MINT-EC-Schriftenreihe

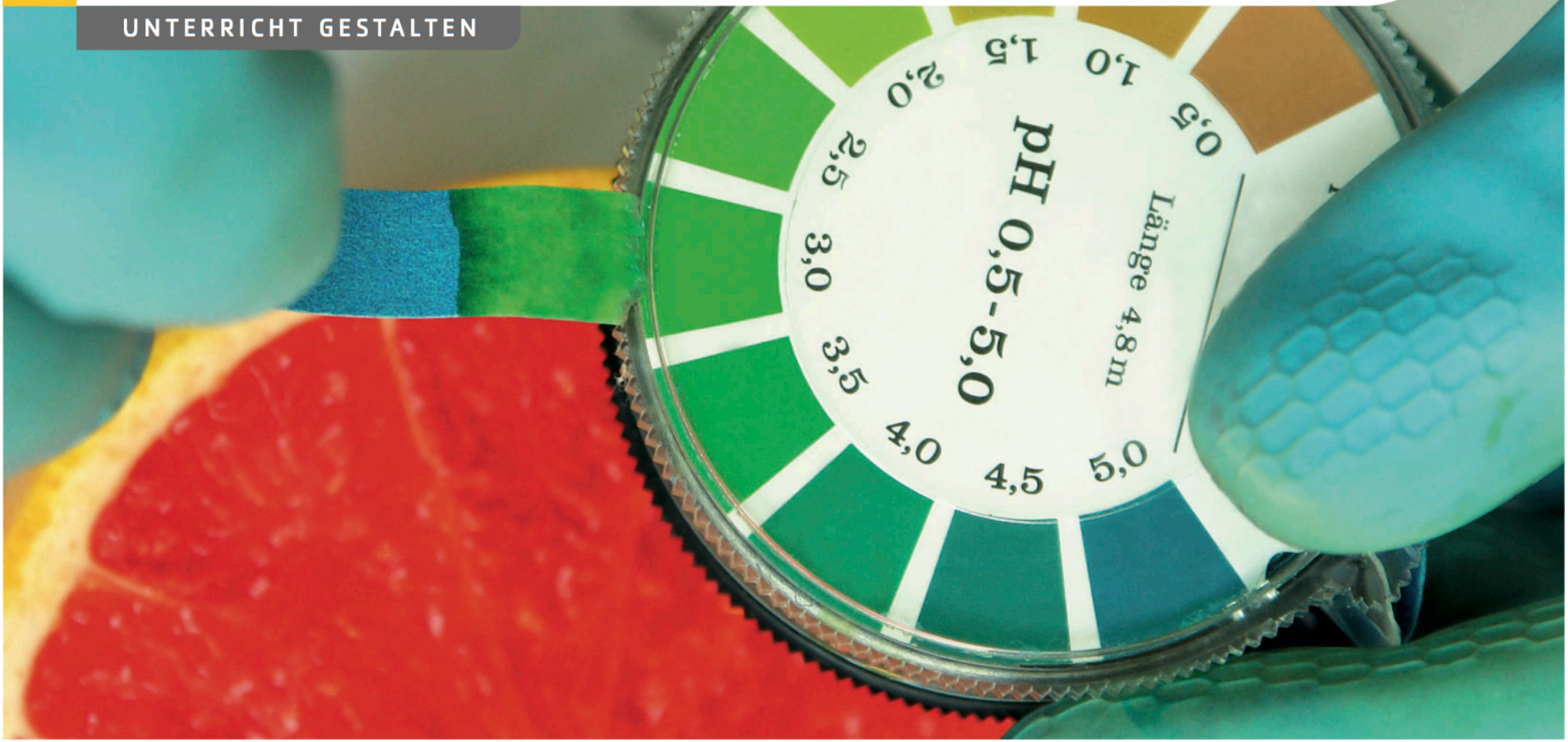
MINT-EC-Themencluster Chemie

Alles Chemie – Säuren und Basen

Deutschlandweiter Unterrichtssupport für die Sek I

MINTec
Das nationale Excellence-Schulnetzwerk

UNTERRICHT GESTALTEN



Willkommen beim nationalen Excellence-Schulnetzwerk MINT-EC!

MINT-EC ist das nationale Excellence-Netzwerk von Schulen mit Sekundarstufe II und ausgeprägtem Profil in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT). Es wurde im Jahr 2000 von den Arbeitgebern gegründet und arbeitet eng mit deren regionalen Bildungsinitiativen zusammen. MINT-EC bietet ein breites Veranstaltungs- und Förderangebot für Schülerinnen und Schüler sowie Fortbildungen und fachlichen Austausch für Lehrkräfte und Schulleitungen. Das MINT-EC-Netzwerk steht seit 2009 unter der Schirmherrschaft der Kultusministerkonferenz der Länder (KMK).

Der Zugang zum MINT-EC-Netzwerk ist über ein bundesweit einmaliges Auswahlverfahren möglich, das Qualität und Quantität der MINT-Angebote der Schulen prüft und dabei höchste Standards ansetzt.

Die Ziele von MINT-EC sind

— Vernetzung exzellenter MINT-Schulen untereinander sowie mit Wirtschaft und Wissenschaft
— Aktive Förderung des MINT-Nachwuchses, Studien- und Berufsorientierung
— Förderung der qualitativen Schulentwicklung und die Anbindung des Fachunterrichts an den aktuellen Stand der Forschung
— Verdeutlichung der gesellschaftlichen Relevanz von MINT

In Kooperation mit Partnern aus Schule, Wirtschaft und Wissenschaft entwickeln wir innovative und bedarfsgerechte Maßnahmen und Angebote für unsere MINT-EC-Schulen.

Zur MINT-EC-Schriftenreihe:

Beiträge und Resultate aus den vielfältigen Aktivitäten des nationalen Excellence-Schulnetzwerks MINT-EC und der Netzwerkschulen werden in dieser Schriftenreihe zusammengeführt und veröffentlicht.

In verschiedenen Themenclustern erarbeiten MINT-EC-Lehrkräfte und -Schulleitungen Schul- und Unterrichtskonzepte, entwickeln diese weiter und nehmen dabei Impulse aus Wissenschaft und Forschung sowie aus aktuellen Herausforderungen der schulischen Praxis auf.

Die MINT-EC-Schriftenreihe nimmt drei wesentliche Aktionsfelder in den Blick, denen die einzelnen Publikationen zugeordnet werden:

— Schule entwickeln
— Unterricht gestalten
— Talente fördern

Kommentare und Anregungen senden Sie gern an: **info@mint-ec.de**

UNTERRICHT GESTALTEN

Alles Chemie – Säuren und Basen

Deutschlandweiter Unterrichtssupport für die Sek I

MINTec

Das nationale
Excellence-Schulnetzwerk

Vorwort

Chemie ist ein wichtiger Teil des Lebens, auch wenn viele Menschen dies gar nicht bewusst wahrnehmen. Es sind die alltäglichen Dinge, in denen Produkte der pharmazeutisch-chemischen Industrie zum Einsatz kommen: Dächer, die als Felder dienen, durch leichte Untergrundmaterialien; Brücken, die nicht bröckeln dank spezieller Kunststoffe; Hausfassaden, die Schmutz abweisen aufgrund einer Oberflächenversiegelung; Straßenmarkierungen, die reflektieren, um die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen; Kühlschränke, die Energie sparen, Solarzellen, die mehr aus dem Sonnenlicht herausholen, oder Verkehrsmittel, die heute selbstverständliche Mobilität ermöglichen, damit auch in der Zukunft Energiesicherheit und Umweltschutz kein Widerspruch sind.

Doch „Gesund Leben“ hängt auch an einer sicheren Versorgung aller Menschen, sei es nun durch Sicherstellung einer guten Ernährung, dem Erhalt allen Lebens durch eine umweltschonende Bewirtschaftung und Bereitstellung von Medikamenten zur Verbesserung der Gesundheit in der Welt.

Das Leben der Menschen hat sich dank vieler chemisch-pharmazeutischer Produkte verbessert, dennoch bleiben Frage offen und es sind immer wieder neue Ideen gefragt für neue Wege.

Um diese besseren Lösungen für die Zukunft finden zu können, müssen junge Menschen für Wissenschaft begeistert werden. Nur Begeisterung weckt die Neugierde, die Neues, die Besseres entstehen lässt. Im Cluster Chemie haben viele begeisterte Menschen versucht, ihre persönliche Neugierde und die Freude an der Chemie auch für andere erlebbar zu machen. Mit guten Ideen und Tipps für eine attraktive Unterrichtsgestaltung soll die im Cluster spürbare Begeisterung für Chemie, aber auch darüber hinaus für alle Naturwissenschaften weitergegeben und in die Breite getragen werden. So verstehen auch zukünftig viele junge Menschen ihre persönliche Welt besser und tragen selbst zu einer weiteren Entwicklung bei.

Im Rahmen des ersten Clusters Chemie wurden zwei Themenschwerpunkte bearbeitet „Atombau und PSE“ und „Säuren und Basen“. In der Zusammenstellung sind klassische mediale Elemente, wie Graphiken und Texte mit praktischen Handlungsvorschlägen und konkreten Versuchsvorschriften kombiniert. Dabei ist es gelungen, die Komplexität der grundsätzlichen Vorgänge und ablaufenden chemischen Prozesse mit Hilfe anschaulicher, alltäglicher Beispiele und unter Einsatz neuer medialer Ansätze in unterschiedlichem Fokus zu beleuchten und erfahrbar zu machen.

Auf die Schülerinnen und Schüler ausgerichtete didaktische Konzepte und unterschiedliche Lernmittel sollen neugierig auf das Lernen machen und letztendlich die Begeisterung für die Chemie entfachen.

Viel Freude bei Nutzung und Einsatz im Unterricht.

Dr. Hans Jürgen Metternich

Ausbildungskoordinator Evonik Industries AG

Einleitung

Bundeskanzlerin Angela Merkel sagte einmal: „Ich bin für Wettbewerb bei der Bildung zwischen den Ländern.“ Aufgrund des Bildungsföderalismus versuchte jedes Bundesland, sich bei internationalen Vergleichsstudien nochmals extra zu platzieren. Das Bundesergebnis der PISA-Studie wurde nur beachtet, wenn man nicht in einem Teilgebiet besser abschnitt als der Rest der Republik. Unterschiedliche Standards und Anforderungen waren die natürliche Folge.

Nun wird von der Kultusministerkonferenz (KMK) eine bundesweite Vereinheitlichung der Kernabiturfächer Mathematik und Deutsch entwickelt. Gleiches Abitur bedeutet dadurch auch, dass es hohe Überschneidungen in der Abiturvorbereitung geben muss. Und genau dieser bundesweiten Bewegung folgt das MINT-EC Themencluster *Chemie*.

Im September 2014 in Marl gegründet, setzte sich das aus Lehrkräften der Bundesländer Bayern, Berlin, Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen bestehende Themencluster zum Ziel, bundesweit einsetzbare Unterrichtssequenzen zu schaffen. Gleichzeitig folgt das Themencluster auch dem Ruf der Industrie. Diese beklagt sich immer stärker über Abiturientinnen und Abiturienten, die sowohl in der anorganischen als auch der organischen Chemie, die Schule mit zu wenigen chemischen Grundkenntnissen verlassen.

In Zusammenarbeit mit der *EVONIK Industries AG,* die das Cluster und diese Publikation fördert, machte man sich durch intensive Lehrplanarbeit daran, Schnittmengen in den zu unterrichtenden Themengebieten der Mittelstufe/Sekundarstufe I zu finden. Schnell wurden gravierende Unterschiede in den Stoffumfängen der einzelnen Länder-Lehrpläne sichtbar. Final konnte man sich auf die beiden Themenbereiche **Atombau und PSE** sowie **Säuren und Basen** festlegen. Hierbei handelt es sich um elementar wichtige Bereiche der Chemie, deren Kenntnisse für jeden weiteren beruflichen Weg im Feld der Chemie essentiell sind.

Diese Themen wurden nun von zwei getrennten Arbeitsgruppen aufbereitet. Ziel war es auch, mit Hilfe der Vielfalt an didaktischen Möglichkeiten diese beiden Themen in allen Bundesländern nutzbar zu machen. Jedes Thema kann von den interessierten Lehrkräften nochmals eigenständig didaktisch reduziert werden.

Im Zuge der Digitalisierung der Klassenzimmer stand mit *Creos Lernideen und Beratung* ein äußerst kompetenter Partner an unserer Seite, der unsere Inhalte und Ideen auch in eine ansprechende digitale Präsentationsform brachte. Animationen, Filme, Spiele, das Themencluster Chemie präsentiert sich also ebenso modern wie traditionell, denn auch Arbeitsblätter, Texte zum Leseverständnis und klassische Versuchsanleitungen sind in dieser Publikation enthalten.

Das gesamte Heft und alle Medien dieser Publikation sind in digitaler Form auf der Lernplattform Lebensnaher Chemieunterricht zu finden.
www.lncu.de/index.php?cmd=courseManager&mod=library&action=show&categoryId=15

Ihr MINT-EC Themencluster *Chemie*

Inhaltsverzeichnis – Säuren und Basen

07 **B0. Überblick über die Unterrichtsreihe und Piktogrammübersicht**
von Andreas Lind und Dr. Marco Sielaff

15 **B1. Sauer oder nicht?**
von Andreas Lind und Sven Tenhaven

33 **B2. Saure Lösung am Beispiel eines Badreinigers**
von Andreas Lind und Sven Tenhaven

51 **B3. Herstellung von Säuren**
von Andreas Lind

95 **B4. Wie sauer ist sauer – der pH-Wert**
von Gregor von Borstel und Petra Gemein

107 **B5. Ätzend, aber nicht sauer**
von Christian Kottig, Annik Kömpel und Jasmin Völkl

117 **B6. Herstellung von Laugen**
von Annik Kömpel und Jasmin Völkl

127 **B7. Neutralisation – Säure und Base gleich superätzend?**
von Andreas Böhm, Gregor von Borstel und Dr. Holger Eybe

137 **B8. Titration – Stimmt die Menge?**
von Andreas Lind und Dr. Marco Sielaff

Inhaltsverzeichnis – Säuren und Basen

149 Anhang 1 – Literaturverzeichnis

151 Anhang 2 – Abbildungsverzeichnis

153 Anhang 3 – Tabellenverzeichnis

155 Anhang 4 – Gefährdungsbeurteilungen

B0. Überblick über die Unterrichtsreihe und Piktogrammübersicht

Autorinnen und Autoren

Andreas Lind – Gymnasium Adolfinum, Moers

Dr. Marco Sielaff – Lise-Meitner-Schule, Berlin

Der saure Einstieg

Schülerinnen und Schüler sind im Alltag von sauren und basischen Stoffen umgeben. Die Unterrichtsreihe beginnt mit der Alltagserfahrung „sauer“, da diese den Schülerinnen und Schülern eher bekannt ist als der Laugen- bzw. Basenbegriff.

Der Begriff „sauer“ wird **im Modul 1** über die Geschmacksempfindung eingeführt. Die Zunge dient zuerst als Indikator. Die Wirkungsweise der Geschmacksempfindung wird durch eine Animation erklärt und das H^+-Ion als Teilchen eingeführt. Dies geschieht bewusst bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt. Die Abgabe von aquatisierten Protonen dient als gemeinsames Merkmal aller sauren Lösungen.

Für den Nachweis der H^+-Ionen wird als erster Indikator Rohtkohlsaft („Die Zunge des Chemikers“) vorgestellt. Die den Schülerinnen und Schülern aus dem Alltag bekannten sauren Badreiniger dienen als Ausgangspunkt des **Moduls 2** für die Reaktionen von Säuren mit anderen Stoffen. Die Wirkung auf Kalk und verschiedene Metalle steht hier im Fokus der Untersuchungen.

Weitere Phänomene rund um die Herstellung der bekanntesten Säuren werden im **Modul 3** aufgezeigt. Die zugehörigen Reaktionsgleichungen ergänzen die fachlichen Vorgänge in beiden Modulen. Bevor in **Modul 3** der eher abstrakte Begriff des pH-Wertes näher beleuchtet wird, können die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe einer Lern-Leistungs-Überprüfung („Teste dein Wissen“) den bisherigen Lernstoff in Form eines klassischen Testes oder einer Selbstdiagnose sichern.

Der eher sperrige aber weit verbreitete pH-Wert-Begriff wird mit Hilfe der bereits bekannten Indikatoren in **Modul 4** eingeführt. Eine Abstufung des Säuregrades mit Hilfe der pH-Skala und die daraus resultierenden Konzentrationsberechnungen schließen den „sauren Unterrichtsgang“ ab.

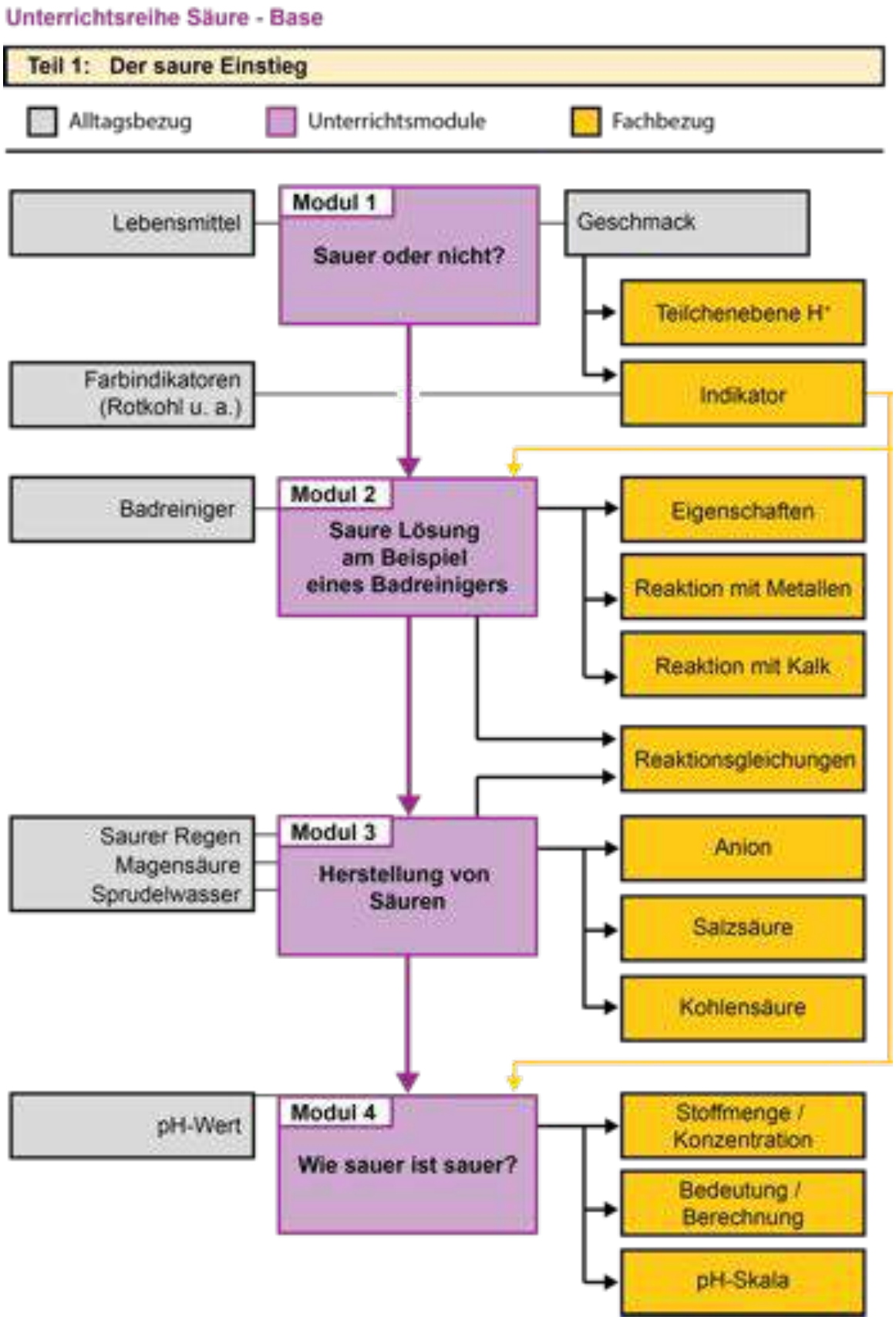


Abbildung B0.01 Übersicht für die Module 1 bis 4

Der basische Mittelteil

Die im **Modul 4** eingeführte pH-Skala dient als Ausgangspunkt der basischen Lehrmodule. Basische Lösungen sind den Schülerinnen und Schülern vom alltäglichen Umgang mit Seife bekannt. Auch Laugenbrezeln werden häufig in Brainstormingphasen genannt.

Weitere Alltagsgegenstände sind z.B. Reinigungsmittel für Backöfen, bei denen im **Modul 5** der Unterschied zwischen sauren Badreinigern (**Modul 2**) und basischem Rohrreiniger bzw. Backofenreiniger erläutert wird.

Auf Teilchenebene wird das entsprechende Hydroxid-Ion (OH^--Ion) eingeführt und mittels Indikatoren anzeigbar gemacht. Eigenschaften, Verwendungen sowie die Herstellung von basischen Lösungen runden diesen Unterrichtsgang mit dem **Modul 6** ab.

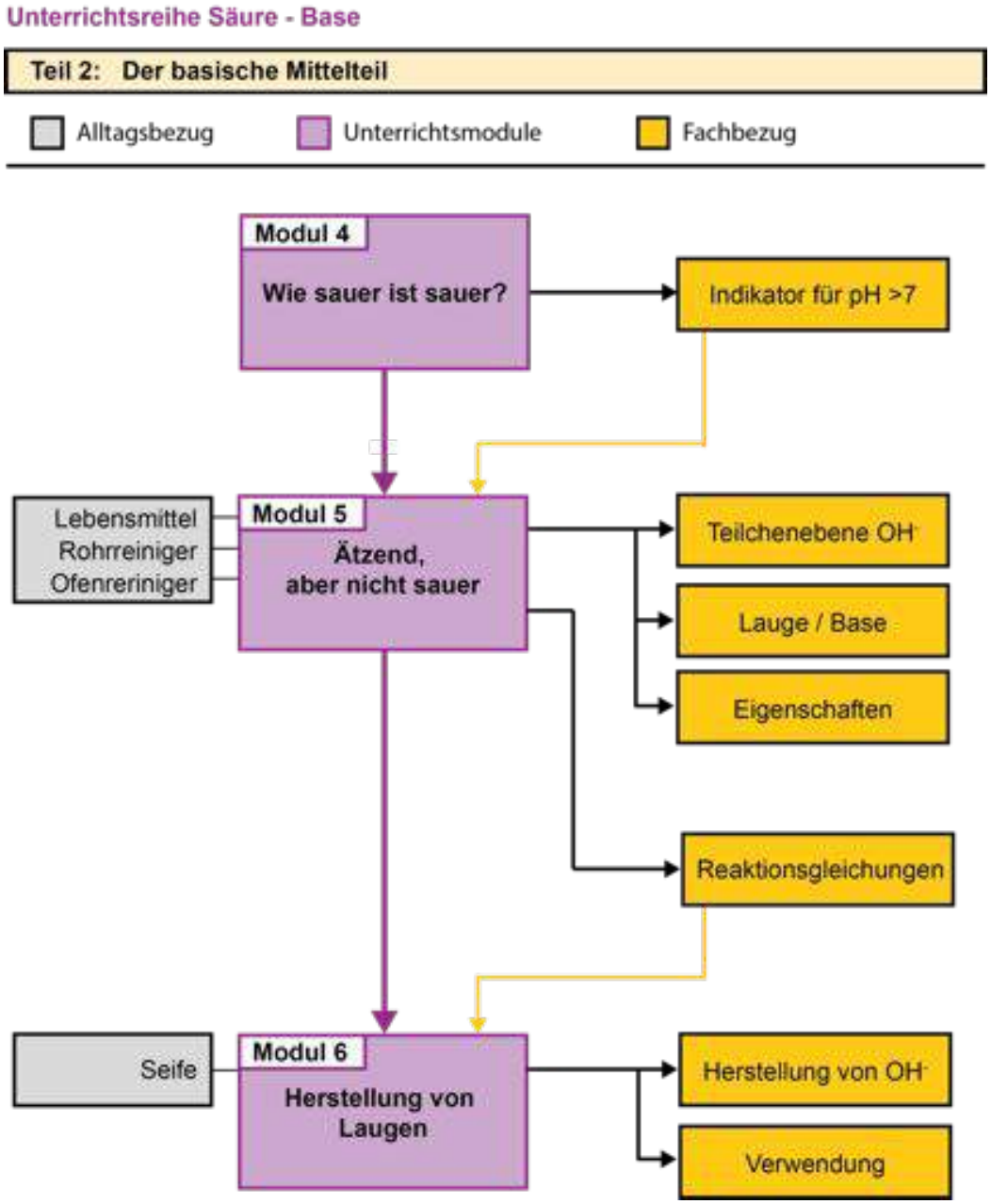


Abbildung B0.02 Übersicht für die Module 5 und 6

Der neutrale Schluss

In **Modul 7** wird die Kombination von sauren und basischen Lösungen als vermeintlicher Superreiniger im Experiment falsifiziert. Sinnvolle Anwendungen einer Neutralisation ergänzen das Modul.

