrennung von Ethanol* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5177&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [626] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Verseifung* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5187&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021

- [627] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Viskositäten ein- und mehrwertiger Alkohole* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5176&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [628] Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Vom Alkohol zum Aldehyd oder zum Keton* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5180&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [629] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Abgestufte Reaktivität der Halogene* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5474&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [630] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Ablenkung eines Flüssigkeitsstrahls im elektrischen Feld* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5143&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [631] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Acetessigsäureethylester-Gleichgewicht* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5254&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [632] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Ausflocken von Milch* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5247&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [633] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Ausschütteln von Bromwasser* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5142&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [634] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Bromierung von Alkanen* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5255&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [635] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Bromierung von Alkanen II* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5256&L=0>, Abrufdatum 05.05.2021
- [636] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Bromierung von Alkenen* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5258&L=0>, Abrufdatum 05.05.2021
- [637] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Chlorherstellung* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5141&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [638] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Chromatographie von Blattgrün* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5282&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [639] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Emulsion* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5240&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021

- [640] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Entropie* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5486&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [641] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Entzünden von Wasserstoff mithilfe eines Platinkatalysators* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5132&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [642] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Esterhydrolyse* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5242&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [643] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Flammenfärbungen* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5136&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [644] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Fluoreszenz von Kürbiskernöl* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5284&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [645] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Gravimetrie* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5488&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [646] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Halogenaustausch* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5257&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [647] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Herstellung einer PMMA-Platte* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5253&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [648] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Herstellung eines Polyesters* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5281&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [649] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Herstellung und Nachweis von Chlorwasserstoffgas* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5476&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [650] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Herstellung von Wasserstoff und pneumatisches Auffangen* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5127&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [651] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Hoffmannscher Wasserzersetzungsapparat* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5133&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [652] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Hydrolyse von Stärke* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5250&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021

- [653] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Kalkseife* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5241&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [654] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Kalkwasserprobe* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5429&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [655] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Leitfähigkeit der Alkalimetalle Lithium und Natrium* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5191&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [656] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Lösen von verschiedenen Salzen* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5144&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [657] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Low-Cost-Brennstoffzelle Teil 1* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5197&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [658] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Low-Cost-Brennstoffzelle Teil 2* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5198&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [659] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Nachweis von Aminosäuren I* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5244&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [660] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Nachweis von Aminosäuren II* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5245&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [661] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Nylonseiltrick* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5252&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [662] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *pH-Werte verschiedener Aminosäuren* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5246&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [663] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *PMMA-Depolymerisation* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5286&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [664] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *PMMA-Reagenzglasversuche* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5279&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [665] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Polyurethanschäumung* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5280&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021

- [666] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Reaktion mit Salzsäure: Vergleich Zinkstaub und Zinkgranalien* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5430&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [667] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Reaktion mit Wasser: Lithium, Natrium und Kalium* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5439&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [668] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Reaktion von Bromwasser mit Magnesium und Zink* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5139&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [669] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Reaktion von Magnesium mit Iod* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5192&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [670] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Reaktionsgeschwindigkeit: Magnesium in Ameisensäure* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5151&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [671] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Rotkohlsaft als Indikator* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5283&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [672] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Schwimmende und sinkende Büroklammer* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5149&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [673] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Springbrunnenversuch* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5477&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [674] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Stärkenachweis in Lebensmitteln* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5249&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [675] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Sublimation von Iod* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5138&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [676] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Temporäre Wasserhärte* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5472&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [677] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Temporäre Wasserhärte: Leitfähigkeitsmessung* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5473&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [678] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Testen des Gasraumes von konz. Salzsäure* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5475&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021

- [679] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Vergleich von Wasser mit Wachs* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5150&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [680] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Verhalten von Eiklar* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5248&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [681] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Vergleich der Verbrennung von Wasserstoff und Isobuten* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5131&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [682] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Wärmeeinwirkung auf ein Gummiband* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5251&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [683] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Wasserberg* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5145&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [684] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Zinkbromid: Synthese und Analyse* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5152&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [685] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2021). *Destillation einer Salz-Lösung* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5553&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [686] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2021). *Einfluss der Temperatur auf ein chemisches Gleichgewicht* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5156&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [687] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2021). *Elektrische Leitfähigkeit von verschiedenen Säuren* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5157&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [688] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2021). *Kältemischung* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5558&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [689] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2021). *Modellexperiment: Stechhebersuch* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5154&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [690] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2021). *pH-Abhängigkeit des Redoxpotenzials* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5505&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [691] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2021). *Prüfen der Leitfähigkeit verschiedener Lösungen* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5566&L=0>, Abrufdatum 05.05.2021

- [692] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2021). *Reaktion von Magnesium mit verschiedenen Säuren* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5193&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [693] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2021). *Rosten von Eisenwolle* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5557&L=0>, Abrufdatum 05.05.2021
- [694] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2021). *Thermochromie einer Iod-Stärke-Lösung* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5155&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [695] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2021). *Trennen eines Stoffgemischs aus Eisen, Sand und Salz* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5552&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [696] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2021). *Untersuchung von Brausepulver* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5561&L=0>, Abrufdatum 05.05.2021
- [697] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2021). *Verbrennen von Schwefel* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5158&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [698] Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2021). *Verschiedene Indikatoren* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5195&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [699] Reisewitz-Swertz, I., Venzlaff, J. & Meuter, N. (2019). *Der Zink-Iod-Akku* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5196&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [700] Reisewitz-Swertz, I., Venzlaff, J. & Meuter, N. (2019). *Vergleich der Zellgeometrien von Galvanischen Zellen* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5164&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [701] rocketman5004. (2014, Januar 4). *Bleiakku* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=X635J9Dpjpg>, Abrufdatum 12.04.2021
- [702] Schiller, B. [Verein für Konsumenteninformation - VKI]. (2019, Mai 23). *Seife selber machen (DIY): Vorsicht bei der Herstellung* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=GLYccnQNKAA>, Abrufdatum 12.04.2021
- [703] Schlachzig, S. (2020). Brand im Schrottlager! Mit experimentellen Videoformaten Versuchsprotokolle erstellen. *Unterricht aktuell, d00009, 7-9*. Friedrich – Gemeinsam für guten Unterricht. <https://www.friedrich-verlag.de/shop/unterricht-aktuell-chemie-experimente-digital-d00009>, Abrufdatum 14.04.2021
- [704] Schlenkhoff, P. & Petzl, M. (n. d.). *Schmelz- und Erstarrungskurve von Zinn*. LD DIDACTIC LEYBOLD®. <https://labdocs.leylab.de/users/share/Hf9cF42R/C1122V.de.html?hash=sQy3OsHhp>, Abrufdatum 09.04.2021
- [705] Schmitz, R.-P. (2010). *Streuversuch von Rutherford*. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/fileadmin/Chemie/chemiedidaktik/files/html5_animations/rp-schmitz/rutherford/rutherford-de_sp.html, Abrufdatum 31.05.2021