Einen möglichen Berufsbezug stellt die Titration im letzten **Modul 8** dar. Die Titration als maßanalytisches Verfahren zur Gehalts- und Konzentrationsbestimmung wird mit Hilfe eines Experimentes eingeführt. Eine Gehaltsbestimmung eines bekannten Lebensmittels (hier: Salatessig) kann mittels Titration experimentell überprüft werden.

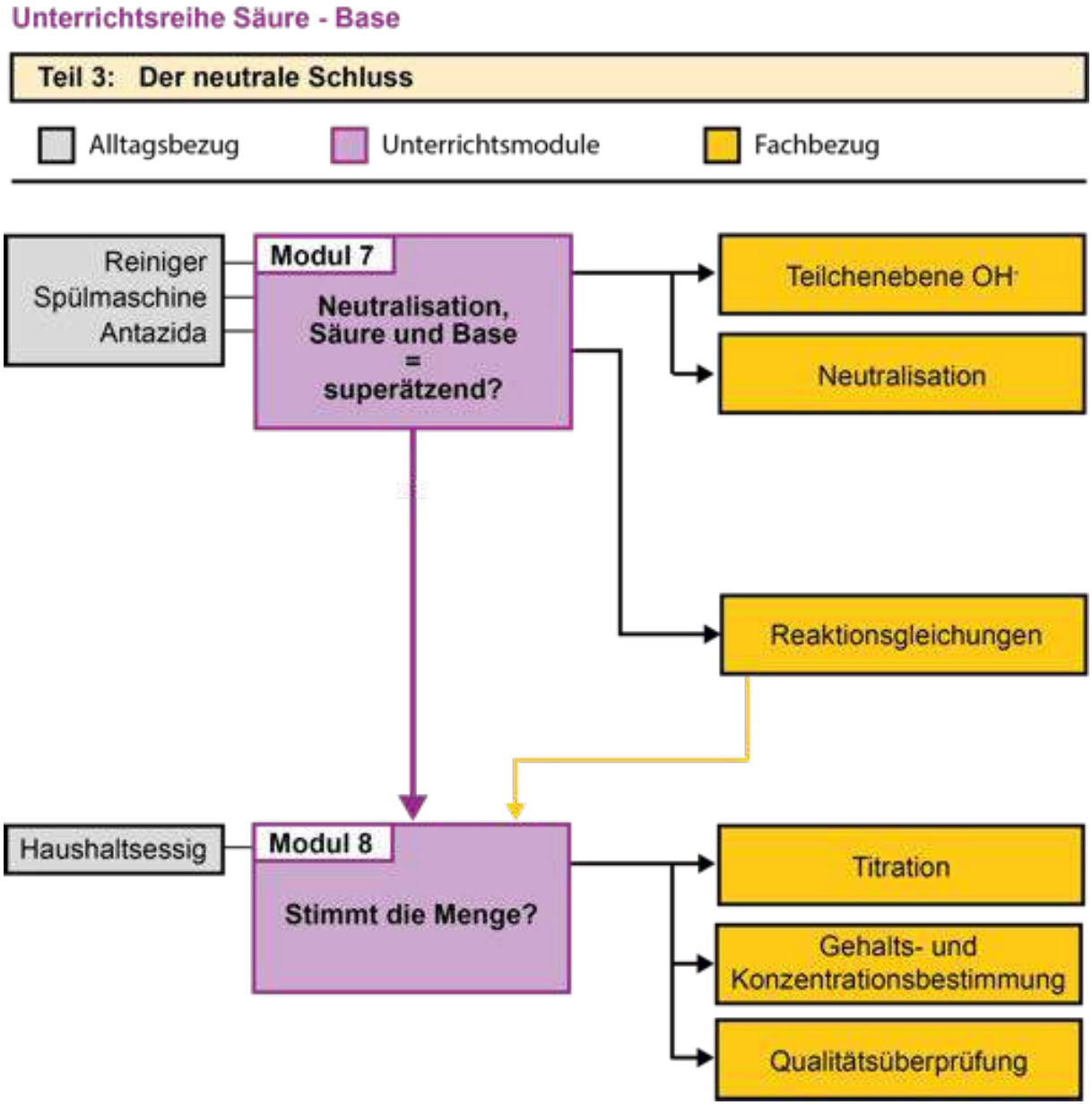


Abbildung B0.03 Übersicht für die Module 7 und 8

Sicherheitshinweise

Piktogrammübersicht

Die in der Tabelle aufgeführten Piktogramme werden in den folgenden Modulen verwendet, um ein sicheres Experimentieren zu gewährleisten.

Bei Modulen, die Experimente enthalten, werden neben der vollständigen Gefährdungsbeurteilung Entsorgungshinweise im Kopfbereich der Experimentiervorschrift mittels der unten aufgeführten Piktogramme gegeben.

	Persönliche Schutzausrüstung (PSA) Tragen einer Schutzbrille		Arbeiten in einem geschlossenen System
	Persönliche Schutzausrüstung (PSA) Tragen von Schutzhandschuhen		Entsorgung im Waschbecken
	Arbeiten unter dem Abzug		Entsorgung im Hausmüll
	Vermeidung von Brandgefahren (z.B. offene Flammen)		Entsorgung fester Chemikalien im jeweils eingeführten Entsorgungskonzept
	Fenster öffnen		Entsorgung flüssiger Chemikalien im jeweils eingeführten Entsorgungskonzept

Abbildung B0.04 Sicherheitshinweise

Gefahrensymbole

In der folgenden Tabelle sind die Gefahrensymbole nach dem global harmonisierten System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien – kurz GHS – mit ihrer Bedeutung aufgeführt.

Die Piktogramme können durch die Signalworte Achtung und/oder Gefahr zusätzlich präzisiert werden.

Diese Piktogramme finden Sie ebenfalls in der Kopfzeile der Versuchsanleitung wieder, damit auf Gefahrenpotenziale direkt aufmerksam gemacht werden kann.

	explosionsfähig		giftig, toxisch
	entzündlich		Achtung
	brandfördernd		gesundheitsgefährdend
	komprimierte oder gelöste Gase		umweltgefährdend
	ätzend		

Abbildung B0.05 Gefahrensymbole

Arbeitshinweise

Piktogrammübersicht

Seite 3 von 3

Die Piktogramme geben Auskunft über die jeweilige Aktion während der Bearbeitung des Materials.

Die Piktogramme leiten die Schülerinnen und die Schüler durch die Arbeitsaufträge und nutzen zusätzlich neben dem Lesen von Arbeitsanweisungen den visuellen Eingangskanal der Schülerin oder des Schülers.

	Es wird unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften experimentiert.		Hinweis auf Tipps oder abgestufte Lernhilfen in Form von zusätzlichen Materialien.
	Ergebnisse und weiterführende Fragestellungen werden schriftlich fixiert.		Ein weiterführender Rechercheauftrag.
	Teste dein Wissen.		

Abbildung B0.06 Arbeitshinweise

In den abgestuften Lernhilfen, die durch das -Symbol angezeigt werden, bekommen die Schülerinnen und die Schüler Zusatzinformationen zur Beantwortung schwieriger Lerninhalte.

Die „Tipps“ müssen nicht genutzt werden. Leistungsstarke Schülerinnen und Schüler werden nicht häufig auf diese Hilfen zurückgreifen. Mit den abgestuften Lernhilfen ist es somit aber möglich, stark binnendifferezierend zu arbeiten.

Der Lehrer kann im Arbeitsplatzgespräch auf Lernschwierigkeiten besser eingehen und die Schülerin oder der Schüler setzt sich mit dem Material noch intensiver auseinander. Um eine höhere Identifikation mit den gegebenen Tipps zu erzeugen, werden die Charaktere aus den Comic-Video-Sequenzen als „Wissensübermittler“ genutzt.

Abbildung B0.07 Abgestufte Lernhilfen

B1. Sauer oder nicht?

Autorinnen und Autoren

Andreas Lind – Gymnasium Adolfinum, Moers

Sven Tenhaven – Gymnasium Adolfinum, Moers

Verlauf – Didaktischer Kommentar
M I – 00

Sauer oder nicht?
(Seite 1 von 3)

In diesem ersten Zugang zum Thema Säuren und Basen sammeln die Schülerinnen und die Schüler zunächst sinnlich (hier: über den Geschmack) unterschiedliche Eindrücke. Viele Lebensmittel bzw. Lebensmittelzusätze („E-Nummern“) schmecken sauer oder eben auch nicht.

Im Verlauf des ersten Moduls werden die H^+-Ionen bzw. Oxonium-Ionen (H_3O^+) als „Verursacher“ der sauren Eigenschaften – unter anderem des Geschmacks – und somit Kennzeichen aller sauren Lösungen vorgestellt.

Dieses Vorgehen weicht bewusst vom üblichen Weg vieler anderer Unterrichtsreihen ab, bei denen die Oxonium-Ionen (oder vereinfacht auch nur Wasserstoff-Ionen H^+) oftmals erst sehr spät eingeführt werden und die Schülerinnen und Schüler entsprechend lange Zeit im Unklaren darüber gelassen werden, *wie* die beobachteten Eigenschaften zu erklären sind. In der vorliegenden Reihe soll die Schülerin oder der Schüler dagegen bereits sehr früh saure Lösungen auf der *Teilchenebene* deuten können.

Steht nur wenig Zeit zur Verfügung, so kann die Zahl der untersuchten Stoffe verringert werden oder es können einzelne Versuche als Demonstrationsexperiment anstelle eines Schülerexperimentes durchgeführt werden.

Die Modulteile M I - 02 und M I - 03 (siehe unten) können auch in anderer Reihenfolge bearbeitet werden – vor allem wenn Cola als „Aufhänger“ für die Notwendigkeit bzw. den Sinn von chemischen Indikatoren genutzt wird, sollte zuerst M I – 03 bearbeitet werden.

Erläuterungen zu den Stationen

Sauer oder nicht? (Seite 2 von 3)

M I – 01 Die Zunge als Messinstrument

Hier probieren die Schülerinnen und Schüler verschiedene Lebensmittelzusatzstoffe wie z.B. Zitronensaft, Essig und Vitamin C und protokollieren den Geschmackseindruck. Zusätzlich soll entschieden werden, ob das Lebensmittel sauer ist oder nicht. In einer weiterführenden Hausaufgabe sollen die Verbindungen zunächst chemisch identifiziert werden (siehe Arbeitsaufträge 1 bis 3).

Der Arbeitsauftrag Nummer 4 zielt darauf ab, die strukturellen Gemeinsamkeiten aller sauer schmeckenden Stoffe zu finden. Die Auswertung kann im Plenum erfolgen. Alternativ können die Schülerinnen und Schüler dies auch mit Hilfe einer gestuften Lernhilfe selbst tun bzw. zumindest vorbereiten. Die Lernhilfen könnten beispielsweise einzeln und laminiert umgedreht an der Tafel hängen (Magnete). Die Analyse der Strukturformeln der Stoffe hinsichtlich gemeinsamer Merkmale bzw. Atomgruppen kann auch erst im Rahmen von Station 02 (siehe unten) stattfinden, nachdem mittels Rotkohlindikator eine klare Zuordnung in sauer und nicht sauer stattgefunden hat.

Als Besonderheit wird in diesem und im nächsten Experiment auch Cola untersucht. Diese enthält als Säuerungsmittel Phosphorsäure. Durch den hohen Zuckergehalt wird Cola jedoch nicht als sauer empfunden – denn die starke Reizung der Geschmackszellen für süß überlagert den sauren Eindruck–, während der Indikator die Säure anzeigt (vgl. Recherche-Arbeitsauftrag in M I – 03). Dieser Widerspruch verdeutlicht ebenfalls die Notwendigkeit, einen chemischen Indikator statt der Zunge zu nutzen (vgl. M I – 02).

M I – 02 Die Zunge des Chemikers

Manche Stoffe sind für den Menschen giftig oder unverträglich. Die Zunge als Messinstrument scheidet hier also aus. Dennoch möchte man vielleicht wissen, ob ein solcher Stoff sauer ist oder nicht. Hierfür benutzt man sogenannte Indikatoren (Anzeigestoffe; von lat.: indicare = anzeigen). Als erster Indikator wird Rotkohlsaft im Schülerexperiment hergestellt. Die meisten identifizierten Stoffe aus Experiment 01 kommen wieder zum Einsatz, werden aber um die Chemikalien Natriumhydroxid (Abflussfrei) und Salzsäure (als Lebensmittelzusatzstoff) erweitert und untersucht, weshalb die Geschmackprobe natürlich nun nicht mehr möglich ist. Eine Zuordnung der Eigenschaft *sauer* zu einer Farbe des Indikators lässt eine eindeutige Beantwortung der Frage „Sauer oder nicht?“ zu.

Wichtiger Bestandteil der Auswertung ist die Aufstellung bzw. Recherche der Strukturformeln der unterschiedlichen Stoffe. Anhand der Formeln können Gemeinsamkeiten aller sauren Stoffe, wie beispielsweise das Vorhandensein von COOH-Gruppen und OH-Gruppen oder das Vorhandensein von Wasserstoff-Atomen herausgearbeitet werden, sofern dies nicht schon im Rahmen von Station 01 passiert ist.

Im Anschluss an die Auswertung des Experiments mit Universalindikator sollten weitere gängige Indikatoren vorgestellt werden, mit deren Hilfe man zwischen sauer und alkalisch unterscheiden kann (Vorschlag: Bromthymolblau, Phenolphthalein, ggf. Lackmus). So soll den Schülerinnen und Schülern direkt bewusst gemacht werden, dass es „den“ Indikator nicht gibt. Es sollte auch darauf hingewiesen werden, dass es verschiedene Universalindikatoren gibt, die letztendlich nur Gemische bestimmter Indikatoren sind und daher ganz unterschiedliche Farbskalen besitzen („pH-neutral“ wird nicht immer durch eine Grünfärbung angezeigt).

Erläuterungen zu den Stationen

M I – 03 Woher kommt der saure Geschmack (plus ergänzende Animation)

Als Gemeinsamkeit wird festgehalten, dass der saure Geschmack auf der Zunge durch H^+-Ionen zustande kommt.

Die vorhandene Animation zur Säurededektion auf der Zunge kann einerseits als ergänzende Visualisierung zum Arbeitsblatt eingesetzt werden.

Andererseits kann die Animation aber auch als alleinige Alternative zum Arbeitsblatt eingesetzt werden, wenn eine eher bild- statt textlastige Arbeitsweise bevorzugt wird.

Die Aussagen der Animation können dann in Gruppenarbeit und/oder im Plenum zusammengefasst und fixiert werden.

Die Zunge als Messinstrument
M I – 01

Sauer oder nicht?
(Seite 1 von 4)

Zitronensaft, Essig, Vitamin C, Cola, Backpulver, Hirschhornsalz, Leitungswasser, Mineralwasser, Zucker, Glutamat *Keine Gefährdungsbeurteilung notwendig, da Lebensmittel.*				Flüssigkeiten im Ausguss Feststoffe im Mülleimer			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen. *Schutzbrille als Vorsichts-maßnahme!*	

Infotext

In vielen Lebensmitteln sind Zusatzstoffe enthalten. Nach der deutschen Zusatzstoffverordnung werden diese mit den sogenannten E-Nummern erfasst. Im folgenden Versuch sollst Du untersuchen, wie diese Stoffe schmecken.

Experiment – Die Zunge als Messinstrument

Geräte/Chemikalien

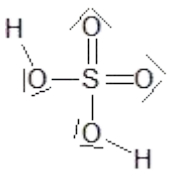
Chemikalien siehe oben, Einweglöffel, Einwegbecher

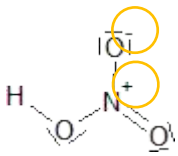
Versuchsdurchführung

1. Probiere die oben angegebenen Stoffe und beschreibe deinen Geschmackseindruck.
2. Gib an, ob der probierte Stoff sauer oder nicht sauer schmeckt.

Arbeitsaufträge

1. Protokolliere deine spontanen Geschmackseindrücke in Tabelle B1.01 (nächste Seite).
2. Entscheide dich, ob der jeweilige Stoff sauer schmeckt oder nicht (Tabelle B1.01).
3. Recherchiere, welche chemischen Verbindungen sich hinter den E-Nummern verbergen und fülle die Tabellen B1.01 bzw. B1.02 (übernächste Seite) entsprechend aus.
4. Identifiziere strukturelle Gemeinsamkeiten aller sauer schmeckenden Stoffe. Vergleiche auch die Strukturformeln der folgenden anorganischen Säuren mit den Formeln in der Tabelle (siehe Aufgabe 3!).


Schwefelsäure


Salpetersäure

Salzsäure (Chlorwasserstoff)

Die Zunge als Messinstrument
M I – 01

Stoff	E-Nummer	Geschmackseindruck	Schmeckt sauer!	Schmeckt nicht sauer!
	E 330			
	E 260			
	E 300			
	E 338			
	E 290			
	E 503			
Leitungswasser	---			
	E 500			
Zucker	---			
	E 621			

Tabelle B1.01 Arbeitsaufträge 1 und 2

Die Zunge als Messinstrument
M I – 01

Stoff (aus Tabelle B1.01 übernehmen)	**E-Nummer**	**Strukturformel**
	E 330	
	E 260	
	E 300	
	E 338	
	E 290	
	E 503	
Leitungswasser	---	
	E 500	
Zucker	---	
	E 621	

Tabelle B1.02 Arbeitsaufträge 3 und 4

Die Zunge als Messinstrument
M I – 01 (abgestufte Lernhilfen)

Sauer oder nicht?
(Seite 4 von 4)

Suche zunächst Gemeinsamkeiten in den Strukturformeln von Essigsäure und Citronensäure. Kreise die Molekülteile ein.

Schau dir als nächstes an, welche Gemeinsamkeiten du in den Strukturformeln von Ascorbinsäure, Phosphorsäure, Kohlensäure, Schwefelsäure und Salpetersäure entdecken kannst.

Das Chlorwasserstoff-Molekül nimmt eine Sonderstellung unter den hier aufgeführten Säure-Teilchen ein. Überlege, welches der beiden Atome in diesem Molekül für die saure Eigenschaft verantwortlich sein muss.

Gibt es auch Gemeinsamkeiten zwischen dem (sauren) Chlorwasserstoff-Molekül und den bisher markierten Strukturen in den anderen Säure-Molekülen?

Die Zunge als Messinstrument
M I – 01 (Lösung I)

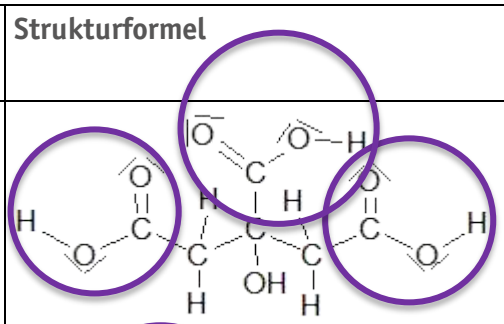
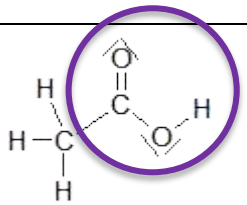
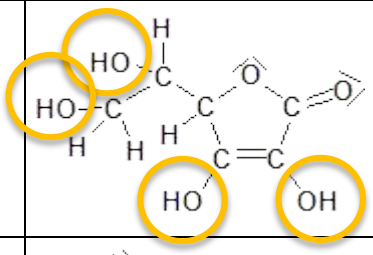
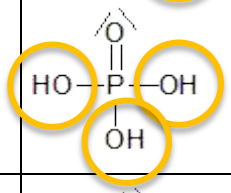
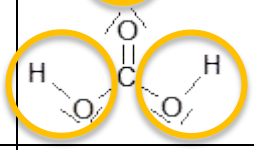
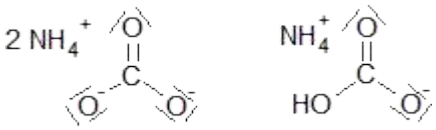
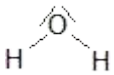
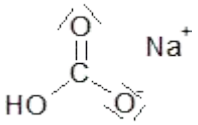
Sauer oder nicht?
(Seite 1 von 3)

Stoff	E-Nummer	Geschmackseindruck	Schmeckt sauer!	Schmeckt nicht sauer!
Zitronensäure	E 330	*Sauer, zitronig, …*	*X*	
Essigsäure	E 260	*Scharf, stechend, …*	*X*	
Vitamin C (Ascorbinsäure)	E 300	*Sauer*	*X*	
Cola (Phosphorsäure)	E 338	*süß*		*X (!)*
Sprudelwasser (Kohlenstoffdioxid)	E 290	*Prickelnd auf der Zunge, sprudelnd, …*	*X*	
Hirschhornsalz (Ammoniumcarbonat /Ammonium-hydrogencarbonat)	E 503	*Stechend, scharf, unangenehm, ekelig…*		*X*
Leitungswasser	---	*Schmeckt nach nichts.*		*X*
Natron (Natrium-hydrogencarbonat)	E 500	*Kribbelnd, prickelnd, …*		*X*
Zucker (Saccharose)	---	*süß*		*X*
(Mono-) Natriumglutamat	E 621	*Salzig, würzig, „wie Maggi®“, kräftig, …*		*X (?)*

Tabelle B1.03 Musterlösung für Tabelle B1.01 (für die Arbeitsaufträge 1 und 2)

Die Zunge als Messinstrument
M I – 01 (Lösung II)

Sauer oder nicht?
(Seite 2 von 3)

Stoff (aus Tabelle B1.01 übernehmen)	**E-Nummer**	**Strukturformel**
Zitronensäure	E 330	
Essigsäure	E 260	
Vitamin C *(Ascorbinsäure)*	E 300	
Cola *(enthält Phosphorsäure)*	E 338	
Sprudelwasser *(Kohlenstoffdioxid, Kohlensäure)*	E 290	
Hirschhornsalz *(Ammoniumcarbonat /* *Ammoniumhydrogencarbonat)*	E 503	
Leitungswasser	---	
Natron *(Natriumhydrogencarbonat)*	E 500	

Die Zunge als Messinstrument
M I – 01 (Lösung III)

Sauer oder nicht?
(Seite 3 von 3)

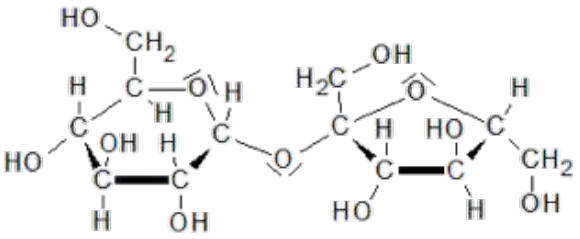
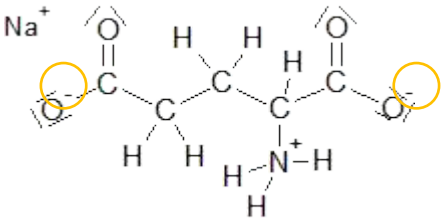
Zucker (Saccharose)	---	
(Mono-) Natriumglutamat	E 621	

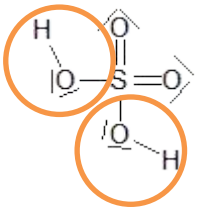
Tabelle B1.04 Musterlösung für Tabelle B1.02 (für die Arbeitsaufträge 3 und 4): Strukturformeln der eingesetzten Stoffe

Arbeitsauftrag 4

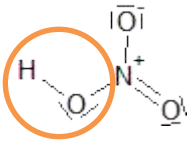
Die auffälligen Molekülstrukturen sind durch Kreise markiert (siehe auch die Tabelle B1.04):

violett = COOH-Gruppe (organische Säuren)/gelb = OH-Gruppen (diverse Strukturen) bzw. H-Atom (Sonderfall Chlorwasserstoff).