- [706] Schmitz, R.-P. (2015). *Die Knallgasreaktion – Auf die Mischung kommt es an!* Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/fileadmin/Chemie/chemiedidaktik/files/html5_animations/rp-schmitz/eudiometer/eudiometer.html, Abrufdatum 31.05.2021
- [707] Schuhen, K. [Kathrin Schuhen – Wasser 3.0]. (2015, November 3). *MINTovation: Halogenierung eines Aromaten unter KKK Bedingungen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=qnAAHpzjBfY>, Abrufdatum 11.04.2021
- [708] Schütz, U. [Ulrich Schütz]. (2018, März 9). *Modellversuch Explosionsmotor* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=TQfoo1MBm14>, Abrufdatum 12.04.2021
- [709] Seilnacht, T. (n. d.). *Virtuelle Titration*. Naturwissenschaften unterrichten – Didaktik der Naturwissenschaft. <https://www.seilnacht.com/Analyse/titrier.htm>, Abrufdatum 09.04.2021
- [710] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, April 10). *Metalle in verschiedenen Metallsalzlösungen* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=W5b2bu_6HG4, Abrufdatum 09.04.2021
- [711] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, April 24). *Elektrolyse einer Zinkbromid-Lösung* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=4qBcj0yLghQ>, Abrufdatum 09.04.2021
- [712] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, April 26). *Einwirkung von Lauge und Säuren auf Eiweiß* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=6IXEkui_fpg, Abrufdatum 09.04.2021
- [713] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, April 26). *Färben von Seide mit Neutralrot* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=p4VrGtLkrmo>, Abrufdatum 09.04.2021
- [714] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, August 1). *Destillation von Rotwein* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=dSuYKZZmXFU>, Abrufdatum 09.04.2021
- [715] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, August 15). *Galvanisieren: Verzinken eines Eisen-Nagels* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=W5eMpA-TElc>, Abrufdatum 09.04.2021
- [716] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, August 15). *Leclanché-Batterie* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=LxRXjKf-kw>, Abrufdatum 09.04.2021
- [717] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, August 15). *Ligandenaustausch an Kupfer(II)-Ionen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=ZQh268S49WY>, Abrufdatum 09.04.2021
- [718] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, August 15). *Volta-Säule* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=0LaPTM-m8aQ>, Abrufdatum 09.04.2021
- [719] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, August 2). *Eisen(III)-thiocyanat-Gleichgewicht* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=OCblsajEoh0>, Abrufdatum 09.04.2021
- [720] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, August 2). *Verdünnung von Eisen(III)-thiocyanat* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=O7t4SjDj0-A>, Abrufdatum 09.04.2021
- [721] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, August 5). *Reaktion von Eisen und Schwefel* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=gMv3fHm7xjU>, Abrufdatum 09.04.2021
- [722] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, August 5). *Reaktion von Zucker mit Schwefelsäure* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=EvKL3WI13Fc>, Abrufdatum 09.04.2021
- [723] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, Juli 31). *Dichtebestimmung von Stahlägeln* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=8n0YprutNI4>, Abrufdatum 09.04.2021

- [724] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, Juli 31). *Erhitzen: physikalischer Vorgang versus chemische Reaktion* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=4KiSZRytq08>, Abrufdatum 09.04.2021
- [725] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, Oktober 12). *Elefantenzahnpasta* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=IMgrn6M-qjc>, Abrufdatum 09.04.2021
- [726] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, Oktober 12). *Grafit in Wasser versus Seifenlösung* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=mawrpVuv9LM>, Abrufdatum 09.04.2021
- [727] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, Oktober 12). *Korrosionsschutz von Eisen (welches Metall schützt Eisen auch bei verletzter Schutzschicht?)* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=tK7CDlwUvhE>, Abrufdatum 09.04.2021
- [728] Senn, K. [Chemie KZU]. (2020, Oktober 12). *Wasser versus Seifenlösung auf Nylonstoff* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=UN8RckHqf2k>, Abrufdatum 09.04.2021
- [729] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Februar 14). *Alcotest (mit Kaliumdichromat)* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=vaSs8eJb-R4>, Abrufdatum 09.04.2021
- [730] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Februar 14). *Reaktion von Brom mit Heptan (Alkan)* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=L09OSKor7eg>, Abrufdatum 09.04.2021
- [731] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Februar 19). *Entzündbarkeit unterschiedlicher Erdölfraktionen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=RLaXE2sS4JY>, Abrufdatum 09.04.2021
- [732] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Februar 23). *Natriumcarbonat und Ammoniumchlorid* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=euKXpTitsH4>, Abrufdatum 09.04.2021
- [733] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Februar 23). *Natriumhydrogensulfat und Natriumacetat* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=CEiO2wc0tII>, Abrufdatum 09.04.2021
- [734] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Februar 23). *Wasser versus Essigsäure/Acetat-Puffer: Zugabe von Natronlauge bzw. Salzsäure* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=SsjtaWO37Nk>, Abrufdatum 09.04.2021
- [735] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Februar 24). *Ethanol zum Sieden erhitzen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=V13mk5ISHu4>, Abrufdatum 09.04.2021
- [736] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Januar 2). *Nachweisreaktionen für das Rosten von Eisen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=HXpPkmW1v5c>, Abrufdatum 09.04.2021
- [737] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Mai 2). *Beeinflussung der Löslichkeit von Tyrosin durch pH-Änderung* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=b1VbC6-gAqU>, Abrufdatum 03.05.2021
- [738] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Mai 2). *Biuret-Reaktion* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=iJfX6HjetDo>, Abrufdatum 03.05.2021
- [739] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Mai 2). *Butan-1-ol und Diethylether (Konstitutions-Isomere)* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=hKZZD1gJkFU>, Abrufdatum 03.05.2021
- [740] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Mai 2). *Denaturieren von Proteinen (vier verschiedene Methoden)* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=sIMj9mTxMUc>, Abrufdatum 03.05.2021
- [741] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Mai 2). *Oszillierender Platindraht* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=S-AqPvtw68I>, Abrufdatum 03.05.2021