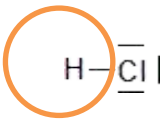
Strukturformeln anorganischer Säuren



Schwefelsäure



Salpetersäure



Salzsäure (Chlorwasserstoff)

Die Zunge des Chemikers
M I – 02

Sauer oder nicht?
(Seite 1 von 3)

Zitronensaft, Essig, Vitamin C, Cola, Backpulver, Hirschhornsalz, Leitungswasser, Mineralwasser, Zucker, Glutamat *Da es sich um Lebensmittel handelt, ist keine Gefährdungsbeurteilung notwendig.* Salzsäure 10%: **Achtung!** ätzend Abflussfrei: **Gefahr!** ätzend				Flüssigkeiten im Ausguss Feststoffe im Mülleimer			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen	

Infotext

Manche Stoffe sind für den Menschen giftig oder unverträglich. Dennoch möchte man wissen, ob ein solcher Stoff sauer ist oder nicht. Hierfür benutzt man sogenannte Indikatoren (Anzeigestoffe; von lat.: indicare = anzeigen).

Experiment – Die Zunge des Chemikers (Rotkohlsaft als Indikator)

Geräte/Chemikalien

Rotkohlblatt, Messer, Kocher, Trichter, Filter, Becherglas 250 mL, Reagenzglasständer, Reagenzgläser, Spatel, diverse Chemikalien (siehe oben)

Abbildung B1.01 Versuchsaufbau zum Herstellen von Rotkohlsaft

Die Zunge des Chemikers
M I – 02

Sauer oder nicht?
(Seite 2 von 3)

Versuchsdurchführung

1. Zerschneide ein Rotkohlblatt in feine Streifen. Gib diese mit 50 mL heißem Wasser (z.B. aus dem Boiler oder Wasserkocher) in ein 250 mL-Becherglas. Wenn du fein genug geschnitten hast und das Wasser heiß genug ist (daran erkennbar, dass die Lösung tief violett ist), kannst du Schritt 2 auslassen.
2. Bringe das Wasser ggf. auf der Herdplatte/dem Bunsenbrenner eine Minute lang zum Kochen. (Nur notwendig, falls die Lösung noch nicht tief violett gefärbt ist.)
3. Filtriere die violette Lösung durch ein Filterpapier. Wenn du vorsichtig genug bist, kannst du auch einfach die Lösung langsam in das zweite Becherglas abgießen (dekantieren).
4. Fülle alle Reagenzgläser jeweils 2 cm hoch mit dem Filtrat.
5. Gib von den zu untersuchenden Flüssigkeiten jeweils etwa 1 mL in die Reagenzgläser. Bei den Feststoffen wird jeweils eine Spatelspitze hinzugegeben. Schüttle vorsichtig und beobachte die Farbveränderungen.

Arbeitsaufträge

1. Protokolliere die Farbeindrücke in der Tabelle (nächste Seite).
2. Ergänze dort die fehlenden Formeln und Stoffnamen.
3. Ordne die Stoffe anhand der Indikator-Farbe sinnvoll in eine der folgenden Gruppen ein: Säure, Base, weder – noch, noch nicht eingefärbt.
4. Erkläre mit eigenen Worten, was man unter der "Zunge des Chemikers" versteht.
5. Ergänze den Merksatz:
   Stoffe, die _____ sind, färben den Rotkohlindikator _____.

Optionale Arbeitsaufträge

6. In deiner Umgebung finden sich noch andere Substanzen, die Farbveränderungen beim Mischen mit Säuren oder Basen zeigen. Experimentiere zuhause mit schwarzem Tee, in den du Essig, Zitronensaft, Haushaltsreiniger oder Abflussfrei gibst (dann auf gar keinen Fall mehr trinken!!). Auch viele Blütenfarbstoffe funktionieren (eventuell musst du vorher die Blütenblätter mit Alkohol oder Nagellackentferner entfetten).
7. Die Hortensie ist ein blühender Strauch, dessen Blütenfarbstoffe sich als Indikator nutzen lassen. In manchen Gärten blüht sie rosa (in der Nähe von Tannen eigentlich immer), in anderen blau. Was sagt dies über den Boden aus?

Die Zunge des Chemikers
M I – 02

Sauer oder nicht?
(Seite 3 von 3)

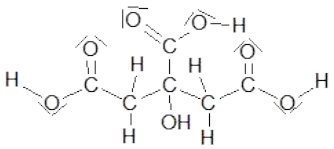
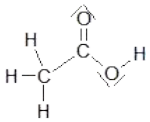
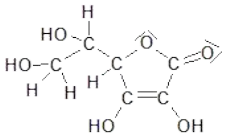
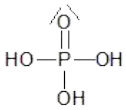
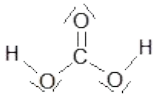
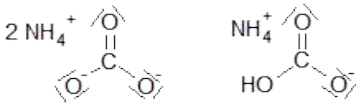
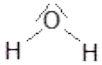
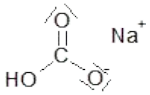
Stoff	E-Nummer	Strukturformel	Farbe des Rotkohlsafts	Gruppe
Zitronensaft (Citronensäure)	E 330			
Abflussfrei (Natriumhydroxid)	E 524			
Essig (Essigsäure)	E 260			
Vitamin C (Ascorbinsäure)	E 300			
Cola (enthält Phosphorsäure)	E 338			
Sprudelwasser (Kohlenstoffdioxid, Kohlensäure)	E 290			
Hirschhornsalz (Ammoniumcarbonat/ -hydrogencarbonat)	E 503			
Leitungswasser	---			
Salzsäure	E 507			
Natron/Backpulver (Natriumhydrogen-carbonat)	E 500			

Tabelle B1.05 Arbeitsaufträge 1 bis 3

Die Zunge des Chemikers
M I – 02 (Lösung)

Sauer oder nicht?
(Seite 1 von 2)

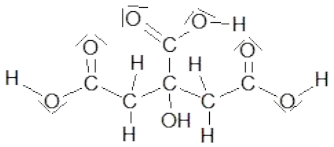
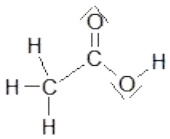
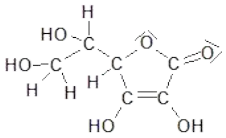
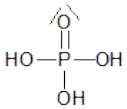
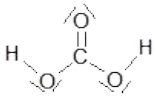
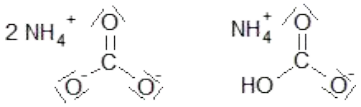
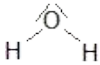
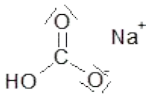
Stoff	E-Nummer	Strukturformel	Farbe des Rotkohlsafts	Gruppe
Zitronensaft (Citronensäure)	E 330		rot	Säure
Abflussfrei (Natriumhydroxid)	E 524	$Na^+ OH^-$	gelb	Base
Essig (Essigsäure)	E 260		rot-pink	Säure
Vitamin C (Ascorbinsäure)	E 300		rot-pink	Säure
Cola (enthält Phosphorsäure)	E 338		hell-lila	Säure
Sprudelwasser (Kohlenstoffdioxid, Kohlensäure)	E 290		lila	Säure
Hirschhornsalz (Ammoniumcarbonat/ -hydrogencarbonat)	E 503		blau-grün	Base
Leitungswasser	---		blau-violett	weder-noch
Salzsäure	E 507		rot	Säure
Natron/Backpulver (Natriumhydrogen-carbonat)	E 500		blau-grün	Base

Tabelle B1.06 Musterlösung für die Tabelle B1.05 (für die Arbeitsaufträge 1 bis 3)

Die Zunge des Chemikers
M I – 02 (Lösung)

Sauer oder nicht?
(Seite 2 von 2)

Musterlösung zu den übrigen Arbeitsaufträgen

Aufgabe 4

Als „Zunge des Chemikers“ kann man sog. Indikatoren bezeichnen, denn sie zeigen – wie die Zunge – an, ob ein Stoff sauer ist oder nicht – ohne dass man seine eigene Zunge gefährden müsste.

Aufgabe 5

Merksatz: Stoffe, die *sauer* sind, färben den Indikator Rotkohlsaft *rot*.

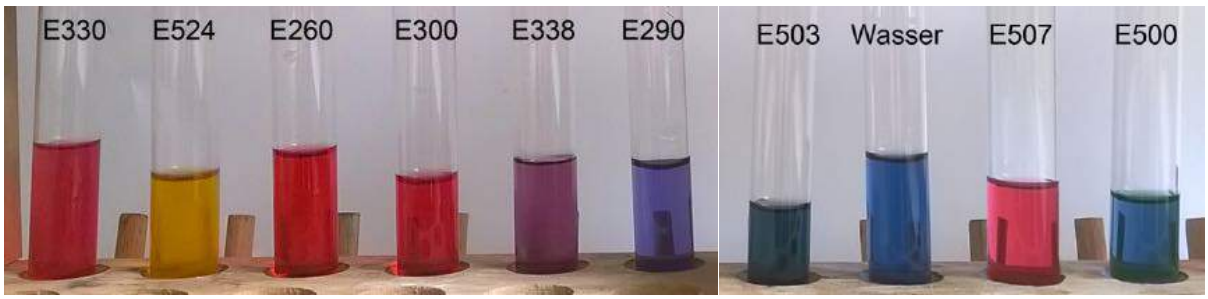
Aufgabe 6

Schwarztee:	braun
Schwarztee und Essig:	hellbraun/rotbraun
Schwarztee und Zitronensaft:	hellbraun/rotbraun
Schwarztee und Haushaltsreiniger:	dunkelbraun
Schwarztee und Abflussfrei:	dunkelbraun

Aufgabe 7

Die rosa Farbe zeigt einen sauren Boden an (z.B. in der Umgebung von Tannen), die blaue Farbe zeigt einen alkalischen Boden an.

Rotkohlsaft in verschiedenen Lösungen



stark sauer | sauer | neutral | alkalisch | stark alkalisch

Abbildung B1.02 und B1.03 Rotkohlsaft in verschiedenen Lösungen (vgl. Tabelle B1.06)

Woher kommt der saure Geschmack? Sauer oder nicht?
M I – 03

Infotext

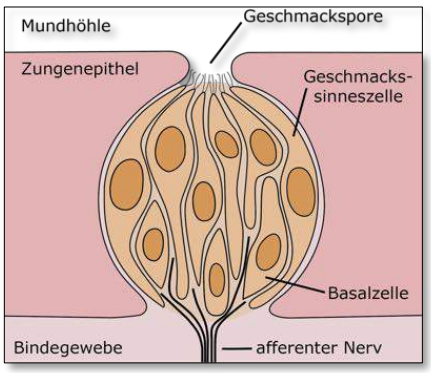
Sauer schmeckende Stoffe haben eine gemeinsame Eigenschaft. Saure Stoffe geben Wasserstoff-Ionen ab. Diese sogenannten Protonen werden – wie andere Ionen auch – im Wasser aquatisiert, d.h. mit einer „Hülle“ aus Wassermolekülen umgeben. Manchmal schreibt man H^+-Ionen auch als H_3O^+-Ion auf. Diese aquatisierten Ionen werden meist Hydronium-Ionen genannt. In der modernen Chemie werden die Hydronium-Ionen aber richtiger als Oxonium-Ionen bezeichnet, da die positive Ladung nicht am Wasserstoffatom, sondern am zentralen Sauerstoffatom sitzt.

Auf der Zunge befinden sich viele Geschmacksknospen oder -poren. Das sind kleine Öffnungen, durch die Speichel und die darin gelösten Essensbestandteile an die eigentliche Geschmackssinneszelle transportiert werden können.

Der Mensch kann fünf verschiedene Geschmacksrichtungen erkennen. Diese sind: sauer, bitter, salzig, süß und umami (jap. umami = dt. fleischig, herzhaft, wohlschmeckend).

Der Geschmack eines Lebensmittels ist also das Zusammenspiel dieser fünf Grundgeschmacksrichtungen.

Abbildung B1.04 Zunge



AbbildungB1.05 Sinneszellen

Neuere Forschungsergebnisse zur Wahrnehmung des sauren Geschmackes haben ergeben, dass ein Lebensmittel umso saurer schmeckt, je mehr Oxonium-Ionen in die Geschmackssinneszellen eingeschleust werden. Dieser Schleusenmechanismus erfolgt über sogenannte Ionenkanäle der Zelle.

Je mehr Oxonium-Ionen in die Zelle gelangen, desto saurer wird die Zellflüssigkeit. Die Sinneszelle erzeugt je nach Stärke dieser Wirkung in unterschiedliche Maße elektrische Signale, die im Gehirn als Sinneseindruck „sauer“ identifiziert werden.

Arbeitsaufträge

1. Zeichne ein aquatisiertes Proton (H^+-Ion).
2. Zeichne die Lewis-Strukturformel eines Oxonium-Ions H_3O^+.
3. Recherchiere, warum Cola nicht sauer schmeckt, obwohl sie Phosphorsäure enthält.

B2. Saure Lösung am Beispiel eines Badreinigers

Autorinnen und Autoren

Andreas Lind – Gymnasium Adolfinum, Moers

Sven Tenhaven – Gymnasium Adolfinum, Moers

Verlauf - Kommentar M II – 00

Saure Lösung am Beispiel eines Badreinigers (Seite 1 von 3)

Im zweiten Modul soll den Schülerinnen und Schülern eine typische Anwendung von sauren Lösungen im Haushalt präsentiert werden: die Kalkentfernung im Badezimmer.

Als Einstieg in die Thematik steht ein Trickfilm zur Verfügung, der als Diskussionsgrundlage dienen kann (www.lncu.de/index.php?cmd=courseManager&mod=library&action=show&categoryId=15).

Dann wird die Wirkung eines sauren Badreinigers sowie die von Essigessenz auf Kalk experimentell überprüft (**M II – 01**). Es schließt sich eine Station (**M II – 02**) an, in der die Wirkung des Badreinigers bzw. die von Essigessenz auf verschiedene Metalle untersucht wird.

Die letzte Station (**M II – 03**) kann bei genügend großem Zeitkontingent optional bearbeitet werden. Hier werden ansprechende Experimente mit Essig, Kalk bzw. Natron angeboten.

Erläuterungen zu den Stationen

M II – 01 Damit es im Bad wieder blitzt und blinkt...!

Zunächst wird im **Experiment 1** die Wirkungsweise von sauren Badreinigern auf Kalk demonstriert: der Kalk löst sich auf und es wird ein Gas freigesetzt. In diesem Experiment wird auch die Bedeutung der Konzentration der sauren Lösung deutlich: Haushaltsessig (5% Essigsäure) wirkt deutlich schwächer als Essigessenz (25% Säure).

In **Experiment 2** wird das freigesetzte Gas untersucht (Kalkwasser-Probe) und als Kohlenstoffdioxid identifiziert.

Experiment 3 kann optional (z.B. durch schnellere Gruppen) durchgeführt werden. Hier soll gezeigt werden, dass in der entstehenden Lösung kein Kalk mehr vorhanden ist. Der Rückstand nach dem Eindampfen (Calciumacetat) zeigt nicht mehr dasselbe Verhalten wie der Kalk in Experiment 1 und 2.

Dass es sich beim Einwirken von Essigessenz (und anderen sauren Lösungen) auf Kalk nicht um einen physikalischen Lösungsvorgang handelt, sondern um eine chemische Reaktion, kann also dadurch belegt werden, dass zwei neue Stoffe entstehen: das Gas Kohlenstoffdioxid (Experiment 2) und der (gelöste) neue Feststoff (Experiment 3: Calciumacetat).

Erläuterungen M II – 00

Saure Lösung am Beispiel eines Badreinigers (Seite 2 von 3)

Die **Auswertung der Versuche** kann in verschiedenen Anspruchsstufen erfolgen:

1. Neben der phänomenologischen Betrachtung (säurehaltige Badreiniger lösen Kalk auf, Wasser vermag dies nicht) kann die stattfindende **chemische Reaktion** erörtert werden anhand einer Wortgleichung (Reaktionsschema):

   Säure-Lösung (aq) + Kalk (s) → Kohlenstoffdioxid (g) + Wasser (l) + Salz (aq)

   und **begründet** werden mit dem Auftreten neuer Stoffe: Kohlenstoffdioxid-Gas (vgl. Experiment 2) sowie ggf. Calciumacetat (vgl. Experiment 3).

2. Die Vorgänge können aber auch anhand einer Reaktionsgleichung verdeutlicht werden:

   $$2\ CH_3COO\mathbf{H}\ (aq) + CaCO_3\ (s) \rightarrow CO_2\ (g)\uparrow + H_2O\ (l) + Ca(CH_3COO)_2\ (aq)$$

   Hier sollte an die Erkenntnisse aus Modul I angeknüpft werden, dass alle Säure-Moleküle als *strukturelle Gemeinsamkeit* ein „spezielles" Wasserstoff-Atom enthalten, das – wie nun hier gezeigt wird – an der typischen Reaktion teilnimmt.

3. Diese Erkenntnis kann auf zwei Arten vertieft werden:
   a. An dieser Stelle kann eingeführt werden, dass die „speziellen" Wasserstoff-Atome als *Proton abgespaltet* werden können (Arrhenius-Definition).

   $$CH_3COOH\ (aq) \rightarrow CH_3COO^-\ (aq) + \mathbf{H^+\ (aq)}$$

   $$2\ H^+\ (aq) + CaCO_3\ (s) \rightarrow CO_2\ (g)\uparrow + H_2O\ (l) + Ca^{2+}\ (aq)$$

   b. Es könnte auch sogar die Brönsted-Theorie eingeführt werden, also betont werden, dass das abgespaltene Proton auf ein Wasser-Molekül übertragen wird, wodurch Oxonium-Ionen (vgl. Arbeitsblatt zur Zunge in Modul I) entstehen, die dann wiederum die saure Wirkung hervorrufen.

   $$CH_3COOH\ (aq) + H_2O\ (l) \rightarrow CH_3COO^-\ (aq) + \mathbf{H_3O^+\ (aq)}$$

   $$2\ H_3O^+\ (aq) + CaCO_3\ (s) \rightarrow CO_2\ (g)\uparrow + 3\ H_2O\ (l) + Ca^{2+}\ (aq)$$

Die Brönsted-Theorie wird für die Sekundarstufe I häufig als zu komplex angesehen und daher nicht empfohlen. Andererseits kann man die alkalische Wirkung von Ammoniak in Wasser, die sich in jedem Schulbuch findet, nur mit ihrer Hilfe sinnvoll deuten. Sie dann auch konsequent bereits auf die Säuren anzuwenden, statt den Schülerinnen und Schülern „verschiedene" Erklärungen zu liefern, erscheint dem Verfasser stringenter.

Erläuterungen M II – 00 — Saure Lösung am Beispiel eines Badreinigers (Seite 3 von 3)

Leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler können optional die Funktionsweise des Kohlenstoffdioxid-Nachweises mittels Kalkwasserprobe recherchieren:

$$CO_2\,(g) + Ca(OH)_2\,(aq) \rightarrow CaCO_3\,(s)\downarrow + H_2O\,(l)$$

M II – 02 Vorsicht mit den Armaturen!?

In dieser Station geht es um die Wirkung von sauren Lösungen auf Metalle. Im Kontext der Badreinigung soll getestet werden, welche Metalloberflächen nicht mit dem Badreiniger (hier: Essigessenz) behandelt werden dürfen. Als Einstieg kann der Warnhinweis auf einem Bad-Reiniger dienen: „Nicht auf säureempfindlichen Armaturen und Oberflächen anwenden“. Dieser kann beispielsweise zunächst als Folie präsentiert und diskutiert werden.

Auf Basis der Versuchsergebnisse wird die Einteilung in „unedle“ (Reagieren mit Säure) und „edle“ (reagieren nicht mit Säure) **Metalle** vorgenommen.

$$2\,CH_3COO\mathbf{H}\,(aq) + Mg\,(s) \rightarrow Mg(CH_3COO)_2\,(aq) + \mathbf{H_2}\,(g)\uparrow$$

Hier kann – je nach Vorwissen der Schülerinnen und Schüler bzw. gewünschter Tiefe der Deutung – die Auswertung auch auf Basis einer Ionengleichung (Elektronenübertragung) stattfinden:

Reduktion: + 2e⁻

$$2\,H^+\,(aq) + Mg\,(s) \rightarrow Mg^{2+}\,(aq) + \mathbf{H_2}\,(g)\uparrow$$

Oxidation: - 2 e⁻

M II – 03 Spielereien mit Säure und Kalk bzw. Natron

Die Station kann bei genügend großen Zeitkontingenten optional eingesetzt werden, um weitere Anwendungen von Säuren zu zeigen, bei der die Kohlenstoffdioxid-Freisetzung keine Nebenerscheinung, sondern ein gewünschter Effekt ist: Brausepulver und CO_2-Rakete bzw. -Kanone.

Damit es im Bad wieder blitzt und blinkt... Saure Lösungen (Reiniger)
M II – 01 (Seite 1 von 4)

Kalk (Pulver o.), Kalkwasser, Badreiniger A (auf Zitronensäure-Basis), Badreiniger B (auf Essigsäure-Basis), Speiseessig, Essigessenz (25% Essigsäure), destilliertes Wasser				Flüssigkeiten im Ausguss Feststoffe in den Hausmüll			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen	

Infotext

Im Badezimmer – gerade im Bereich der Dusche, der Badewanne oder des Waschbeckens – bilden sich auf Fliesen und anderen Flächen, die mit Wasser in Berührung kommen, im Laufe der Zeit weiße Schlieren und Ablagerungen: Kalk. Der Glanz der Fliesen, Keramikflächen und Wasserhähne verschwindet zunehmend. Um die Kalk-Ablagerungen zu entfernen, gibt es spezielle Bad-Reiniger. Manche Leute schwören aber auch auf das Hausmittel Essig (-essenz).

Abbildung B2.01 Kalk

Experiment 1 – Wirkung von Badreinigern auf Kalk

Geräte/Chemikalien

Chemikalien siehe oben, Löffelspatel, 5 Reagenzgläser, Reagenzglasständer

Versuchsdurchführung

1. Gib in die fünf Reagenzgläser je eine Spatelspitze Kalkpulver.
2. Fülle vier der Reagenzgläser dann bis zur Hälfte mit je einem der Badreiniger-Lösungen, Speiseessig bzw. Essigessenz.
   In das fünfte Reagenzglas wird bis zur Hälfte destilliertes Wasser gefüllt (es dient zum Vergleich).
3. Beobachte und fertige ein Versuchsprotokoll an.

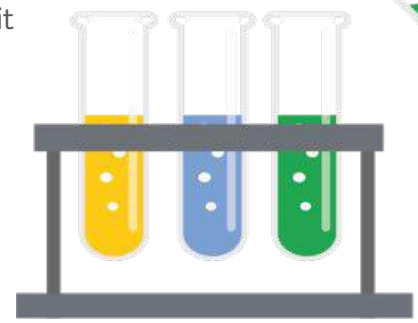


Abbildung B2.02 Aufbau

Damit es im Bad wieder blitzt und blinkt... **Saure Lösungen (Reiniger)**
M II – 01 **(Seite 2 von 4)**

Experiment 2 – Nachweis des entstandenen Gases

Geräte/Chemikalien

Essigessenz, Kalkwasser, Löffelspatel, 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, durchbohrter Stopfen, Winkelglasrohr

Versuchsdurchführung

1. Fülle das erste Reagenzglas zu einem Drittel mit Kalkwasser. Lege das Winkelrohr bereit (ggf. durchbohrten Stopfen aufstecken).
2. Gib einen Spatel Kalk in das zweite Reagenzglas. Fülle dann zu einem Drittel mit Essigessenz auf.
3. Verschließe das zweite Reagenzglas **sofort** mit dem durchbohrten Stopfen und leite das entstehende Gas mit Hilfe des Winkelrohrs in das Kalkwasser im ersten Reagenzglas.
4. Beobachte und fertige ein Versuchsprotokoll an.

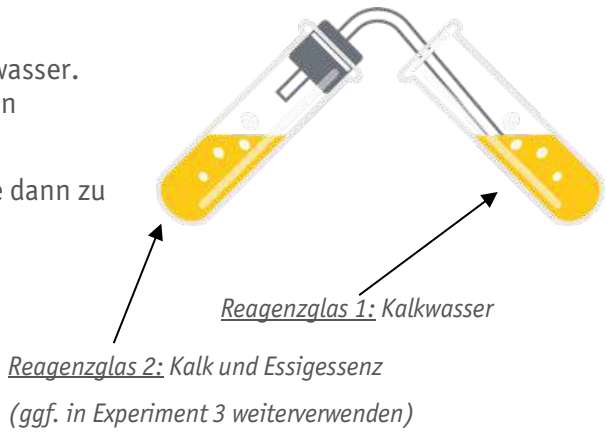


Abbildung B2.03 Gas untersuchen

Experiment 3 (optional) – Untersuchung der entstandenen Lösung

Geräte/Chemikalien

Lösung in Reagenzglas 2 aus Experiment 2 (Kalk in Essigessenz), Essigessenz, Filter, Trichter, kleines Becherglas, Löffel, Kerze

Versuchsdurchführung

1. Filtriere die Lösung (bzw. Suspension) aus Reagenzglas 2 (Experiment 2; s.o.) in ein kleines Becherglas.
2. Gib ein wenig der klaren, filtrierten Lösung auf einen Löffel und erhitze ihn vorsichtig über der Kerzenflamme, bis das Wasser verdampft ist.
3. **Lass den Löffel abkühlen**! Betrachte den Rückstand. Teste dann, ob es sich dabei um Kalk handelt, indem du ein paar Tropfen Essigessenz hinzu gibst (Aufschäumen?).
4. Beobachte und fertige ein Versuchsprotokoll an. Überlege, ob es sich beim Einwirken von Essigessenz auf Kalk um einen reinen physikalischen Lösungsvorgang handelt oder um eine chemische Reaktion. Begründe!

Abbildung B2.04
Rückstand untersuchen

Damit es im Bad wieder blitzt und blinkt... Saure Lösungen (Reiniger)
M II – 01 (Seite 3 von 4)

Arbeitsaufträge

1. Begründe, in welchen Reagenzgläsern in Experiment 1 eine Reaktion stattfindet.
2.
   a. Stelle ein Reaktionsschema (Wortgleichung) für die Reaktion der Essigsäure auf. Neben dem Gas (welches ist das?) entsteht Wasser und ein Salz.
   b. Stelle eine Reaktionsgleichung (mit Formeln) für die Reaktion der Essigsäure auf.
3. Begründe, ob es sich beim Einwirken von Essigessenz auf Kalk um einen reinen physikalischen Lösungsvorgang handelt oder um eine chemische Reaktion.

Beobachtungen

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Erklärung/Deutung

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Damit es im Bad wieder blitzt und blinkt... M II – 01

Saure Lösungen (Reiniger) (Seite 4 von 4)

1. Tipp zu Aufgabe 3: Mit der Kalkwasser-Probe (Experiment 2) weist man das Gas Kohlenstoffdioxid (CO_2) nach.

2. Tipp zu Aufgabe 3: In drei der Reagenzgläser befinden sich Lösungen, die Essigsäure enthalten.
Ihre Molekülformel lautet: CH_3COOH.
Für die saure Wirkung ist das H-Atom aus der COO**H**-Gruppe verantwortlich. Es wird bei der Reaktion als Proton (H^+) abgespalten und umgewandelt in ein Wasser-Molekül (H_2O). Der Säure-Rest bildet mit dem Calcium-Ion aus dem Kalk ($Ca^{2+}CO_3^{2-}$) ein Salz (Calciumacetat).
Des Weiteren entsteht das nachgewiesene Gas.

3. Tipp zu Aufgabe 3: Die Reaktionsgleichung lautet:

____ CH_3COO**H** (aq) + _____ (s)

→ _____ (g)↑ + _____ (l) + $Ca(CH_3COO)_2$ (aq)

Tipp zu Aufgabe 4: Überlege, ob sich das Reaktionsprodukt aus Experiment 2 nach dem Eindampfen genauso verhält wie das Kalkpulver in Experiment 1.

Damit es im Bad wieder blitzt und blinkt... Saure Lösungen (Reiniger)
M II – 01 (Lösung)

Beobachtungen

Experiment 1

In den Reagenzgläsern mit den sauren Badreinigern, dem Speiseessig sowie der Essigessenz ist eine Gasentwicklung am Kalk zu erkennen.

In dem Reagenzglas mit der Essigessenz ist die Gasentwicklung am heftigsten, in dem mit dem Speiseeesig am schwächsten.

Experiment 2

Im Reagenzglas 2 ist wieder die Gasentwicklung zu sehen (vgl. Experiment 1: Essigessenz). In Reagenzglas 1 trübt sich das Kalkwasser zunehmend.

Experiment 3

Nach dem Eindampfen ist ein weißer pulvriger Rückstand auf dem Löffel zu erkennen.

Tropft man (nach dem Erkalten!) etwas Essigessenz auf den Rückstand, so löst sich dieser. Es ist jedoch kein Aufschäumen zu erkennen.

Erklärung/Deutung

Experiment 1, 2 und ggf. 3

Hinweis

Vergleiche auch den didaktischen Kommentar zu Modul II.

Aufgabe 3a

Säure-Lösung (aq) + Kalk (s) → Kohlenstoffdioxid (g) + Wasser (l) + Salz (aq)

Das Kohlenstoffdioxid wird durch die Kalkwasserprobe nachgewiesen.

Aufgabe 3b

$2\ CH_3COO\mathbf{H}\ (aq) + CaCO_3\ (s) \rightarrow CO_2\ (g)\uparrow + H_2O\ (l) + Ca(CH_3COO)_2\ (aq)$

Aufgabe 4

Wäre das Auflösen des Kalks nur ein physikalischer Vorgang, so müsste er durch Eindampfen der Lösung rückgängig zu machen sein. Der Rückstand nach dem Eindampfen löst sich aber nicht unter Aufschäumen in Essigessenz. Es kann also kein Kalk sein. Folglich muss es ein neuer Stoff sein, der durch chemische Reaktion entstand.

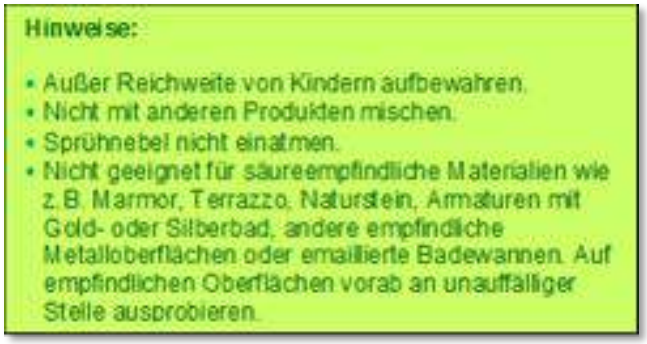
Vorsicht mit den Armaturen!?
M II – 02

Saure Lösungen (Reiniger)
(Seite 1 von 4)

Essigessenz (25% Essigsäure): **Gefahr!** ätzend, Magnesiumband: **Achtung!** entzündlich, Zink-Pulver/-Späne: **Achtung!** entzündlich, umweltgefährlich, Eisen-Pulver/-Späne: **Gefahr!** entzündlich, Kupfer-Pulver/-Späne: **Achtung!** entzündlich, umweltgef.	Flüssigkeiten im Ausguss Feststoffe im Hausmüll Zink, Kupfer: Sammelgefäß	Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen

Infotext

Auf den Etiketten von Badreinigern findet man Hinweise zum richtigen Gebrauch; unter anderem auch (sinngemäß) die folgende Warnung: „Reiniger nicht auf säureempfindlichen Armaturen und Oberflächen anwenden." Früher wurden Wasserhähne aus Kupfer oder Messing (eine Kupfer-Legierung) gefertigt. Heute gibt es diese dekorativen „nostalgischen" Armaturen noch immer, meist kommen aber chrombeschichtete Hähne zum Einsatz. Im Folgenden sollst du untersuchen, welche Metalle säureunempfindlich sind und sich daher als Werkstoff eignen würden.


Hinweise:

- Außer Reichweite von Kindern aufbewahren.
- Nicht mit anderen Produkten mischen.
- Sprühnebel nicht einatmen.
- Nicht geeignet für säureempfindliche Materialien wie z.B. Marmor, Terrazzo, Naturstein, Armaturen mit Gold- oder Silberbad, andere empfindliche Metalloberflächen oder emaillierte Badewannen. Auf empfindlichen Oberflächen vorab an unauffälliger Stelle ausprobieren.

Abbildung B2.05 Beispiel für ein Etikett

Experiment 1 – Wirkung von Essigsäure-Lösung auf verschiedene Metalle

Geräte/Chemikalien

Chemikalien siehe oben, Löffelspatel, 4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer

Versuchsdurchführung

1. Gib in die vier Reagenzgläser je eine Spatelspitze der verschiedenen Metalle
2. (bzw. 1 cm Magnesiumband).
3. Fülle die vier Reagenzgläser dann bis zu einem Drittel mit Essigessenz und beobachte.

Vorsicht mit den Armaturen!? M II – 02

Saure Lösungen (Reiniger) (Seite 2 von 4)

Experiment 2 – Nachweis des entstandenen Gases

Geräte/Chemikalien

Essigessenz, Magnesiumband, 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, durchbohrter Stopfen mit Glaspipette, Streichholz

Versuchsdurchführung

1. Gib 4 cm Magnesiumband in das erste Reagenzglas. Fülle das Reagenzglas zur Hälfte mit Essigessenz auf. Verschließe es sofort mit dem durchbohrten Stopfen mit der Glas-Pipette.
2. Stülpe das zweite Reagenzglas über die Öffnung der Pipette. Fange das entstehende Gas circa 2 Minuten lang auf.
3. Zieh das obere Reagenzglas dann vorsichtig und senkrecht von der Pipette und verschließe es sofort mit dem Daumen.
4. Entzünde ein Streichholz. Bring die Öffnung des Reagenzglases in die Nähe der Flamme und nimm den Daumen weg.

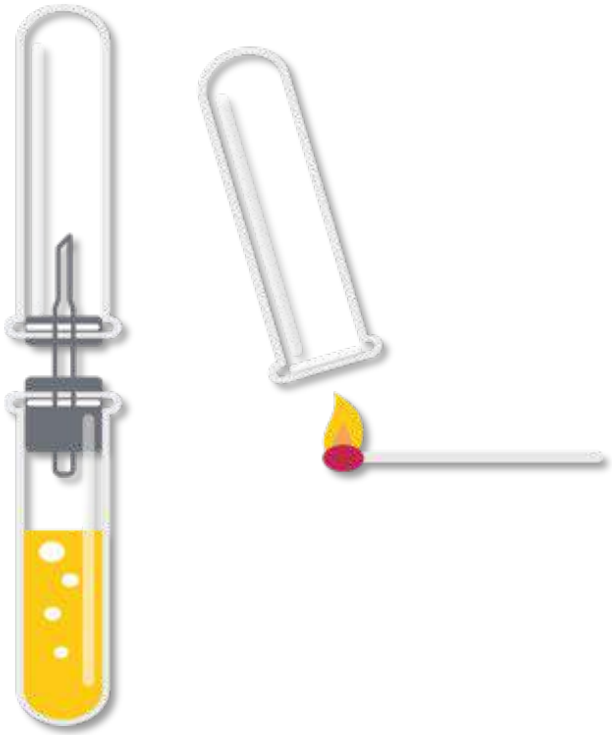


Abbildung B2.06 Gas entzünden

Arbeitsaufträge

1. Protokolliere deine Beobachtungen.
2. Bring die untersuchten Metalle in eine Reihenfolge hinsichtlich ihrer Reaktivität gegenüber Essigsäure.
   a. Stelle die Reaktionsgleichung auf für die Reaktion von Essigsäure (CH_3COOH) mit Magnesium.
   b. Zeige anhand einer Reaktionsgleichung (oder zweier Teilgleichungen), dass es sich bei der Reaktion der Protonen (H^+) aus der sauren Lösung mit den Metall-Atomen des Magensiums um eine Redoxreaktion handelt.
3. Ergänze die Merksätze unter dem Punkt „Erklärung/Deutung“. Gib auch weitere Beispiele für Metalle an, die in die beiden Kategorien passen.

Vorsicht mit den Armaturen!?
M II – 02

Saure Lösungen (Reiniger)
(Seite 3 von 4)

Beobachtungen

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Erklärung/Deutung

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Nach ihrer Reaktivität gegenüber Säuren teilt man die Metalle in zwei Gruppen:

a. _____Metalle (z.B. _____)
reagieren mit sauren Lösungen. Dabei bildet sich _____-Gas.

b. _____Metalle reagieren nicht mit Säuren. Beispiele sind:

_____

Vorsicht mit den Armaturen!?
M II – 02 (abgestufte Lernhilfen)

Saure Lösungen (Reiniger)
(Seite 4 von 4)

1. Tipp zu Aufgabe 3a: Neben dem brennbaren Gas (welches ist das?) entsteht noch das Salz Magnesiumacetat. Hier ist ein Magnesium-Ion jeweils mit zwei Acetat-Ionen (Säurerest-Ionen der Essigsäure) gebunden.

2. Tipp zu Aufgabe 3a:

Das brennbare Gas ist Wasserstoff (H_2).

1. Tipp zu Aufgabe 3b:

Welches Ion entsteht aus einem Magnesium-Atom, wenn man die Außenelektronen entfernt? Das Periodensystem hilft dir!

Überlege: Ist die Wegnahme der Elektronen der *Oxidations*- oder der *Reduktions*vorgang bei der Redox-Reaktion?

2. Tipp zu Aufgabe 3b:

Oxidation (Elektronenabgabe):

$$_____\ (s) \rightarrow Mg^{2+}\ (aq) + _____\ e^-$$

Reduktion (Elektronenaufnahme):

$$_____\ H^+\ (aq) + _____\ e^- \rightarrow H_2\ (g)$$

Vorsicht mit den Armaturen!? **Saure Lösungen (Reiniger)**
M II – 02 (Lösung)

Beobachtungen

Experiment 1

Im Reagenzglas mit Kupfer ist keine Veränderung zu beobachten. In den drei anderen Reagenzgläsern ist eine unterschiedlich starke Gasentwicklung zu erkennen. Am Magnesiumband sind viele kleine Bläschen zu sehen. Das Zinkpulver wird durch kleine Bläschen schwammartig aufgebläht. Beim Eisen zeigt sich nur eine geringe Gasentwicklung.

Experiment 2

Das im unteren Reagenzglas entstehende Gas wird im oberen Reagenzglas aufgefangen. Wenn man dieses dann an eine Flamme hält, so sieht man eine kleine Stichflamme am Streichholz und man hört ein „plopp"-Geräusch.

Erklärung/Deutung

Die Metalle reagieren unterschiedlich stark mit der Essigessenz. Magnesium reagiert am stärksten. Es folgen Zink und Eisen. Kupfer reagiert überhaupt nicht.

Magnesium > Zink > Eisen >> Kupfer

Reaktion der Essigsäure mit Magnesium:

$$2\ CH_3COO\mathbf{H}\ (aq) + Mg\ (s) \rightarrow Mg(CH_3COO)_2\ (aq) + \mathbf{H_2}\ (g)\uparrow$$

Redoxreaktion zwischen den Protonen der sauren Lösung und den Metall-Atomen:

Reduktion: + 2e⁻

$$2\ H^+\ (aq) + Mg\ (s) \rightarrow Mg^{2+}\ (aq) + \mathbf{H_2}\ (g)\uparrow$$

Oxidation: - 2 e⁻

bzw.

Oxidation: $Mg\ (s) \rightarrow Mg^{2+}\ (aq) + 2\ e^-$

Reduktion: $2\ H^+\ (aq) + 2\ e^- \rightarrow H_2\ (g)$

Spielereien mit Säure und Natron
M II – 03

Saure Lösungen (Reiniger)
(Seite 1 von 2)

Essigessenz (25% Essigsäure): **Gefahr!** ätzend, Kalk, destilliertes Wasser **Lebensmittel:** Natron (Natriumhydrogencarbonat), Citronensäure, Haushaltszucker, eventuell: Orangen-Aromazucker				Flüssigkeiten im Ausguss Feststoffe im Hausmüll			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen	

Infotext

Wie du bereits weißt, wird bei der Reaktion von Kalk (Calciumcarbonat $CaCO_3$) mit sauren Lösungen das Gas Kohlenstoffdioxid freigesetzt. Chemisch verwandt mit dem Kalk ist das Natron (Natriumhydrogencarbonat $NaHCO_3$), das man als Backtriebmittel bzw. universelles Hausmittel problemlos im Supermarkt bekommt. Bringt man es mit sauren Lösungen zusammen, so setzt es ebenfalls Kohlenstoffdioxid frei. Für eine beliebige Säure kann man angeben:

$$NaHCO_3\,(s) + \text{„}\textit{Säure}\text{“}\,(aq) \rightarrow CO_2\,(g)\uparrow + H_2O\,(l) + \text{„}\textit{Na - Säurerest}\text{“}\,(aq)$$

Experiment 1 – Was prickelt da in der Brause?

Geräte/Chemikalien

Chemikalien siehe oben, Löffelspatel, 6 – 9 Reagenzgläser, Reagenzglasständer

Versuchsdurchführung

1. Gib in vier Reagenzgläser je eine Spatelspitze der folgenden Proben: Natron, Citronensäure, Haushaltszucker bzw. Aromazucker.
2. Fülle die vier Reagenzgläser dann bis zu Dreiviertel mit destilliertem Wasser.
3. Nimm nun die noch leeren Reagenzgläser und schütte jeweils *ein wenig* von zwei der Lösungen zu gleichen Teilen zusammen. Teste auf diese Weise alle möglichen Kombinationen gemäß der folgenden Tabelle.

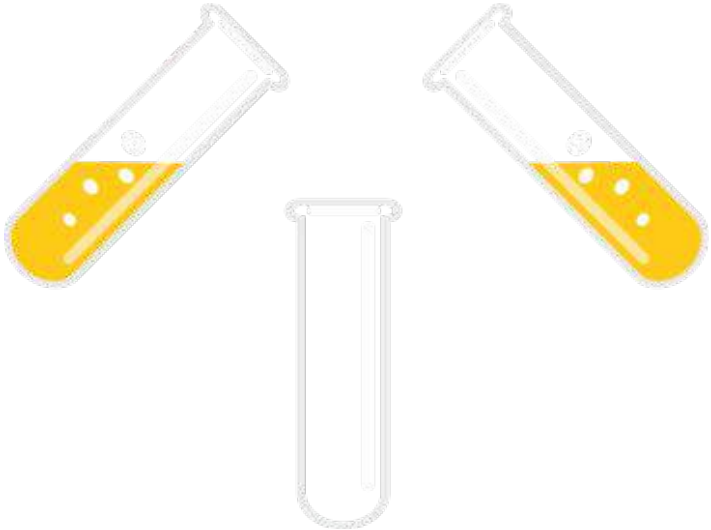


Abbildung B2.07 Aufbau

Spielereien mit Säure und Natron
M II – 03

Saure Lösungen (Reiniger)
(Seite 2 von 2)

Kombination von... mit...	Zucker-Lösung	(Aromazucker-Lösung)	Citronensäure-Lösung
Natron-Lösung			
Zucker-Lösung			
(Aromazucker-Lösung)			

Tabelle B2.01 Mögliche Kombinationen

Brausepulver-Rezept

(für zu Hause!)

- 1 Teelöffel Natron
- 2 Teelöffel Citronensäure
- 6 Teelöffel Zucker
- etwas Orangen-Aromazucker

Zutaten in einem Glas (trocken) vermischen. Je nach Geschmack 1-2 Teelöffel in einem Glas Wasser auflösen.

Abbildung B2.08 Brausepulver-Rezept

Experiment 2 – Die CO_2-Rakete/-Kanone

Geräte/Chemikalien

Essig (5%), Natron, Schnappdeckel-Döschen (für die „Rakete"; z.B. altes Filmdöschen) bzw. leere Brausetabletten-Dose (für die „Kanone"), Küchenpapier, Unterlage (z.B. stabiler Teller), Streichholz

Versuchsdurchführung

1. Gib einen Teelöffel Natron (oder Backpulver) in das Filmdöschen. Decke das Pulver mit einem kleinen Stück Küchenpapier ab.
2. Füge einen Teelöffel Essig (5% Säure) hinzu, verschließe das Döschen *sofort* mit dem Deckel, schüttle ein paar Mal um und stell das Döschen mit dem Deckel nach unten auf die Unterlage. **Achtung! Zurücktreten!**
3. Alternative (*Kanone*)
   Statt des Filmdöschens nimmst du eine leere Brausetablettendose. Mit Hilfe des entstehenden Gases lässt sich der Deckel *abschießen*. **Vorsicht! Öffnung/Deckel nicht auf Andere richten!**

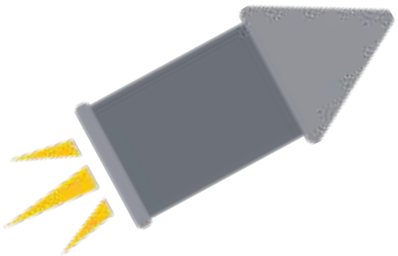


Abbildung B2.09 CO_2-Rakete

Abbildung B2.10 CO_2-Kanone

Arbeitsaufträge

1. Protokolliere deine Beobachtungen (nutze dazu die Tabelle oben).
2. Fasse in eigenen Worten zusammen, wie das Sprudeln einer Brausetablette zustande kommt.

Spielereien mit Säure und Natron — Saure Lösungen (Reiniger)
M II – 03 (Lösung)

Beobachtungen

Aufgabe 1

Kombination von… mit…	Zucker-Lösung	(Aromazucker-Lösung)	Citronensäure-Lösung
Natron-Lösung	*Keine Reaktion*	*Keine Reaktion*	***Aufsprudeln***
Zucker-Lösung		*Keine Reaktion*	*Keine Reaktion*
(Aromazucker-Lösung)			*Keine Reaktion*

Tabelle B2.02 Mögliche Kombinationen (Lösung)

Erklärung/Deutung

Aufgabe 2

Es kommt erst zum Aufsprudeln, wenn Natron und eine Säure (hier: Citronensäure) in Wasser gelöst aufeinander treffen. Sie reagieren dann miteinander unter Freisetzung von Kohlenstoffdioxid-Gas.