- [742] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Mai 2). *Reaktion von Kupfer(II)-oxid mit Ethanol* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=Sz-7hTotqDE>, Abrufdatum 03.05.2021
- [743] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Mai 2). *Reaktion von Zink mit Salzsäure* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=beRvG7GZlHg>, Abrufdatum 03.05.2021
- [744] Senn, K. [Chemie KZU]. (2021, Mai 2). *Xanthoprotein-Reaktion* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=UQjcPL2Y3W8>, Abrufdatum 03.05.2021
- [745] Sina, M. [Martin Sina]. (2021, März 9). *Homogene Katalyse Reduktion von Permanganat mit Oxalsäure* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=ABjlBLKl488>, Abrufdatum 12.04.2021
- [746] Sommer, S. [Sven Sommer]. (2007, April 3). *V86 Burning of red phosphorus - Verbrennen v. rotem Phosphor* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=Ex8KW4CKfIM>, Abrufdatum 11.04.2021
- [747] Teupen, C. [Frau T Punkt]. (2021, Februar 8). *Farbumschlag: Sodastream und Universalindikator* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=UneARsmIGG8>, Abrufdatum 11.04.2021
- [748] Teupen, C. [Frau T Punkt]. (2021, März 3). *Metalloxide und Säure* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=aLu0oIuQHVM>, Abrufdatum 11.04.2021
- [749] Thiel, D. (2016). *Fettbrand (Nahaufnahme)*. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/chemie/didaktik/vidpool-ord/exp_Zeitlupe_ord/exp_Typ3, Abrufdatum 01.06.2021
- [750] Thiel, D. (2016). *Fettbrand*. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/chemie/didaktik/vidpool-ord/exp_Zeitlupe_ord/exp_Typ3, Abrufdatum 01.06.2021
- [751] Thiel, D. (2016). *Reaktion von Kalium mit Wasser*. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/chemie/didaktik/vidpool-ord/exp_Zeitlupe_ord/exp_Typ3, Abrufdatum 01.06.2021
- [752] Thiel, D. (2016). *Reaktion von Natrium mit Wasser*. Justus-Liebig-Universität Gießen. https://www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/chemie/didaktik/vidpool-ord/exp_Zeitlupe_ord/exp_Typ3, Abrufdatum 01.06.2021
- [753] Tim7475. (2013, September 29). *Cent in Salpetersäure (coin in nitric acid) [HD+]* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=YOQmSsi2mSU>, Abrufdatum 11.04.2021
- [754] Tim7475. (2013, September 29). *Kupfer in Salpetersäure (copper in nitric acid) [HD+]* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=A93A49TzdoU>, Abrufdatum 11.04.2021
- [755] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0001 Dehydratation von Kupfersulfat $CuSO_4$* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0001Dehydrieren_von_CuSO4.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [756] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0002 Lösen von Ammoniumnitrat NH_4NO_3* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0002Loesen_von_NH4NO3.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [757] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0003 Denaturieren von Eiweiß* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0003Denaturieren_von_Eiweiss.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [758] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0005 Kalkgleichgewicht* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0005Kalkgleichgewicht.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [759] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0006 Stärke und Iod* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0006Staerke_und_I2.mp4, Abrufdatum 07.04.2021

- [760] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0007 Titration von Natronlauge mit Salzsäure* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0007Titration_NaOH_HCl.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [761] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0008 Spannungsreihe* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0008Spannungsreihe.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [762] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0009 Lokalelemente* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0009Lokalelemente.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [763] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0010 F0010 Redoxamphoterie von H_2O_2 unter sauren und basischen Bedingungen* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0010Redoxamphoterie_von_H2O2_Sauer_Basisch.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [764] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0011 Redoxamphoterie von H_2O_2* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0011Redoxamphoterie_von_H2O2.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [765] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0012 Kupferkomplex mit Glycin* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0012Cu_Komplexe_Glycin.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [766] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0013 Ligandenaustausch am Kupferkomplex* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0013Cu_Komplexe_Ligandenaustausch.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [767] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0015 Gleichgewicht von Kupferkomplexen* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0015GG_Cu_Komplexe.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [768] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0019 Reduzierende Wirkung von Glucose* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0019Ox_von_Glucose.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [769] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0020 Stärkehydrolyse* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0020Staerkehdrolyse_480_272.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [770] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0021 Spaltung der Peptidbindung durch NaOH* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0021Spaltung_der_Peptidbindung_durch_NaOH.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [771] Tripp, J. & Heinlein, S. (n. d.). *0022 Biuret-Reaktion* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0022Biuret_RXN.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [772] Tripp, J. & Schäfer, J. (n. d.). *0027 Blitze unter Wasser* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0027Blitze_UW.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [773] Tripp, J. & Schäfer, J. (n. d.). *0032 Oxidierbarkeit primärer, sekundärer und tertiärer Alkanole* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0032Oxidierbarkeit_von_ROH.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [774] Tripp, J. & Schäfer, J. (n. d.). *0033 Alkoholtester* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0033Alcotest.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [775] Tripp, J. & Schäfer, J. (n. d.). *0034 Mischbarkeit von Alkanolen mit Wasser und Cyclohexan* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0034Mischbarkeit_von_R-OH.mp4, Abrufdatum 07.04.2021