B3. Herstellung von Säuren

Autorinnen und Autoren

Andreas Lind – Gymnasium Adolfinum, Moers

Verlauf – didaktischer Kommentar M III – 00

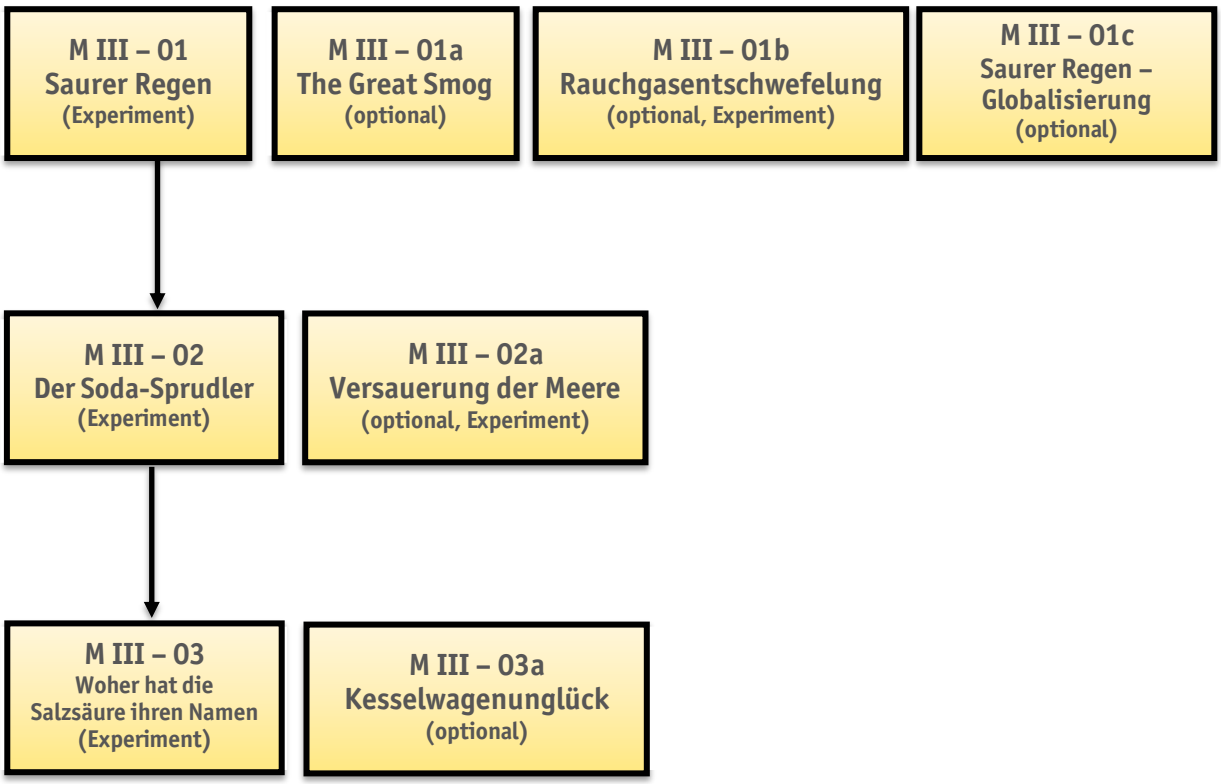
Herstellung von Säuren (Seite 1 von 3)

In diesem Modul wird die Herstellung von Wasserstoff- und Sauerstoffsäuren, letztere aus wässrigen Lösungen von Nichtmetalloxiden, eingeführt. Im folgenden Text wird exemplarisch ein möglicher Unterrichtsgang skizziert.

Das Minimalprogramm besteht aus den Stationen M III – 01 bis M III – 03 an die weiteres Material optional angedockt ist.

Die Unterrichtssequenz der ersten drei Module schließt mit einer fakultativen „Teste dein Wissen"-Station, die entweder als Lern-Leistungsüberprüfung oder Diagnosewerkzeug eingesetzt werden kann.

Pflichtstationen und die optionalen Wahlstationen



Die obere Übersicht zeigt die unterschiedlichen Pflichtstationen M III – 01 bis M III – 03 und die optionalen Wahlstationen. Sinnvoll ist sicherlich die Bearbeitung der Station M III – 01a, da hier die Schwefelsäure eingeführt wird, die dann in Station M III – 03 benutzt wird, um die Salzsäure herzustellen.

Die übrigen Stationen können für ein tiefergehendes Verständnis oder als Festigung bereits erworbenen Wissens eingesetzt werden.

Insgesamt ist es auch möglich den gesamten Modulinhalt als Stationenlernen aufzubauen, in dem Schülerinnen und Schüler eigenverantwortlich den Lernprozess gestalten können.

Erläuterung zu den Stationen M III – 00

Herstellung von Säuren (Seite 2 von 3)

M III – 01 Saurer Regen

In dieser Station stellen die Schülerinnen und Schüler erstmalig eine Säure aus einem Nichtmetall (hier: Schwefel) bzw. dem Verbrennungsprodukt (hier: Schwefeldioxid) her.

$$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$$

Die entstandene Säure (hier: Schweflige Säure H_2SO_3) wird durch Färbung eines Indikators nachgewiesen. Für leistungsstarke Lerngruppen kann die saure Reaktion der schwefligen Säure im Sinne des Spiralcurriculums thematisiert werden.

$$H_2SO_3 + H_2O \rightarrow HSO_3^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)} \text{ (Abgabe von Protonen)}$$

Im beigefügten Infotext der Station wird beispielsweise als lokale Gegenmaßnahme das Kalken der Böden angesprochen. Auch hier kann für leistungsstarke Schülergruppen das Verhalten von Säuren und Kalk erneut aufgegriffen werden.

$$CaCO_3 + H_2SO_3 \rightarrow CO_2 + H_2O + CaSO_3$$

Wünschenswert wäre sicherlich die Herstellung der Schwefelsäure, da diese in der Station M III – 03 zur Herstellung der Salzsäure benötigt wird.

In der Natur wird Schwefelsäure nach folgender Reaktion erzeugt:

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

Problematisch ist hier die Darstellung des Schwefeltrioxids.

Didaktisch reduziert kann man an dieser Stelle die Oxidation von Schwefeldioxid im Lichtbogen eines Blitzes einführen:

$$2\ SO_2 + O_2 \rightarrow 2\ SO_3$$

Der viel höhere Prozentsatz erfolgt durch Oxidation des Schwefeldioxids mit Stickstoffdioxid nach folgender Reaktionsgleichung:

$$SO_2 + NO_2 \rightarrow SO_3 + NO$$

Dieser Sachzusammenhang wird im Zusatzmaterial M III – 01a „The Great Smog“ thematisiert.

Die Freisetzung von Schwefeldioxid bzw. die Rauchgasentschwefelung werden in den Stationen M III – 01b und M III – 01c näher untersucht. Sinnvoll ist im Vorfeld das Nachweisreagenz Lugolsche Lösung und das Aufstellen von Redoxreaktionen thematisiert zu haben.

Erläuterung zu den Stationen M III – 00

Herstellung von Säuren (Seite 3 von 3)

M III – 02 Der Soda-Sprudler

Anders als in Station M III – 01 wird hier ein Nichtmetalloxid (hier: CO_2) nicht erst hergestellt, sondern direkt in Wasser gelöst. Das Ergebnis ist dasselbe, es entsteht eine Säure (hier: Kohlensäure H_2CO_3).

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$$

Durch das Erwärmen der sauren Lösung, kann die instabile Kohlensäure zerfallen und das CO_2 gast aus. Im Zusatzmaterial M III – 02a „Versauerung der Meere“ wird die obige Reaktion in einem anderen Kontext nochmals aufgegriffen.

M III – 03 Woher hat die Salzsäure ihren Namen

In dieser Station wird mit Hilfe der in Station 01 eingeführten Schwefelsäure die einfachste anorganische Wasserstoffsäure hergestellt. Die Schwefelsäure wird hier gleich an zwei Stellen eingesetzt. Zum einen dient sie zum Austreiben des Chlorwasserstoffgases zum anderen als Trocknungsmittel (Wasserentzug) des selbigen.

$$NaCl + H_2SO_4 \rightarrow HCl + NaHSO_4$$

Das Gefahrenpotential bzw. die Wirkung von Säuren auf Metalle können mit Hilfe des Materials M III – 03a „Kesselunglück“ im Sinne des Spiralcurriculums aufgegriffen und vertieft werden.

Als zusätzliche Vertiefung (hier nicht als Material aufgeführt) bietet sich die Herstellung der Phosphorsäure als Säuerungsmittel in Cola oder die Herstellung von salpetriger Säure bzw. Salpetersäure im Rahmen der Behandlung des Stickstoffkreislaufes an.

$$4\,P + 5\,O_2 \rightarrow 2\,P_2O_5$$

$$P_2O_5 + 3\,H_2O \rightarrow 2\,H_3PO_4$$

$$2\,NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$$

Die Station „Teste dein Wissen“ umfasst die Lerninhalte der ersten drei Module, sodass sichergestellt ist, dass alle Schülerinnen und Schüler den Themenkomplex „Säure“ ausreichend verstanden und verinnerlicht haben, um zum Themenkomplex „pH-Wert & Laugen“ fortzuschreiten.

Saurer Regen – Entstehung und Wirkung
M III – 01

Herstellung von Säuren
(Seite 1 von 4)

Infotext

Das Phänomen des sauren Regens ist schon seit der Antike bekannt. Schon im antiken Rom beobachtet man, dass in der Nähe von Bleiglanz (Bleisulfid, PbS) verarbeitenden Metallfabriken Bäume abstarben.

Zunächst hielt man die Schäden durch sauren Regen für lokal begrenzte Phänomene. Erst seit Ende der 1950er, Anfang der 1960er Jahre ist die Verbreitung von saurem Regen in Europa beobachtet worden. In den 1970er Jahren traten dann großflächige und vielfältige Schäden, die der saure Regen verursacht hatte, auf. In Schweden etwa waren Seen so versauert, dass sie teilweise so sauer wie Haushaltsessig waren.

Der saure Regen konnte nicht allein durch den hohen Ausstoß von Kohlenstoffdioxid entstehen, welches bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen freigesetzt wird. Verantwortlich für den sauren Charakter müssen also andere Verbindungen sein. **Welche Schadstoffe machen den Regen sauer?**

Die erste Maßnahme, die in der Geschichte gegen die Auswirkungen des sauren Regens getroffen wurde, war die Erhöhung der Schornsteine von Fabriken und Kraftwerken. Mit dem Erfolg, dass die Schadstoffe flächenmäßig weiter verteilt wurden. Daraufhin begann man, Filteranlagen in den Fabriken und Kraftwerken einzubauen. In Deutschland wurde 1983 die „Großfeuerungsanlagen Verordnungen“ zur Verringerung der Emissionen von Schadstoffen aus Kraftwerken erlassen.

Abbildung B3.01 Auswirkung des sauren Regens

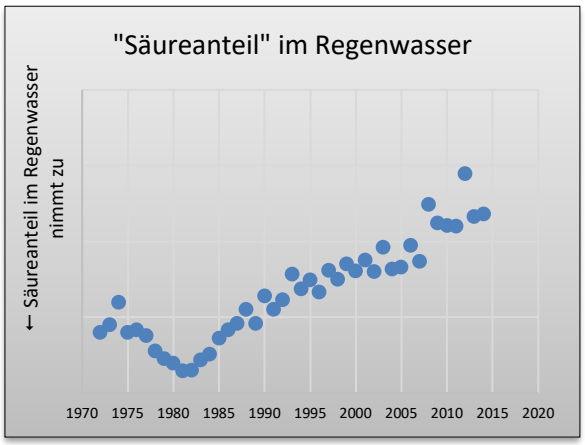


Abbildung B3.02
Entwicklung des Säureanteils im Regenwasser

Saurer Regen – Entstehung und Wirkung
M III – 01

Herstellung von Säuren
(Seite 2 von 4)

Oxid des Schwefels: **giftig, ätzend** Lösung des Schwefeloxids: **Achtung ätzend** **Unter dem Abzug arbeiten**	Flüssigkeiten im Ausguss	Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen

Geräte/Chemikalien

Porzellanschale, Gaswaschflasche, Glastrichter, Gummischläuche, Indikator, Schwefel, Wasserstrahlpumpe

Versuchsdurchführung

1. Baue die Versuchsapparatur wie untenstehend auf.
2. Befülle die Waschflasche zur Hälfte mit Wasser und einigen Tropfen eines Indikators.
3. Entzünde eine kleine Schwefelportion in der Porzellanschale.
4. Sauge die entstehenden Verbrennungsgase mit dem Trichter ab und beobachte.

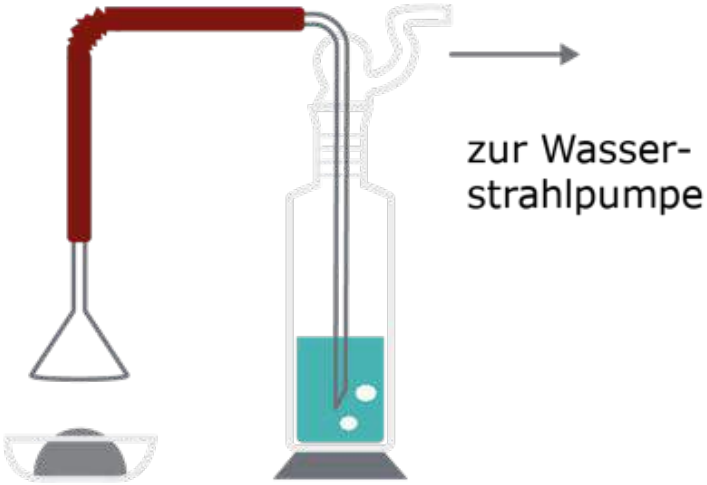


Abbildung B3.03
Modellexperiment zum sauren Regen

Arbeitsaufträge

1. Erstelle ein Versuchsprotokoll, d.h. notiere die wichtigen Beobachtungen.
2. Formuliere die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Schwefel mit Sauerstoff und benenne das Reaktionsprodukt
3. Formuliere die Reaktionsgleichung des Verbrennungsproduktes mit Wasser und benenne das Reaktionsprodukt.
4. Informiere dich mit Hilfe des Infotextes „Saurer Regen – Enstehung und Wirkung“ über den sauren Regen. Beantworte die festgedruckte Fragestellung.
5. Erläutere den Kurvenverlauf in Abbildung B3.02
6. Recherchiere, welche weiteren Schadstoffe zur Versauerung des Regens führen.

Saurer Regen – Entstehung und Wirkung
M III – 01

Beobachtungen

Erklärung/Deutung

Saurer Regen – Entstehung und Wirkung
M III – 01 (abgestufte Lernhilfen)

Herstellung von Säuren
(Seite 4 von 4)

Schwefel und Sauerstoffmoleküle reagieren im Verhältnis 1:1

Wasser und Schwefeldioxid reagieren miteinander im Verhältnis 1:1

H_2SO_3

Das Reaktionsprodukt ist schwefelige Säure, nicht Schwefelsäure.

Saurer Regen – Entstehung und Wirkung
M III – 01 (Lösung)

Herstellung von Säuren
(Seite 1 von 2)

Geräte/Chemikalien

Porzellanschale, Gaswaschflasche, Glastrichter, Gummischläuche, Indikator, Schwefel, Wasserstrahlpumpe

Versuchsdurchführung

1. Baue die Versuchsapparatur wie untenstehend auf.
2. Befülle die Waschflasche zur Hälfte mit Wasser und einigen Tropfen eines Indikators.
3. Entzünde eine kleine Schwefelportion in der Porzellanschale.
4. Sauge die entstehenden Verbrennungsgase mit dem Trichter ab und beobachte.

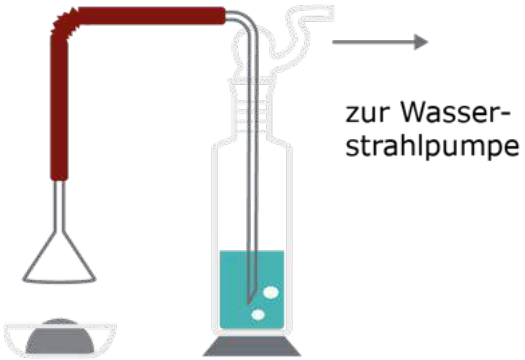


Abbildung B3.04
Modellexperiment zum sauren Regen

Arbeitsaufträge

1. Erstelle ein Versuchsprotokoll, d.h. notiere die wichtigen Beobachtungen.
2. Formuliere die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Schwefel mit Sauerstoff und benenne das Reaktionsprodukt.
3. Formuliere die Reaktionsgleichung des Verbrennungsproduktes mit Wasser und benenne das Reaktionsprodukt.
4. Informiere dich mit Hilfe des Infotextes „Saurer Regen – Enstehung und Wirkung“ über den sauren Regen. Beantworte die festgedruckte Fragestellung.
5. Erläutere den Kurvenverlauf in Abbildung B3.02.
6. Recherchiere, welche weiteren Schadstoffe zur Versauerung des Regens führen.

Beobachungen

1. Der Schwefel verbrennt mit schwach bläulicher Flamme.
2. Es entsteht ein weißer Rauch.
3. Die Indikatorlösung in der Waschflasche ändert die Farbe (Farbbenennung entsprechend des Indikators).

Reaktionsgleichungen

Verbrennung von Schwefel: $S + O_2 \rightarrow SO_2$ (Schwefeldioxid)

Reaktion mit Wasser: $SO_2 + H_2O \rightarrow \underbrace{H_2SO_3}_{2\,H^+ + SO_3^{2-}}$ (Schweflige Säure)

Saurer Regen – Entstehung und Wirkung
M III – 01 (Lösung)

Herstellung von Säuren
(Seite 2 von 2)

Das entstandene Schwefeldioxid (SO_2) reagiert mit dem Regenwasser (H_2O) zu schwefliger Säure (H_2SO_3), welche für den sauren Charakter des Regens verantwortlich ist.

$$H_2SO_3 + H_2O \rightarrow HSO_3^- + H_3O^+ \text{ (Nachweis der Oxoniumionen mit Flüssigindikator)}$$

Abbildung B3.05 Entwicklung des Säureanteils im Regenwasser

Im Diagramm erkennt man, dass der Säureanteil bis 1983 stetig zunimmt, dies liegt daran, dass mehr und mehr Schwefeldioxid durch Verbrennung von fossilen Brennstoffen letztendlich zu schwefliger Säure umgesetzt wird.

Mit der Verordnung für Großfeueranlagen konnte der Ausstoß von Schwefeloxiden deutlich reduziert werden, sodass der Säureanteil im Regenwasser zurückging.

Neben der Emission von Schwefeldioxid (SO_2) spielt die Emission von Stickoxiden wie Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2) eine wichtige Rolle bei der Entstehung von saurem Regen.

Hierbei laufen folgende Reaktionen ab:

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2\ NO \text{ (Stickstoffmonoxid)}$$

$$2\ NO + O_2 \rightarrow NO_2 \text{ (Stickstoffmonoxid)}$$

$$2\ NO_2 + H_2O \rightarrow \underbrace{HNO_2}_{H^+ + NO_2^-} + \underbrace{HNO_3}_{H^+ + NO_3^-} \text{ (salpetrige Säure und Salpetersäure)}$$

The Great Smog
M III – 01a

Herstellung von Säuren
(Seite 1 von 3)

Infotext

Ursachen des Londoner Todesnebels endlich aufgeklärt

Im Dezember 1952 starben im dichten Londoner Nebel etwa 12.000 Menschen. Forscher decken auf, wie die tödlichen Wetterbedingungen entstanden.

Zunächst beachtete die Londoner Bevölkerung den am 5. Dezember 1952 aufziehenden Nebel nicht weiter. Doch schon am nächsten Tag änderte sich das, als man in den immer dichter werdenden Schwaden kaum einen Meter weit sehen konnte. Menschen begannen zu husten und auf den städtischen Viehmärkten brachen Kühe zusammen. Immer mehr Menschen mit massiven Atemproblemen erreichten die Krankenhäuser. Insgesamt hielt sich die Wettersituation etwa 4 Tage, bis starker Wind den Nebel vertrieb. Es starben Tausende an Verätzungen der Lunge - in den folgenden Monaten starben tausende Weitere. Schätzungen zufolge sollen insgesamt etwa 12.000 Menschen dem Nebel zum Opfer gefallen sein.

Jetzt berichten die Wissenschaftler um Gehui Wanga von der Chinese Academy of Sciences im Magazin "Proceedings of the National Academy of Sciences", wie es zum Londoner Todesnebel kam. Dazu stellten sie die Nebelbildung in Laborexperimenten nach und identifizierten als entscheidende „Zutat“ Stickstoffdioxid.

Anfang Dezember 1952 wurde durch die Verbrennung von Braunkohle die Luft durch Schwefel- und Stickoxide (SO_2 und NO_x) angereichert, die wegen Windstille und einer Inversionswetterlage (vgl. Abbildung B3.06) wie eine schmutzige Glocke über der Stadt hingen. Dadurch erreichte immer weniger Sonnenstrahlung den Boden, so dass dieser weiter auskühlte, weshalb die Londoner immer mehr heizten und damit die Abgasmenge weiter steigerten. Die kalte Luft konnte die Feuchtigkeit immer weniger halten, so dass immer mehr in der Luft enthaltener Wasserdampf kondensierte - der Nebel wurde immer dichter. Die Wissenschaftler konnten nachweisen, dass unter den gegebenen Bedingungen unter Beteiligung von Stickstoffdioxid (NO_2) letztendlich die sehr aggressive Schwefelsäure (H_2SO_4) gebildet wurde. Stickstoffdioxid ist ein Gas, das ebenfalls bei der Verbrennung von Kohle entsteht. Die Luft war aufgrund der seltenen Wetterkonstellation besonders feucht, sodass in ihr viel Säure entstehen konnte, die die Menschen mit den Nebeltröpfchen schließlich einatmeten.