- [776] Tripp, J. & Schäfer, J. (n. d.). *0036 Reduktion von Kupferoxid mit Ethanol* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0036Red_von_CuO_mit_EtOH.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [777] Tripp, J. & Schäfer, J. (n. d.). *0037 Gärung* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0037Gaehrung.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [778] Tripp, J. & Schäfer, J. (n. d.). *0038 Synthese von Ethen aus Ethanol (saure Wassereliminierung)* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0038Ethen_aus_Ethanol.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [779] Tripp, J. & Schäfer, J. (n. d.). *0039 Cu-Spirale* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0039Cu_Spirale.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [780] Tripp, J. & Schäfer, J. (n. d.). *0040 Säurestärke von Alkanolen und Phenolen* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0040SaeureStaerke_von_ROH.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [781] Tripp, J. & Schäfer, J. (n. d.). *0042 Qualitative CH-Analyse* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0042CH_Analyse.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [782] Tripp, J. & Schäfer, J. (n. d.). *0043 Reaktion von prim. Alkanolen mit Alkalimetallen* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0043Alkali_plus_ROH.mp4, Abrufdatum 07.04.2021
- [783] Tripp, J. & Schäfer, J. (n. d.). *0044 Williamsonsche Ethersynthese* [Video]. Chemie in der Schule (ChidS). <https://chids.online.uni-marburg.de/dachs/filme/F0044Ethersynthese.mp4>, Abrufdatum 07.04.2021
- [784] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2018, Dezember 14). *Bromwasserprobe: Ethan-Ethen* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=2emvZ1_nLqQ, Abrufdatum 08.04.2021
- [785] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2019, April 26). *Elektr. Leitfähigkeit von Salzen/Salzlösungen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=sQ4eyLkO0SQ>, Abrufdatum 08.04.2021
- [786] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2019, Februar 24). *Blue Bottle – das blaue Wunder* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=LjgOwhA6Oys>, Abrufdatum 08.04.2021
- [787] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2019, Juli 28). *Total radikal – die Substitutionsreaktion* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=2nw6RE2oyaA>, Abrufdatum 08.04.2021
- [788] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2019, März 10). *Knallgas⁴ - Schaum, Platinkügelchen, Dose und Luftballon* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=TFopDAOlcuM>, Abrufdatum 08.04.2021
- [789] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2019, März 3). *Trockeneis* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=hMLh_PTA4KE, Abrufdatum 08.04.2021
- [790] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2019, November 9). *Reaktivität der Halogene - Chlor, Brom, Iod mit Natrium* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=y2iVmYZDkxA>, Abrufdatum 08.04.2021

- [791] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, April 19). *Ethansäure und Ethanol - Heizpilz, Rückflusskühler & Co.* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=ykNmwx-9vE>, Abrufdatum 08.04.2021
- [792] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, April 23). *Alkane - die Stoffe und ihre Eigenschaften* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=3AVMc80x1W0>, Abrufdatum 08.04.2021
- [793] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, April 26). *Prinzipien des Feuerlöschens* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=LlbdO27FGHI>, Abrufdatum 08.04.2021
- [794] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, Dezember 24). *Magnesium wird entzündet* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=51rAAm63mjk>, Abrufdatum 08.04.2021
- [795] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, Dezember 26). *Unsichtbare Flamme? Entzünden von Methanol* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=bcHoOVuyzQ4>, Abrufdatum 08.04.2021
- [796] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, Dezember 28). *Zucker und Pflanzenasche – na und?* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=aqLytIxSavc>, Abrufdatum 08.04.2021
- [797] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, Dezember 30). *Ethanol - Löslichkeit in Wasser und Benzin* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=-bKRSWcBxEg>, Abrufdatum 08.04.2021
- [798] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, Juli 12). *Kipp nie Wasser in die Säure ... – warum?* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=6U5gy2_OIOk, Abrufdatum 08.04.2021
- [799] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, Juli 17). *Die Carbidlampe – Aufbau, Funktion, Produkte* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=E2SUUq9kpTc>, Abrufdatum 08.04.2021
- [800] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, Juni 22). *Benzin und Diesel im Experiment* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=CwhBqHASKXM>, Abrufdatum 08.04.2021
- [801] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, Juni 3). *Wasserstoffperoxid mit Platin, Kupfer und Braunstein – oder was ist ein Katalysator?* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=TktNkJESdaE>, Abrufdatum 08.04.2021
- [802] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, Juni 30). *Ablenkung oder nicht? Weitere Flüssigkeitsstrahlen am geladenen Kunststoffstab* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=qSiZhJkl67g>, Abrufdatum 08.04.2021
- [803] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, Juni 6). *Alkanole - Löslichkeit in Benzin und Wasser (Methanol, Propanol, Pentanol)* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=-7RupOsrz6o>, Abrufdatum 08.04.2021
- [804] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, Mai 13). *Fettbrand löschen: Gute Idee – Schlechte Idee* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=o0d3tQTjBIA>, Abrufdatum 08.04.2021
- [805] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, Mai 2). *Kupferoxid und Wasserstoff* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=ZM-o4xhlpFY>, Abrufdatum 08.04.2021