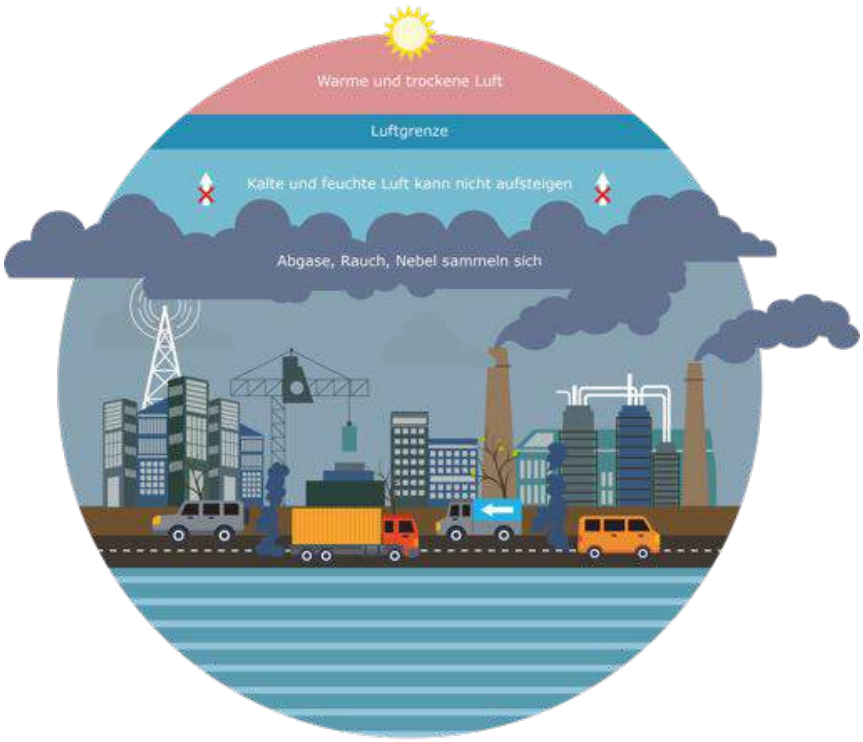


Abbildung B3.06 Inversionswetterlage

The Great Smog
M III – 01a

Herstellung von Säuren
(Seite 2 von 3)

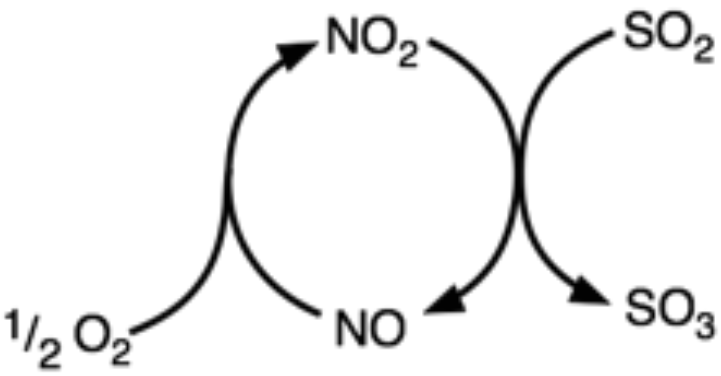


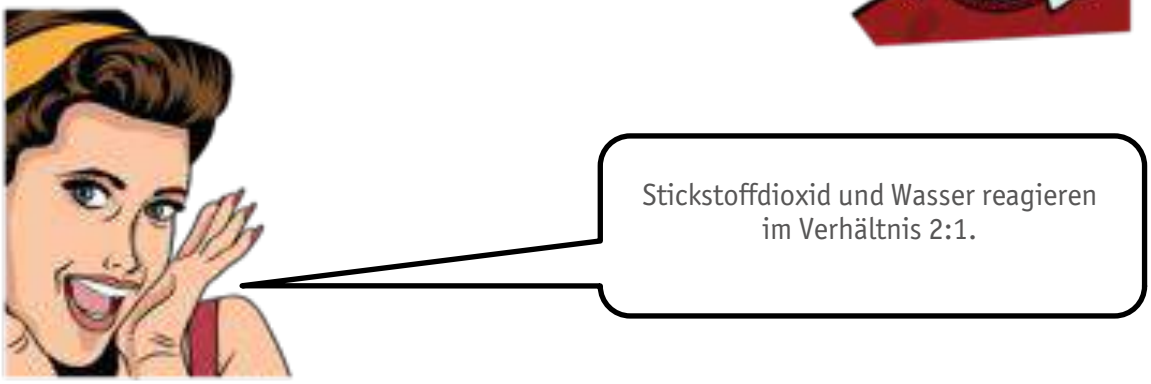
Abbildung B3.07 Entscheidende Reaktionen im Todesnebel

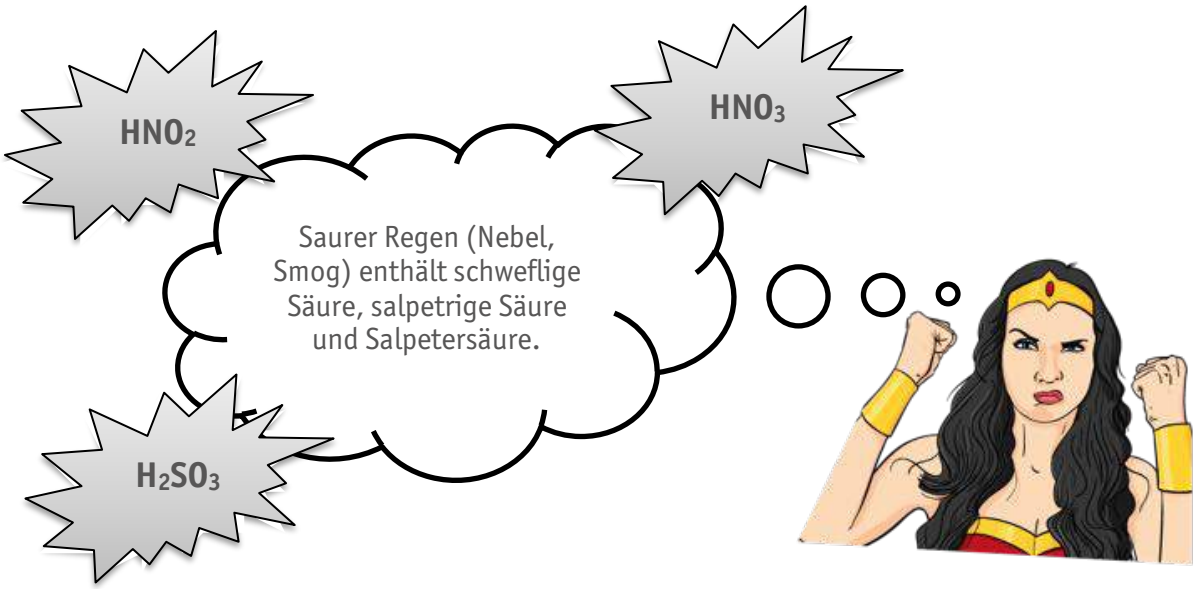
Arbeitsaufträge

1. Erstelle ein Fließschema mit den wesendlichen Prozessen, die zur Entstehung des Todesnebels in London geführt haben. (Wenn möglich mit Reaktionsgleichungen.)
2. Erläutere wieso Stickstoffdioxid die „Zutat“ für den Todesnebel ist.
3. Recherchiere, wie man mit modernen chemischen Mitteln gegen den Smog vorgehen kann.

The Great Smog
M III – 01a (abgestufte Lernhilfen)

Herstellung von Säuren
(Seite 3 von 3)





The Great Smog
M III – 01a (Lösung)

Herstellung von Säuren

Arbeitsaufträge

1. Erstelle ein Fließschema mit den wesendlichen Prozessen, die zur Entstehung des Todesnebels in London geführt haben. (Wenn möglich mit Reaktionsgleichungen.)

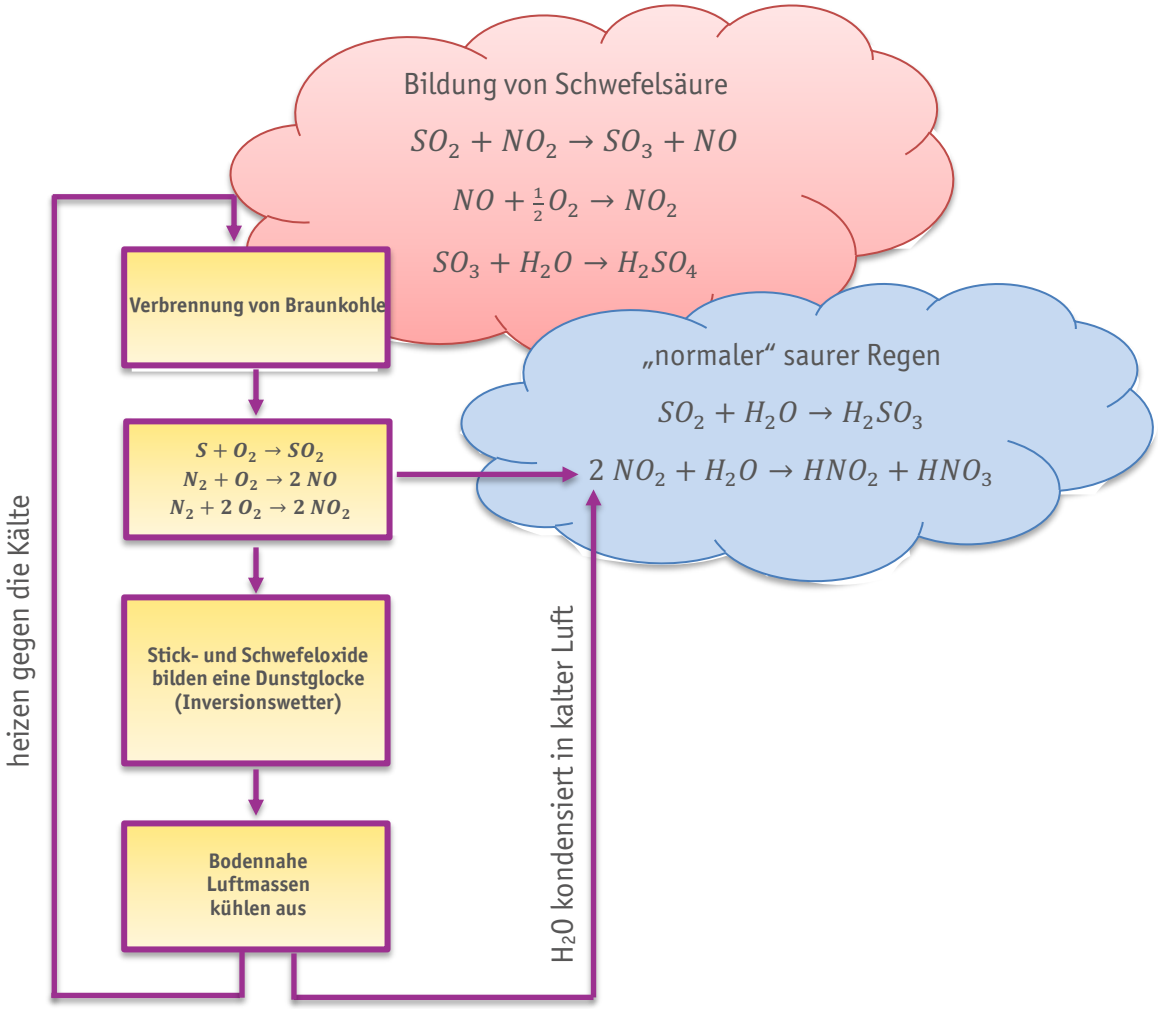


Abbildung B3.08

2. Erläutere wieso Stickstoffdioxid die „Zutat“ für den Todesnebel ist. Stickstoffdioxid katalysiert die Reaktion von Schwefeldioxid zu Schwefelsäure. Das Zwischenprodukt Stickstoffmonoxid ist schlecht wasserlöslich und kann so wieder zu Stickstoffdioxid oxidiert werden.

3. Recherchiere, wie man mit modernen chemischen Mitteln etwas gegen den Smog unternehmen kann.

In einer photochemisch katalysierten Reaktion mittels Titandioxid (TiO_2) können Stickoxide (NO_x) in die wasserlöslichen Verbindungen Nitrat (NO_3^-) und Nitrit (NO_2^-) umgewandelt werden.

Rauchgasentschwefelung
M III – 01b

Herstellung von Säuren
(Seite 1 von 4)

Infotext

Mit dem Inkrafttreten der Verordnung über „Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen“ im Jahr 1983 müssen Kraftwerke, die schwefelhaltigen fossilen Brennstoffe verbrennen, über eine Rauchgasentschwefelungsanlage (REA) verfügen. Bei den gebräuchlichsten Verfahren entsteht Gips ($CaSO_4$) oder Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_4$). Diese Endprodukte können wie der Gips in der Baustoffindustrie oder das Ammoniumsulfat bei der Düngemittelherstellung weiterverwendet werden.

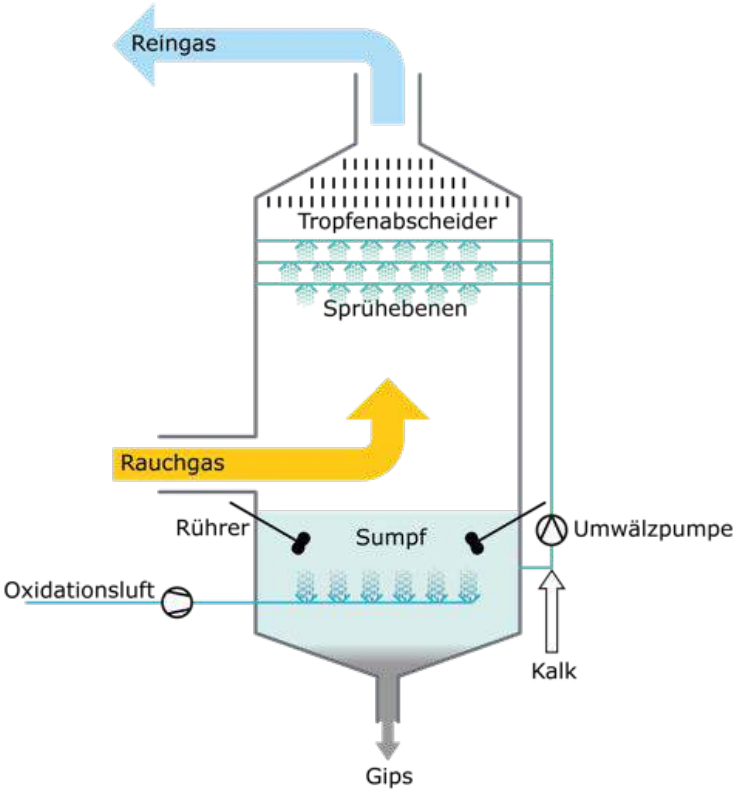


Abbildung B3.09 Schema REA

Ein zentrales Element neben dem beschlossenen Atomausstieg ist der Kohleausstieg im „Erneuerbaren-Energie-Gesetzes (EEG)“. Hier heißt es: „(...) insbesondere im Interesse des Klima- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen, die volkswirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung auch durch die Einbeziehung langfristiger externer Effekte zu verringern, fossile Energieressourcen zu schonen und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien zu fördern.“

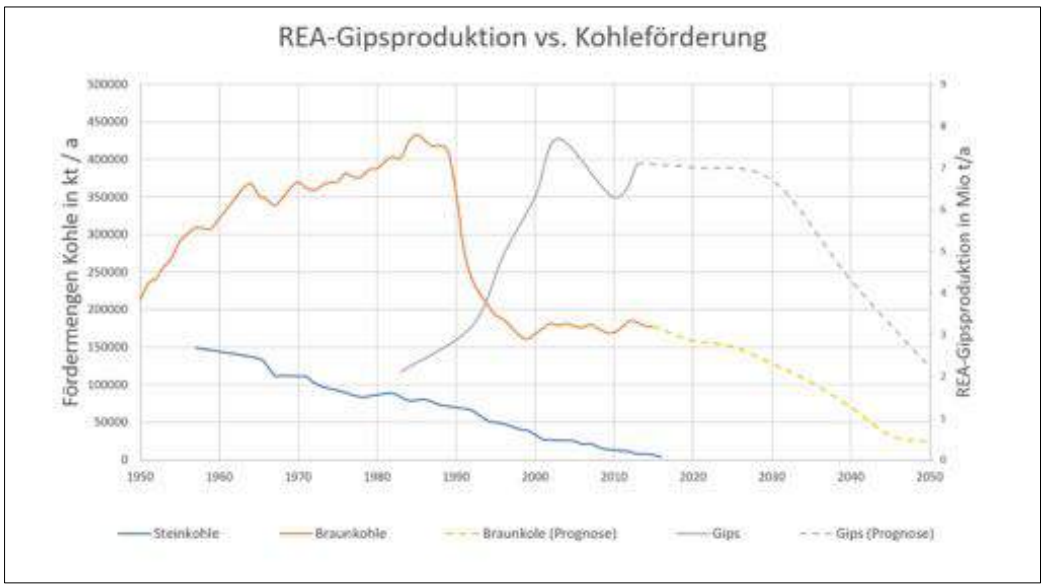


Abbildung B3.10 REA-Gipsproduktion in Deutschland

Rauchgasentschwefelung M III – 01b

Herstellung von Säuren (Seite 2 von 4)

Schwefel: Achtung Schwefeldioxid: giftig, ätzend Lugolsche Lösung: **Achtung** gesundheitsgefährdend Kalkwasser: **Gefahr ätzend** Unter dem Abzug arbeiten	Flüssigkeiten im Ausguss. Flüssigkeiten mit Lugolscher Lösung im Sammelgefäß für Lösungsmittel Sammelgefäß für Feststoffe	Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen Handschuhe tragen

Geräte/Chemikalien

Schwefel, Lugolsche Lösung, Kalkwasser, Trichter, 3 Waschflaschen, Abdampfschale, Wasserstrahlpumpe, Spatel

Versuchsdurchführung

1. Baue die Apparatur nach untenstehender Zeichnung auf.
2. Gib eine Portion Schwefel in die Abdampfschale.
3. Befülle die erste und letzte Waschflasche bis zur Hälfte mit Lugolscher-Lösung.
4. Befülle die mittlere Waschflasche bis zur Hälfte mit Kalkwasser.
5. Entzünde die Schwefelportion und sauge die entstehenden Dämpfe mit der Wasserstrahlpumpe ab.

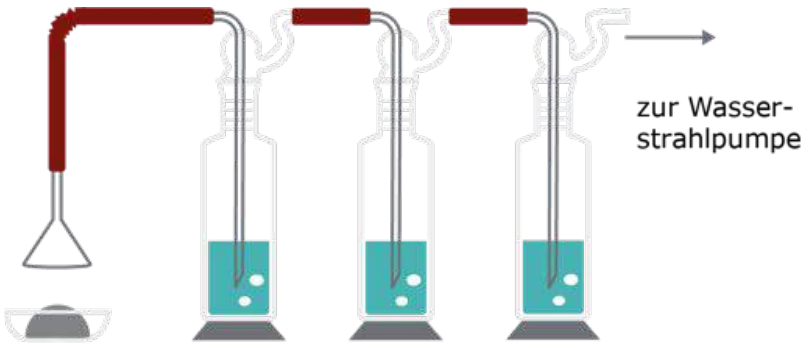


Abbildung B3.11 Modellexperiment REA

Arbeitsaufträge

1. Halte deine Beobachtungen schriftlich fest.
2. Welche Reaktionen laufen während des Versuches ab.
3. Interpretiere das Diagramm B3.10

Rauchgasentschwefelung
M III – 01b

Herstellung von Säuren
(Seite 3 von 4)

Beobachtungen

Erklärung/Deutung

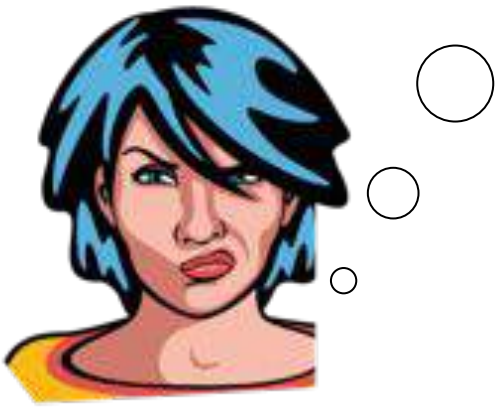
Rauchgasentschwefelung
M III – 01b (abgestufte Lernhilfen)

In der Lugolschen Lösung sind Iodmoleküle gelöst. I_2 (aq)

Oxidation: $SO_2 + 6$ _____ $\rightarrow SO_4^{2-} + 4\,H_3O^+ + 2e^-$

Reduktion: $I_2 + 2e^- \rightarrow$ _____

Gesamt: $SO_2 + I_2 + 6$ _____ $\rightarrow SO_4^{2-} +$ _____ $+ 4$ _____



Rauchgasentschwefelung M III – 01b (Lösung)

Herstellung von Säuren

Arbeitsaufträge

1. Halte deine Beobachtungen schriftlich fest.

   Die Lugolsche Lösung in der ersten Waschflasche entfärb sich (braunrot zu farblos). In der mittleren Waschflasche wird ein Niederschlag erkennbar. Die Lugolsche Lösung in der dritten Waschflasche bleibt nahezu unverändert.

2. Welche Reaktionen laufen während des Versuches ab.

$$S + O_2 \rightarrow SO_2 \text{ (Verbrennung des Schwefels)}$$

Waschflasche I

$$\text{Oxidation: } SO_2 + 6\ H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 4\ H_3O^+ + 2e^-$$

$$\text{Reduktion: } I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$$

$$\text{Gesamt: } SO_2 + I_2 + 6\ H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2I^- + 4\ H_3O^+$$

Waschflasche II

$$\underbrace{Ca(OH)_{2\ (aq)}}_{Ca^{2+}+2OH^-} + SO_2 \rightarrow \underbrace{CaSO_{3\ (s)}}_{Ca^{2+}+SO_3^{2-}} + H_2O \text{ (Bindung von } SO_2 \text{ als Calciumsulfit)}$$

$$\underbrace{2\ CaSO_{3\ (s)}}_{2\ Ca^{2+}+2\ SO_3^{2-}} + O_2 \rightarrow \underbrace{2\ CaSO_{4\ (s)}}_{2\ Ca^{2+}+2\ SO_4^{2-}} \text{ (Oxidation von Calciumsulfit zu Calciumsulfat (Gips))}$$

Waschflasche III – keine Reaktion

3. Interpretiere das Diagramm B3.10

   Die Abnahme der REA-Gipsproduktion ist auf den klimaschutzbedingten Rückgang der Kohleverstromung (hauptsächlich Braunkohle) zurückzuführen. Wenn nicht so viele fossile Brennstoffe verbrannt werden, dann entstehen nicht so viele SO_2-haltige Abgase, die entschwefelt werden können.

Sauer Regen – Globalisierung
M III – 01c

Herstellung von Säuren
(Seite 1 von 2)

Infotext

Das Ende des sauren Regens? Globaler Trend unklar

In Europa konnte die Luftverschmutzung durch Schwefeldioxid (SO_2) seit 1980 um drei viertel reduziert werden. In China gibt der geplante Bau von Hunderten Kohlekraftwerken Anlass zur Sorge.

Die Luft in Europa wird im Vergleich zu 1980 deutlich weniger mit Schwefeldioxidemissionen belastet. Eine Untersuchung des Zeitraums von 1980 bis 2004 belegt, dass Kraftwerke, Heizungen und Fabriken in Europa nur noch ein Fünfzehntel der SO_2-Menge von 1980 in die Luft ausstoßen. Die Studie zeigt aber auch, dass die Türkei, Griechenland, Portugal und Zypern 2004 mehr SO_2 emittierten als 1980, was als Folge des Wirtschaftswachstums in diesen Ländern angesehen wird. Experten weisen darauf hin, dass auch in anderen Ländern Europas wie etwa in Finnland und Bulgarien seit 2000 wieder mehr SO_2 freigesetzt wird. Der in den 1970er Jahren durch die immer weiter zunehmende Luftverschmutzung immer saurer werdende Regen hatte zu Umweltschäden geführt, die nicht ignoriert werden konnten. Manche Seen und Böden waren so sauer wie Essig. Durch die politisch durchgesetzte Vorschrift, dass Kohlekraftwerke Entschwefelungsanlagen einbauen müssen, konnte der SO_2-Ausstoß so deutlich gesenkt werden. Auch der nach dem Fall der Mauer eingetretene Niedergang der osteuropäischen Industrie hat zu der deutlichen Reduktion der SO_2-Belastung beigetragen. Der globale Trend der SO_2-Emission ist auch für Experten unklar. Während Entschwefelungsanlagen auch in Nordamerika für sauberere Luft sorgen, sieht die Situation in Asien und Südamerika anders aus: Hier steigt der SO_2-Gehalt in der Atmosphäre teilweise wieder. "Der Schlüssel für die künftige Entwicklung liegt in China", sagt Detlev Möller, Luftchemiker an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus mit Blick auf den geplanten Bau von hunderten Kohlekraftwerken. Da der Einbau von Entschwefelungstechnik den Preis eines Kraftwerkes verdoppelt, sei oft fraglich, ob diese „Filteranlagen“ eingesetzt werden.

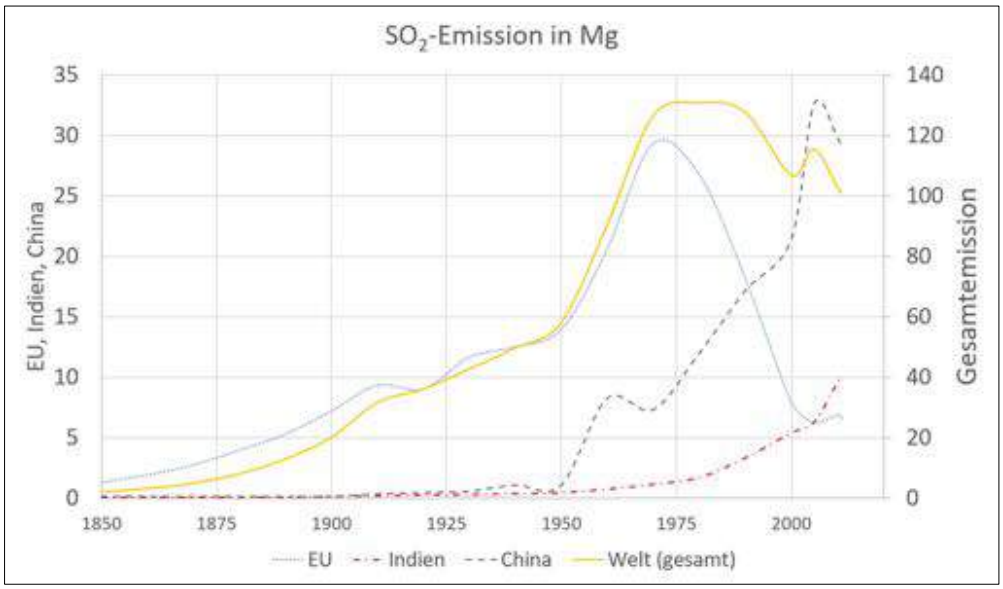


Abbildung B3.12 Emission von SO_2

Sauer Regen – Globalisierung
M III – 01c

Herstellung von Säuren
(Seite 2 von 2)

Saurer Regen – China reduziert SO_2-Emissionen

Behörden der Volksrepublik China legen strengere Abgasnormen für Kohlekraftwerke fest

In China wird ab 2012 für Kohlekraftwerke der Standard für die Schwefeldioxid-Emissionen (SO_2) verschärft. Dadurch soll der jährliche SO_2-Ausstoß um 6,18 Millionen Tonnen reduziert werden, berichtet die Nachrichtenagentur Xinhua. SO_2 ist mitverantwortlich für den sauren Regen, der Bäume und Ernten schädigt.

SO_2-Ausstoß in Indien nimmt zu

In Indien, dem mittlerweile zweitgrößten Emittenten von SO_2, hat der Ausstoß von 2005 bis 2011 deutlich zugenommen. Dies wird vor allem auf den zunehmenden Verbrauch von Kohle im Energiesektor zurückgeführt. Damit setzt Indien mehr SO_2 in die Atmosphäre frei als die USA und Kanada zusammen.

SO_2-Ausstoß auf hoher See

Der NABU (Naturschutzbund) Bundesverband veröffentlicht seine Kampagne „Mir stinkt's! Kreuzfahrtschiffe sauber machen!". „Es ist kaum zu glauben, aber wahr: Die 15 größten Seeschiffe der Welt stoßen jährlich mehr schädliche Schwefeloxide aus als alle 760 Millionen Autos weltweit. Und kein einziges der luxuriösen Kreuzfahrtschiffe, die jetzt mit großen Fanfaren in Hamburg einlaufen, würde die Abgasnormen schaffen, die für Autos oder Lastwagen schon lange gelten", sagte Alexander Porschke, Landesvorsitzender des NABU Hamburg, auf der Pressekonferenz zum Auftakt der Kampagne.

Arbeitsaufträge

1. Diskutiere den SO_2-Ausstoß auf lokaler und globaler Ebene. Zitiere dazu unter Angabe der Zeilennummern geeignete Textstellen.
2. Prognostiziere und beurteile den weltweiten Ausstoß an Schwefeldioxid.

Sauer Regen – Globalisierung
M III – 01c (Lösung)

Herstellung von Säuren

1. Diskutiere den SO_2-Ausstoß auf lokaler und globaler Ebene. Zitiere dazu unter Angabe der Zeilennummern geeignete Textstellen.

   Die Menge des Ausstoßes an Schwefeldioxid ist an die Verbrennung von fossilen Brennstoffen wie Kohle, Erdöl und Erdgas gekoppelt. Um wirtschaftliches Wachstum zu generieren, werden die Umweltauflagen für Kraftwerke erst verschärft, wenn sich beispielsweise eine deutliche Luftverschmutzung und dadurch die Bildung von saurem Regen auf die Umwelt auswirken. Dieser Umstand führte in der Bundesrepublik Deutschland Ende der 1980er Jahre zum Erlass, Kraftwerke mit Rauchgasentschwefelungsanlagen auszustatten. Was wiederum zu einer deutlichen Verringerung des SO_2-Ausstoßes führte. In anderen Regionen (Asien und Südamerika) werden z.T. weiterhin Kohlekraftwerke ohne Rauchgasentschwefelungsstufen gebaut, da das wirtschaftliche Wachstum zurzeit noch Vorrang vor ökologischen Aspekten hat. In diesen Ländern steht man am Scheideweg wie Deutschland vor circa 30 Jahren.

   Andererseits wird der SO_2-Ausstoß der Kreuzfahrtschiffe nicht reglementiert, da hier die Auswirkungen des sauren Regens auf die Umwelt (Weltmeere) nicht so direkt spürbar sind wie beispielsweise das Waldsterben auf dem Festland.

2. Prognostiziere und beurteile den weltweiten Ausstoß an Schwefeldioxid.

   Im Diagramm erkennt man global einen deutlichen Anstieg der Schwefeldioxidemissionen, obwohl lokal in Deutschland und anderen EU-Ländern die SO_2-Emissionen drastisch reduziert wurden. Die globale Entwicklung wird vorrangig durch die aufstrebenden Wirtschaftsmächte in Asien, Südamerika und Indien bestimmt werden. In China hat die Luftverschmutzung ein Maß erreicht, dass auch dort eine politische Reglementierung des SO_2-Ausstoßes vereinbart wurde. Sollten auch andere Wirtschaftsmächte diesen Kurs einschlagen – wovon auszugehen ist – wird auch die globale Emission von Schwefeloxiden rückläufig werden.

   Die Versauerung der Weltmeere durch SO_2-Eintrag und maritimen sauren Regen dürfte für zukünftige Generationen zu einem zentralen Thema werden.

Der Soda-Sprudler
M III – 02

Herstellung von Säuren
(Seite 1 von 3)

Gasflasche steht unter Druck!				Flüssigkeiten im Ausguss			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen	

Infotext

1.000 Liter Leitungswasser kosten z. Zt. 1,24 Euro. Ein Liter Mineralwasser kostet rund 62 Cent. Mit Soda-Sprudlern kann man selbst ganz einfach einen mineralwasserähnlichen Geschmack erzeugen. Durchschnittlich trinkt ein Erwachsener 3 Liter Wasser pro Tag. Die Geräte sind mit einem Kohlendioxid-Zylinder ausgerüstet, der über einen Sprudel-Knopf ausgelöst werden kann. Es ist also ein leichtes, prickelndes Wasser auch aus der Leitung zu bekommen. Außerdem entfällt noch das lästige Kistenschleppen. Dennoch ist nicht klar, ob sich die „Sprudelei" auch für den Geldbeutel lohnt. Die Anschaffung des Gerätes (circa 60 Euro) und der Austausch der Gas-Zylinder erfordern natürlich auch Investitionen (30 € für die Patrone, mit der man 60 Liter Wasser aufsprudeln kann), die im Vergleich mit dem Kauf von Mineralwasser berücksichtigt werden müssen.

Abbildung B3.13 Soda-Sprudler

Abbildung B3.14 Versuchsbau

Geräte/Chemikalien

Bunsenbrenner, Dreifuß, Becherglas, Soda-Streamer, Indikatorlösung

Versuchsdurchführung

1. Befülle die Wasserflasche bis zur Markierung und füge einige Tropfen Rotkohlsaft hinzu.
2. Nach dem Einschrauben der Flasche wird Gas in das Wasser eingeleitet.
3. Fülle wenig Wasser aus der Flasche in ein Becherglas und bringe es mit einem Bunsenbrenner zum Kochen (vgl. Abbildung B3.14).

Arbeitsaufträge

1. Fertige ein Versuchsprotokoll für beide Versuche an.
2. Formuliere je Versuch eine Reaktionsgleichung.
3. Wie heißt das Reaktionsprodukt des ersten Versuches.
4. Nach wie vielen Tagen hat sich die Anschaffung eines Soda-Sprudlers gelohnt?

Der Soda-Sprudler
M III – 02

Herstellung von Säuren
(Seite 2 von 3)

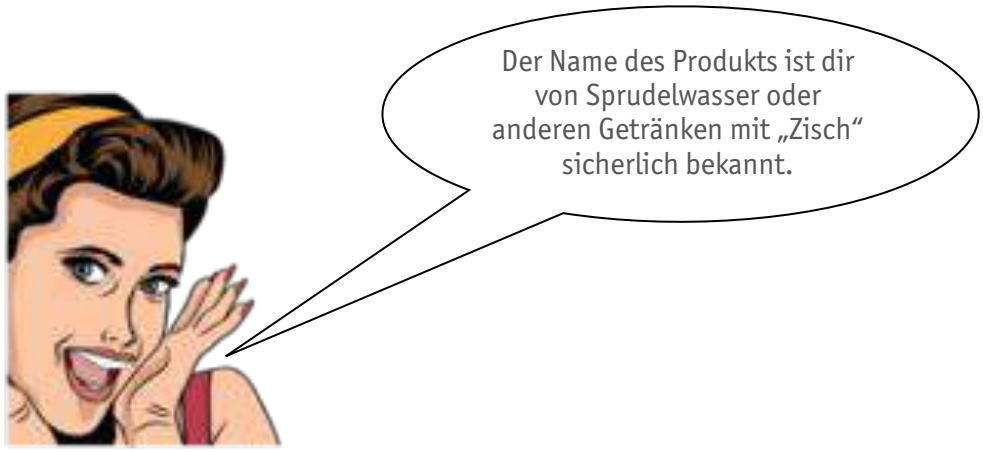
Beobachtungen

Erklärung/Deutung

Platz für Rechnungen

Der Soda-Sprudler
M III – 02 (abgestufte Lernhilfen)

Herstellung von Säuren
(Seite 3 von 3)



Der Soda-Sprudler
M III – 02 (Lösung)

Herstellung von Säuren

Arbeitsaufträge

1. Fertige ein Versuchsprotokoll für beide Versuche an.
2. Formuliere je Versuch eine Reaktionsgleichung.
3. Wie heißt das Reaktionsprodukt des ersten Versuches.

Beobachtungen

1. Der Indikator (Rotkohlsaft) färbt das Leitungswasser violett.
2. Nach Zugabe des Gases färbt sich die Lösung rot.
3. Beim Erhitzen färbt sich der Indikator im Leitungswasser wieder violett. Es steigen Gasblasen auf.
4. Nach wievielen Tagen hat sich die Anschaffung eines Soda-Sprudlers gelohnt?

Erklärung/Deutung

$$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3 \text{ (Dihydrogencarbonat, „Kohlensäure“)}$$

$$H_2CO_3 + H_2O \rightarrow HCO_3^- + H_3O^+ \text{ (Nachweis der Oxonium-Ionen mittels Indikator)}$$

$$H_2CO_3 \xrightarrow{\text{Erhitzen}} H_2O + CO_2 \text{ (Ausgasen von Kohlenstoffdioxid bei Temperaturerhöhung)}$$

$$f_1(V) = 90€ + V \cdot 0{,}00124\frac{€}{L}$$

$$f_2(V) = V \cdot 0{,}62\frac{€}{L}$$

$$f_1(V) = f_2(V)$$

$$90€ + V \cdot 0{,}00124\frac{€}{L} = V \cdot 0{,}62\frac{€}{L} \quad |:V$$

$$\frac{90€}{V} + 0{,}00124\frac{€}{L} = 0{,}62\frac{€}{L} \quad |-0{,}00124\frac{€}{L}$$

$$\frac{90€}{V} = 0{,}61876\frac{€}{L}$$

$$V = 145{,}45\ L$$

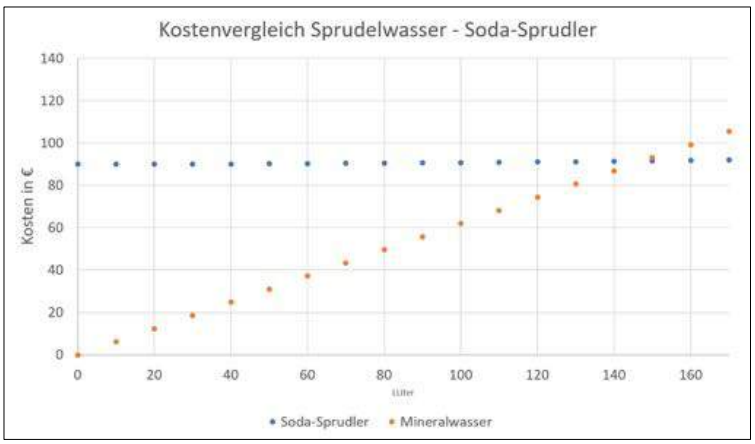


Abbildung B3.15 Kostenvergleich

Ergebnis

Nach circa 48 Tagen bei 3 Litern Trinkwasserzubereitung pro Tag lohnt sich die Anschaffung eines Soda-Sprudlers

Versauerung der Meere
M III – 02a

Herstellung von Säuren
(Seite 1 von 5)

Infotext

Die Weltmeere sind der größte Kohlendioxidspeicher unseres Planeten. Die Aufnahme an CO_2 hat gravierende Folgen für Lebewesen, die Kalkskelette bilden wie z.B. Korallen. Je mehr CO_2 durch Verbrennung fossiler Brennstoffe erzeugt wird, desto mehr CO_2 wird in den Weltmeeren gebunden. Ein weiterer Effekt ist die Erderwärmung durch das Klimagas CO_2. Das Sonnenlicht erwärmt das Oberflächenwasser. Die abgestrahlte Wärme wird durch Kohlenstoffdioxidmoleküle in den oberen Atmosphärenschichten reflektiert wie die Wärmestrahlung in einem Treibhaus. Die Aufnahme von Kohlenstoffdioxid ist neben der Temperatur auch vom Salzgehalt des Wassers abhängig. Kaltes salzarmes Wasser löst größere Mengen des Klimagases als warmes salzhaltiges Wasser. Durch kalte und warme Meeresströme, wie z.B. den Golfstrom, werden die Wassermassen des Oberflächenwassers und der Tiefsee langsam durchmischt.

Wassersorte	Salzgehalt in %
Süßwasser	< 0,1
Brackwasser	0,1 – 1
Salzwasser	> 1
Atlantik	3,54
Indischer Ozean	3,48
Pazifik	3,45
Ostsee	0,8
Nordsee	3,5
Polarmeer	< 3,0

Tabelle B3.01 Salzgehalt

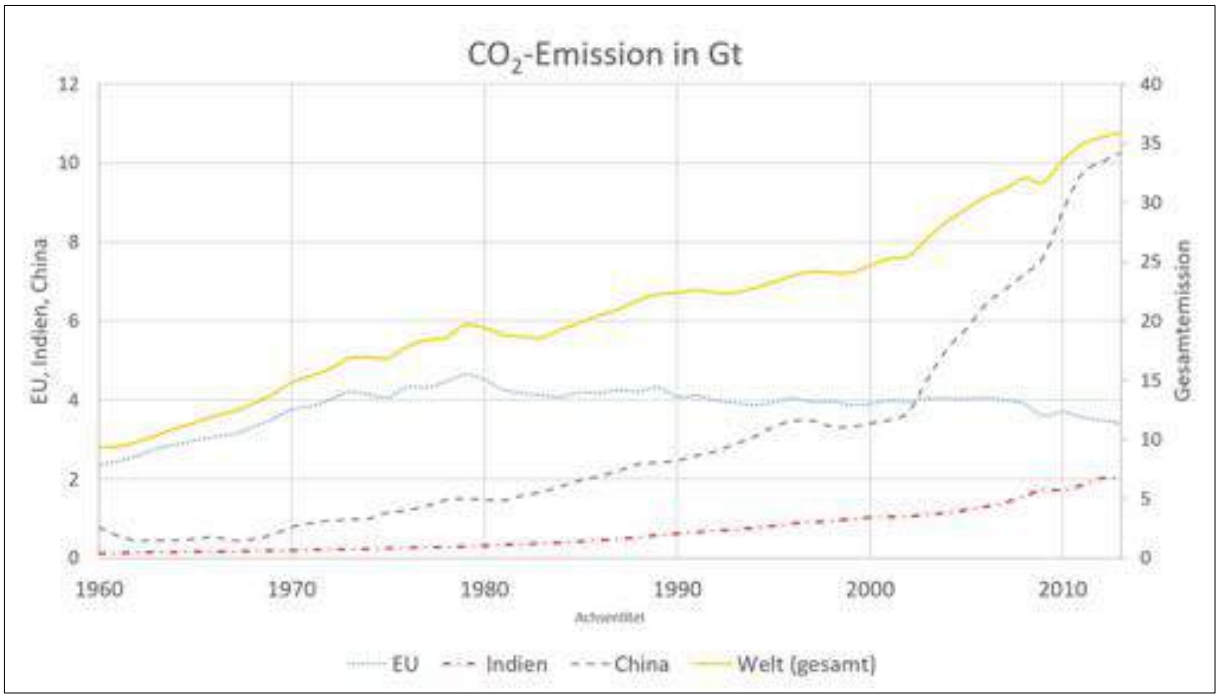


Abbildung B3.16 CO_2-Emission

Versauerung der Meere
M III – 02a

Herstellung von Säuren
(Seite 2 von 5)

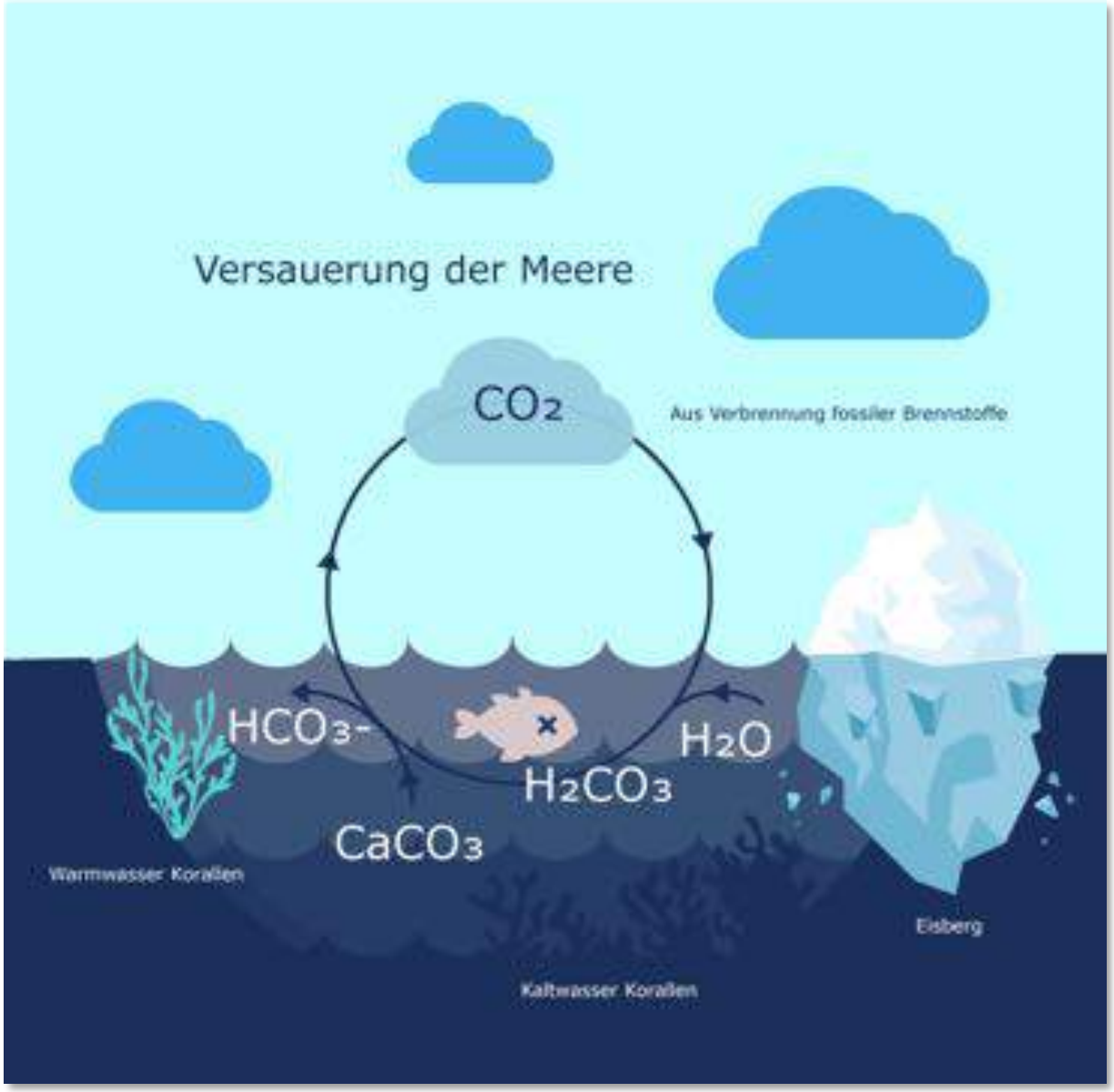


Abbildung B3.17 CO_2-Kreislauf und Versauerung der Weltmeere

Versauerung der Meere
M III – 02a

Herstellung von Säuren
(Seite 3 von 5)

Indikator nach McCrumb				Lösungen im Lösemittelbehälter sammeln			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen	

Geräte/Chemikalien

Glaswanne, Becherglas, Teelicht, Eiswürfel, Indikator nach McCrumb (d.h. 30 mg Bromthymolblau, 15 mg Methylrot, 15 mg Phenolphthalein, 30 mg Thymolblau in 100 mL Ethanol lösen)

Säuregrad	← sauer					normal		
Indikator McCrumb								

Abbildung B3.18 Farbskala des Indikators (McCrumb)

Versuchsdurchführung

1. Befülle die Glaswanne halbvoll mit Wasser und gib einige Tropfen des Indikators nach McCrumb hinzu.
2. Entzünde das Teelicht und lass es etwa eine Minute auf der Wasseroberläche schwimmen.
3. Stülpe das Becherglas wie in der Zeichnung B3.19 über die brennende Kerze.
4. Beobachte nach circa 5 Minuten.
5. Gib Eiswürfel in die Glaswanne und beobachte nach circa 25 Minuten erneut.

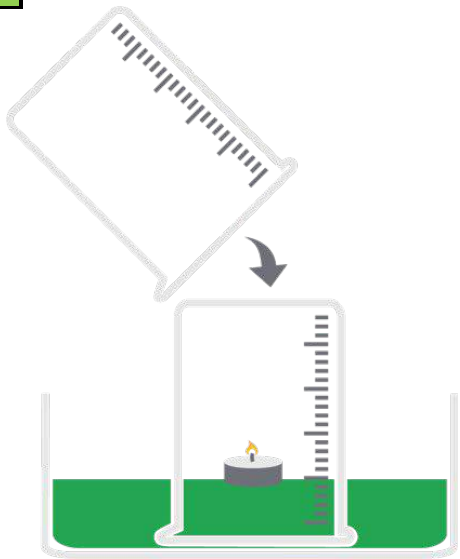


Abbildung B3.19
Modellversuch zur Versauerung der Weltmeere

Arbeitsaufträge

1. Erstelle ein Versuchsprotokoll.
2. Erläutere die chemischen Vorgänge im Becherglas.
3. Erläutere die Auswirkungen des CO_2 auf die Kalt- und Warmwasserkorallen unter Verwendung der Abbildung B3.17 (wenn möglich unter Angabe von Reaktionsgleichungen und der Versuchsergebnisse des Modellversuches).