- [806] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, Mai 31). *Modellversuch: Saurer Regen – Verbrennung von Schwefel* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=cBBhFLygz6U>, Abrufdatum 08.04.2021
- [807] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, März 21). *Ethansäure und ihre wässrige Lösung: Eigenschaften im Vergleich* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=9SgJX4BFmsY>, Abrufdatum 08.04.2021
- [808] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, März 26). *Methan - Eigenschaften und Verbrennungsprodukte* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=ASX81gBfYHA>, Abrufdatum 08.04.2021
- [809] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, März 29). *Holz und Aluminium - brennbar oder nicht? Eine Frage des Zerteilungsgrades!* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=f8JGp7okHc4>, Abrufdatum 08.04.2021
- [810] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, März 29). *Kerze, Holz und Eisenwolle - Verbrennung in reinem Sauerstoff* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=JoWDtAF_qMg, Abrufdatum 08.04.2021
- [811] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, November 2). *50ml Wasser + 50ml Ethanol = ?* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=w_W6bnEid6A, Abrufdatum 08.04.2021
- [812] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, November 29). *Kupfer, Schwefel und ein glühender Draht* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=aI9xTxkCqH0>, Abrufdatum 08.04.2021
- [813] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, November 5). *Erhitzen von Silberoxid* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=DobxQZA64BU>, Abrufdatum 08.04.2021
- [814] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, November 8). *Warum nicht 100ml? Vorstellung im Kugelmodell* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=ydZAGwQUPuI>, Abrufdatum 08.04.2021
- [815] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2020, Oktober 11). *Erhitzen von Iod(V)-oxid: Reaktion, Energetik & Glimmspanprobe* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=OZXMF9YjmmI>, Abrufdatum 08.04.2021
- [816] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2021, April 26). *Eiweißlösung + Hitze, + Salzsäure, + Ethanol, + Kupfersulfatlösung* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=AJc1BHyrboY>, Abrufdatum 05.05.2021
- [817] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2021, Januar 2). *Alkanole - Vergleich der Brennbarkeit* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=kz5gPnmo5Ns>, Abrufdatum 08.04.2021
- [818] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2021, Januar 20). *Ethansäureethylester und Natronlauge* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=ueHZaAGCy5w>, Abrufdatum 08.04.2021
- [819] Unkauf, D. [Sehen & Verstehen – Experimente und meeehr]. (2021, Mai 2). *Baumwolle vs. Schafwolle - Xanthoproteinreaktion* [Video]. YouTube^{DE}. https://www.youtube.com/watch?v=B-N_e_kYZMA, Abrufdatum 05.05.2021

- [820] Varnai, A. S., Fechner, S., Karegemp, J., Hanemann, S. & Elsner, N. [Paderborner Erklärvideos]. (2018, Oktober 29). *Sauerstoffgehalt der Luft* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=4vIRG7MNcNE>, Abrufdatum 11.04.2021
- [821] Venzlaff, J., Reisewitz-Swertz, I. & Meuter, N. (2020). *Verbrennen eines Geldscheins* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5178&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [822] Venzlaff, J., Reisewitz-Swertz, I., Meuter, N. & Bohrmann-Linde, C. (2020). *Wasserstoffballons* [Video]. Bergische Universität Wuppertal – Didaktik der Chemie. <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/index.php?id=5130&L=0>, Abrufdatum 01.04.2021
- [823] von Borstel, A. [ChemzTV]. (2011, November 24). *Dichtebestimmung von CO₂ mit einer Spritze* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=FyA3UFOyJrE>, Abrufdatum 11.04.2021
- [824] von Borstel, A. [ChemzTV]. (2020, Juni 10). *Le Chatelier - Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit von Kohlendioxid* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=r08sCQZ1OG0>, Abrufdatum 11.04.2021
- [825] von Borstel, A. [ChemzTV]. (2020, Juni 13). *Einfluss der Konzentration und Stoßtheorie $c(\text{HCl}) = 0,25 \text{ mol/L}$* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=UegX3MA9wGI>, Abrufdatum 11.04.2021
- [826] von Borstel, A. [ChemzTV]. (2020, Juni 13). *Einfluss der Konzentration und Stoßtheorie $c(\text{HCl}) = 0,5 \text{ mol/L}$* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=M9q7DhLhdnw>, Abrufdatum 11.04.2021
- [827] von Borstel, A. [ChemzTV]. (2020, Juni 13). *Einfluss der Konzentration und Stoßtheorie $c(\text{HCl}) = 0,75 \text{ mol/L}$* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=98SUNmVSwrk>, Abrufdatum 11.04.2021
- [828] von Borstel, A. [ChemzTV]. (2020, Juni 13). *Einfluss der Konzentration und Stoßtheorie $c(\text{HCl}) = 1,0 \text{ mol/L}$* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=IYDcqlhCenI>, Abrufdatum 11.04.2021
- [829] von Borstel, A. [ChemzTV]. (2020, Juni 13). *Einfluss der Konzentration und Stoßtheorie - Standbilder zu den Versuchen* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=lw3qGYNbzy4>, Abrufdatum 11.04.2021
- [830] von Borstel, A. [ChemzTV]. (2020, Juni 9). *Sauerstoffgehalt der Luft - ein Versuch ohne Bunsenbrenner - Bodywarmer - ChemZ* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=5ssaNI6J-Lo>, Abrufdatum 11.04.2021
- [831] von Borstel, A. [ChemzTV]. (2020, Juni 9). *Vorbereitung für den Versuch: Sauerstoffgehalt der Luft ohne Bunsenbrenner ChemZ* [Video]. YouTube^{DE}. <https://www.youtube.com/watch?v=Fh9g0foa4Zg>, Abrufdatum 11.04.2021
- [832] Wessa-Schmid, N. (n. d.). *Virtual Lab. BASF*. <https://basf.kids-interactive.de/>, Abrufdatum 09.06.2021
- [833] Whisnant, D. & Jacobsen, J. J. (n. d.). *Floating Squares – Carbon Tetrachloride and Water* [Video]. CHEM ED XCHANGE. <https://www.chemedx.org/video/floating-squares-carbon-tetrachloride-and-water>, Abrufdatum 08.04.2021
- [834] Whisnant, D. & Jacobsen, J. J. (n. d.). *Floating Squares – Hexane and Water* [Video]. CHEM ED XCHANGE. <https://www.chemedx.org/video/floating-squares-hexane-and-water>, Abrufdatum 08.04.2021
- [835] Whisnant, D. & Jacobsen, J. J. (n. d.). *Floating Squares – Introduction* [Video]. CHEM ED XCHANGE. <https://www.chemedx.org/video/floating-squares-introduction>, Abrufdatum 08.04.2021

- [836] Wlotzka, P. & Schlachzig, S. (2020). Wasserstoff – Schlüsselement der Energiewende. Stationenbetrieb zur Wasserstofftechnologie mit gefilmten Experimenten. *Unterricht aktuell, d00009*, 13-15. Friedrich – Gemeinsam für guten Unterricht. <https://www.friedrich-verlag.de/shop/unterricht-aktuell-chemie-experimente-digital-d00009>, Abrufdatum 14.04.2021

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere hiermit, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen, als die angegebenen Hilfsmittel verwendet und die Stellen, die anderen benutzten Druck- und digitalisierten Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, mit Quellenangaben kenntlich gemacht habe. Entnommene Zeichnungen, Skizzen sowie bildliche und sonstige Darstellungen wurden ebenfalls mit den entsprechenden Quellenangaben versehen, sofern sie nicht eigenständig erstellt wurden.

(Unterschrift der Verfasserin)