Versauerung der Meere
M III – 02a

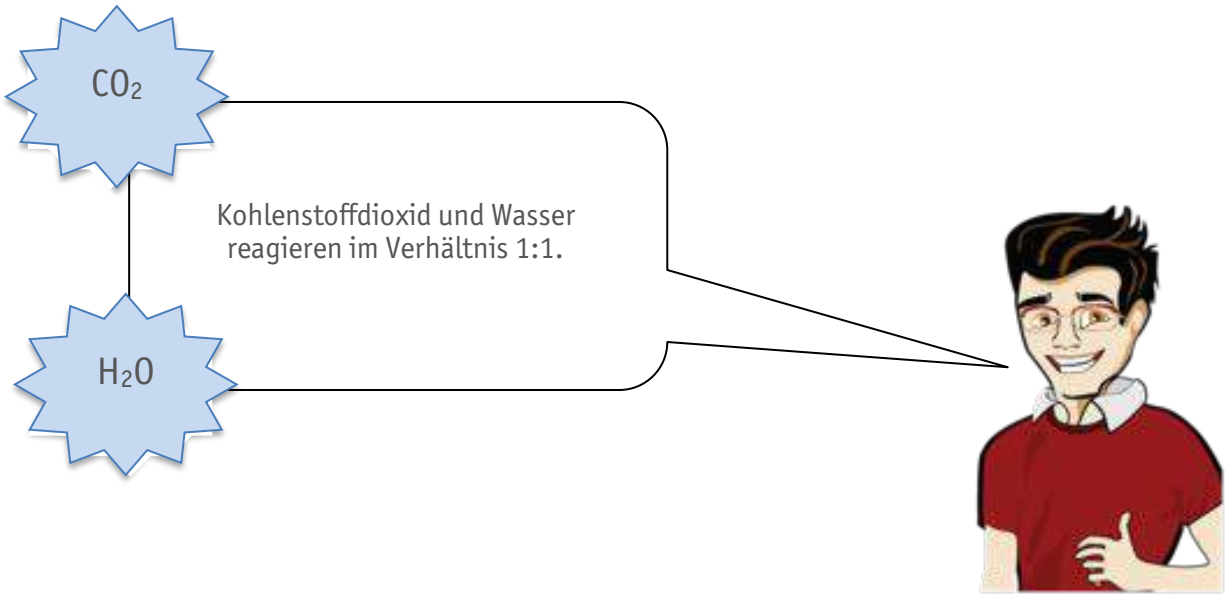
Herstellung von Säuren
(Seite 4 von 5)

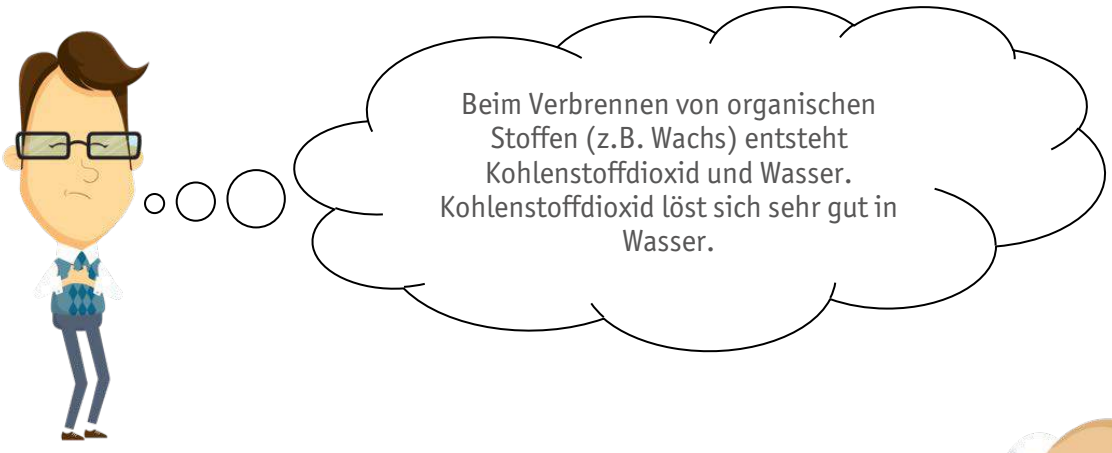
Beobachtungen

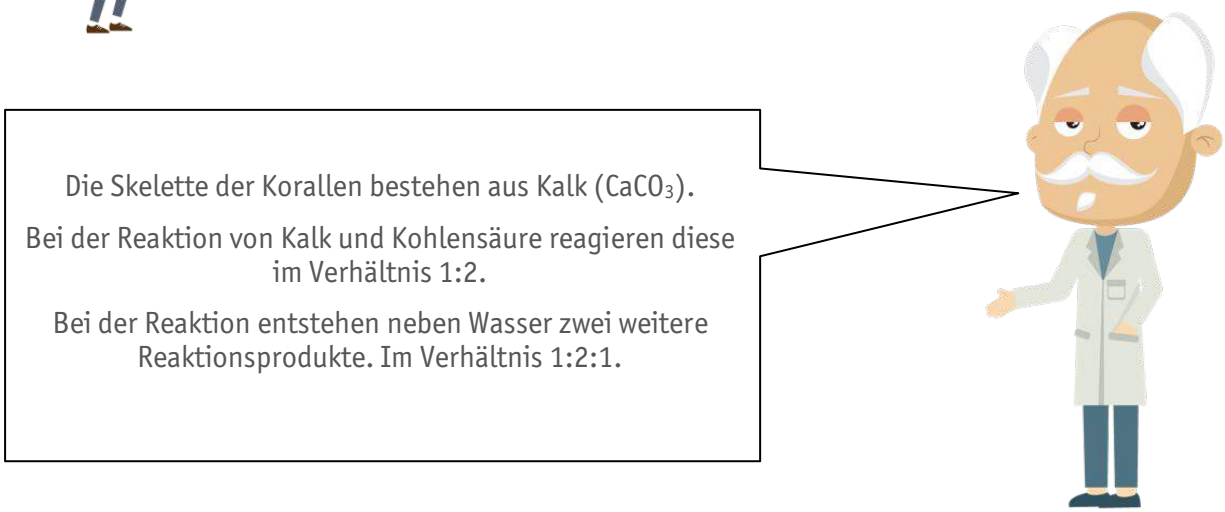
Erklärung/Deutung

Versauerung der Meere
M III – 02a (abgestufte Lernhilfen)

Herstellung von Säuren
(Seite 5 von 5)







Versauerung der Meere
M III – 02a (Lösung)

Herstellung von Säuren
(Seite 1 von 2)

1. Erstelle ein Versuchsprotokoll.
2. Erläutere die chemischen Vorgänge im Becherglas.
3. Erläutere die Auswirkungen des CO_2 auf die Kalt- und Warmwasserkorallen unter Verwendung der Abb. B3.17 (wenn möglich unter Angabe von Reaktionsgleichungen).

Beobachtung

1. Nachdem die Kerze erloschen ist, steigt die Flüssigkeit im Inneren des Becherglases und sinkt außerhalb ab.
2. Nach kurzer Zeit färb sich der Indikator in der oberen Flüssigkeitsschicht im Becherglas gelb.
3. Nach Zugabe der Eiswürfel und einer längeren Warteperiode färbt sich die gesamte Flüssigkeit im Becherglas gelb (Bei genauer Beobachtung können Konvektionsstöme beobachtet werden).

Deutung

$$CO_2 + H_2O \rightarrow \underbrace{H_2CO_3}_{2\,H^+ + CO_3^{2-}} \text{ (Entstehung von Kohlensäure)}$$

Kohlenstoffdioxid löst sich sehr gut in Wasser. Der Luftdruck drückt das Wasser in das Becherglas hinein.

Die Kohlensäure reagiert mit dem Wasser zu Hydronium-Ionen, die durch den Indikator nachgewiesen werden.

$$\underbrace{H_2CO_3}_{2\,H^+ + CO_3^{2-}} + H_2O \rightarrow \underbrace{HCO_3^-}_{H^+ + CO_3^{2-}} + \underbrace{H_3O^+}_{H^+ + H_2O} \text{ (Hydronium-Ionen färben den Indikator gelb)}$$

$$\underbrace{HCO_3^-}_{H^+ + CO_3^{2-}} + H_2O \rightarrow CO_3^- + \underbrace{H_3O^+}_{H^+ + H_2O} \text{ (Hydronium-Ionen färben den Indikator gelb)}$$

Das kalte Wasser strömt aufgrund der größeren Dichte in die Tiefe und reißt das saure Oberflächenwasser mit in die Tiefe. Diese Konvektion ist dafür verantwortlich, dass sich das gesamte Wasser innerhalb des Becherglases durchmischt.

Versauerung der Meere
M III – 02a (Lösung)

Herstellung von Säuren
(Seite 2 von 2)

Erläuterung

Das CO_2 aus der Verbrennung der fossilen Brennstoffe wird vom Oberflächenmeereswasser aufgenommen bzw. gelöst, es entsteht Kohlensäure, wie im Modellexperiment. Im salzarmen kalten Nordpolarmeer löst sich noch mehr CO_2 als beispielsweise in den warmen äquatornahen Weltmeeren. Durch Konvektionsströme (ähnlich wie im Modellexperiment) wird das saure Oberflächenwasser zum Meeresboden befördert. Dort angekommen schädigt das säurehaltige Wasser den Kalkaufbau der Kaltwasserkorallen.

$$\underbrace{CaCO_3}_{Ca^{2+}+CO_3^{2-}} + 2\ \underbrace{H_2CO_3}_{2\,H^+ + CO_3^{2-}} \rightarrow Ca^{2+} + 2\ \underbrace{HCO_3^-}_{H^+ + CO_3^{2-}} + CO_2 + H_2O$$

(Kalkabbau der Kalt- und Warmwasserkorallen)

Durch weitere Strömungen in den Weltmeeren wird das CO_2-reiche kalte Tiefenwasser an die Oberfläche transportiert. In den wärmeren oberflächennahen Regionen werden nun nach dem gleichen Prinzip die Warmwasserkorallen geschädigt. Das übersättigte Oberflächenwasser gibt nun CO_2 an die Atmosphäre ab. Dieses zusätzliche CO_2 heizt den Treibhauseffekt weiter an.

Abbildung B3.20 Modell zur Versauerung des Oberflächenwassers

Abbildung B3.21 Modell zur Versauerung der Tiefwasserregion

Woher hat die Salzsäure ihren Namen
M III – 03

Herstellung von Säuren
(Seite 1 von 2)

Schwefelsäure: Achtung ätzend Salzsäure: Achtung ätzend Natriumchlorid: --				Flüssigkeiten im Ausguss			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen	

Infotext

Salzsäure darf als Lebensmittelzusatzstoff unter der Bezeichnung E 507 zur Abtötung von Keimen eingesetzt werden. Darüber hinaus ist Salzsäure eine Grundchemikalie der chemischen Industrie. Verdünnte Salzsäure wird zum Reinigen von frisch verputzten Mauern zur Entfernung von Mörtelresten verwendet. Magensäure besteht hauptsächlich aus Salzsäure.

Geräte/Chemikalien

Tropftrichter, Rundkolben, Waschflasche, Natriumchlorid, Schwefelsäure

Versuchsdurchführung

1. Tropfe konzentrierte Schwefelsäure auf festes Natriumchlorid (Kochsalz).
2. Wasche das Gas in einer Waschflasche mit konzentrierter Schwefelsäure.
3. Fange das Reaktionsprodukt in einem Standzylinder bzw. einem Rundkolben auf und teste auf einen sauren Charakter.

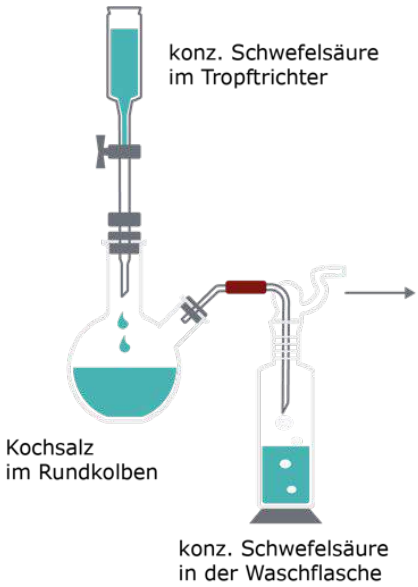


Abbildung B3.22 Herstellung von HCl

Arbeitsaufträge

1. Erstelle ein Versuchsprotokoll.
2. Gib Reaktionsgleichungen für die abgelaufenen Reaktionen an.
3. Recherchiere, wie das Reaktionsprodukt großtechnisch hergestellt wird.

Woher hat die Salzsäure ihren Namen
M III – 03

Beobachtungen

Erklärung/Deutung

Platz für Recherche

Woher hat die Salzsäure ihren Namen — Herstellung von Säuren
M III – 03 (Lösung)

Arbeitsaufträge

1. Erstelle ein Versuchsprotokoll.
2. Gib Reaktionsgleichungen für die abgelaufenen Reaktionen an.
3. Recherchiere, wie das Reaktionsprodukt großtechnisch hergestellt wird.

Beobachtungen

1. Das feste Natriumchlorid schäumt auf.
2. Es steigt weißer Nebel auf.
3. In der Waschflasche steigen Gasblasen auf.

Erklärung/Deutung

Es entsteht ein Gas.

$$\underbrace{NaCl}_{Na^+ + Cl^-} + \underbrace{H_2SO_4}_{2\,H^+ + SO_4^{2-}} \rightarrow \underbrace{HCl}_{H^+ + Cl^-} + \underbrace{NaHSO_4}_{Na^+ + HSO_4^-} \text{ (Herstellung von Chlorwasserstoffgas)}$$

$$\underbrace{HCl}_{H^+ + Cl^-} + H_2O \rightarrow Cl^- + \underbrace{H_3O^+}_{H^+ + H_2O} \text{ (saure Reaktion des Chlorwasserstoffgases)}$$

Recherche

Chlorwasserstoffgas bzw. die wässrige Lösung (Salzsäure) wird durch die Verbrennung von Chlor- und Wasserstoffgas erzeugt.

$$Cl_2 + H_2 \rightarrow \underbrace{HCl}_{H^+ + Cl^-}$$

Technisch reine (mit Verunreinigungen) Salzsäure fällt als Nebenprodukt bei der Chlorierung organischer Verbindungen (hier Methan) an.

$$CH_4 + 4\,Cl_2 \rightarrow CCl_4 + 4\,\underbrace{HCl}_{H^+ + Cl^-}$$

Kesselwagenunglück in der Schweiz
M III – 03

Herstellung von Säuren
(Seite 1 von 2)

Infotext

Kesselwagen mit Salzsäure rollte als tickende Zeitbombe durch die Schweiz

Erst vor kurzem wurde bekannt, dass vor einigen Wochen ein explosives Chemikaliengemisch in einem Stahltankwagen durch die Region Basel rollte.

Aus einem Stahltankwagen mit 50 Tonnen Salzsäure rauchte es bereits, als er Ende April in Schweizerhalle ankam, weshalb die Schweizerische Bundesbahn (SBB) umgehend die Chemiewehr alarmierte. Laut SBB kam der Vorfall dadurch zustande, dass Ende April mehrere Güterwagen in Daillens entgleisten – darunter auch Spezialwaggons mit der Salzsäure. Die Säure wurde daraufhin in einen ganz gewöhnlichen Stahlwagen gepumpt. Normalerweise hätte beim nächsten möglichen Zwischenstopp die Säure in einen speziell beschichteten Wagen gepumpt werden müssen. Dies geschah allerdings nicht. Die SBB-Sprecherin Lea Meyer versprach, den Vorkommnissen nachzugehen: «Wieso dieser Fehler passiert ist, klären wir jetzt ab.» Dabei soll auch geklärt werden, welche Folgen im schlimmsten Falle hätten eintreten können. Die Salzsäure zerfraß während ihrer Fahrt durch die Region Basel den Stahl – die Wand des Stahltanks wurde dadurch immer dünner. «Es hat uns jemand zugetragen, dass dies eine rollende, tickende Zeitbombe war», äußerte sich der Geschäftsleiter der Organisation Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz. Sichtlich erleichtert ergänzt er: «Zum Glück ging sie nicht los.».

Abbildung B3.23 Zugunglück bei Daillens

Arbeitsaufträge

1. Erläutere, warum Kesselwagen aus Stahl (Eisen) nicht für den Transport von Salzsäure geeignet sind. Gib eine Reaktionsgleichung an.
2. Nenne Materialien, die für die Produktion von säurefesten Kesselwagen geeignet sind.
3. Erläutere, wieso im Teasertext (Zeile 3 bis 4) von einem explosiven Gemisch die Rede ist. Gib Reaktionsgleichungen an.
4. Erkläre, worauf der aus dem Kesselwagen entweichende „Rauch“ zurückzuführen ist.

Kesselwagenunglück in der Schweiz
M III – 03

Herstellung von Säuren
(Seite 2 von 2)

Arbeitsaufträge

1. Erläutere, warum Kesselwagen aus Stahl (Eisen) nicht für den Transport von Salzsäure geeignet sind. Gib eine Reaktionsgleichung an.
2. Nenne Materialien, die für die Produktion von säurefesten Kesselwagen geeignet sind.
3. Erläutere, wieso im Infotext (Zeile 3 bis 4) von einem explosiven Gemisch die Rede ist. Gib Reaktionsgleichungen an.
4. Erkläre, worauf der aus dem Kesselwagen entweichende „Rauch“ zurückzuführen ist.

Stahl (besser Eisen) ist ein unedles Metall (vgl. Modull II). Unedle Metalle wie Magnesium oder Eisen werden von Säuren angegriffen und letztendlich zersetzt.

$$2\ \mathrm{Fe} + 6\ \mathrm{HCL} \rightarrow \underbrace{2\ \mathrm{FeCl_3}}_{2\ \mathrm{Fe^{3+}} + 6\ \mathrm{Cl^-}} + 3\ \mathrm{H_2}$$

Säurefeste Kesselwagen müssen aus edleren Metallen wie zum Beispiel Kupfer oder anderen säurefesten Legierungen wie Edelstahl besten.

Mit dem entstandenen Wasserstoffgas könnte sich bei einer Leckage mit dem Luftsauerstoff ein explosionsfähiges Gasgemisch bilden.

$$2\ \mathrm{H_2} + \mathrm{O_2} \rightarrow 2\ \mathrm{H_2O}\ \text{(Knallgasreaktion)}$$

Der Rauch – oder besser Nebel – ist die Reaktion von gasförmigem Chlorwasserstoff, der aus konzentrierter Salzsäure entweicht. Mit der Luftfeuchtigkeit reagiert Chlorwasserstoffgas zu flüssiger Salzsäure.

$$\mathrm{HCl_{(g)}} \xrightarrow{\mathrm{H_2O}} \mathrm{HCl_{(l)}}$$

Teste dein Wissen
M III – 04

Säuren
(Seite 1 von 3)

Infotext

Im folgenden Abschnitt gilt es zu testen, ob Du die wichtigen Lerninhalte aus den ersten drei Modulen verstanden hast. Bei der Beantwortung der Fragen kann es **keine aber auch mehrere richtige Antworten** geben. Lies die Fragestellung sorgfältig durch, bevor Du antwortest. Falsche Antworten führen zu Punktabzug.
Viel Erfolg!

Frage	Antwort	Punkte
Säuren sind Stoffe, die …	Protonen aufnehmen Protonen abgeben Elektronen aufnehmen Elektronen abgeben	☐ ☐ ☐ ☐
Wie lautet die Summenformel eines Hydronium-Ions (Oxonium-Ions)?	H_2O $H_3O^+_{(aq)}$ H^+ $H^+_{(aq)}$	☐ ☐ ☐ ☐
Stoffe schmecken sauer, wenn …	Protonen an die Zunge kommen. Ionen an die Zunge kommen. Atome an die Zunge kommen. Moleküle an die Zunge kommen.	☐ ☐ ☐ ☐
Welche der folgenden Stoffe sind **keine** Indikatoren?	Rotkohlsaft Salzsäure Kohlenstoffdioxid Wasserstoff	☐ ☐ ☐ ☐
Ergänze die Reaktionsgleichung	$__CaCO_3 + __H^+_{(aq)}$ $\rightarrow __CO_2 + ___ + ___$	
Kalkwasser ist ein Nachweisstoff (Reagenz) für	a) Stickstoff. b) Wasserstoff. c) Sauerstoff. d) Kohlendioxid.	☐ ☐ ☐ ☐

Teste dein Wissen
M III – 04

Säuren
(Seite 2 von 3)

Frage	Antwort	Punkte
Ergänze den folgenden Satz.	Bei der Reaktion von $\underbrace{_____}_{\textit{edlen oder unedlen}}$ Metallen reagieren diese mit Säuren $\underbrace{_____}_{\textit{stark, schwach oder gar nicht}}$.	
Bei der Reaktion von Metallen und Säuren entsteht …	a) eine Säure. b) Sauerstoff. c) Wasser. d) Wasserstoff.	☐ ☐ ☐ ☐
Die Knallgasprobe ist eine Nachweisreaktion für …	a) Säuren. b) Sauerstoff. c) Wasserstoff. d) Wasser.	☐ ☐ ☐ ☐
Ergänze.	Sauerstoffsäuren entstehen bei der Reaktion von _____ und _____.	
Man teilt Säuren in unterschiedliche Gruppen ein. Kennzeichne die Gruppen und nenne jeweils ein Beispiel.	a) Sauerstoffsäuren _____ b) Wasserstoffsäuren _____ c) Organische Säuren _____ d) Kohlenstoffsäuren _____	☐ ☐ ☐ ☐

Teste dein Wissen
M III – 04

Säuren
(Seite 3 von 3)

Frage	Antwort	Punkte
Benenne die folgenden Stoffe	a) CO_2 _____ b) H_2 _____ c) H_2O _____ d) O_2 _____ e) $HCl_{(aq)}$ _____ f) H_2CO_3 _____ g) H_2SO_4 _____ h) SO_2 _____ i) $CaCO_3$ _____ j) $H_3O^+_{(aq)}$ _____	

Es sind insgesamt 25 Punkte erreichbar.

Urteil	sehr gut			gut			befriedigend			ausreichend			mangelhaft			
Punkte	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Note	1+	1	1-	2+	2	2-	3+	3	3-	4+	4	4-	5+	5	5-	6
Lab Pkt	24	23	21	20	19	18	16	15	14	13	11	10	8	7	5	0

Note: _____ Datum / Paraphe: _____

Bemerkungen:

Teste dein Wissen
M III – 04 (Lösung)

Säuren
(Seite 1 von 3)

Frage	Antwort	Punkte
Säuren sind Stoffe, die …	a) Protonen aufnehmen b) Protonen abgeben c) Elektronen aufnehmen d) Elektronen abgeben	☐ (-1) ⊗ **(+1)** ☐ (-1) ☐ (-1)
Wie lautet die Summenformel eines Hydronium-Ions (Oxonium-Ions)?	a) H_2O b) $H_3O^+_{(aq)}$ c) H^+ d) $H^+_{(aq)}$	☐ (-1) ⊗ **(+1)** ☐ (-1) ⊗ **(+1)**
Stoffe schmecken sauer, wenn …	a) Protonen an die Zunge kommen. b) Ionen an die Zunge kommen. c) Atome an die Zunge kommen. d) Moleküle an die Zunge kommen.	⊗ **(+1)** ☐ (-1) ☐ (-1) ☐ (-1)
Welche der folgenden Stoffe sind **keine** Indikatoren?	a) Rotkohlsaft b) Salzsäure c) Kohlenstoffdioxid d) Wasserstoff	☐ (-1) ⊗ **(+1)** ⊗ **(+1)** ⊗ **(+1)**
Ergänze die Reaktionsgleichung	$___CaCO_3 + ___H^+_{(aq)}$ $\rightarrow ___CO_2 + ____ + _____$	**1** $CaCO_3$ + **2** H^+ → **1** CO_2 + **1** Ca^{2+} + **1** H_2O **(+3)**
Kalkwasser ist ein Nachweisstoff (Reagenz) für	a) Stickstoff. b) Wasserstoff. c) Sauerstoff. d) Kohlendioxid.	☐ (-1) ☐ (-1) ☐ (-1) ⊗ **(+1)**

Teste dein Wissen
M III – 04 (Lösung)

Säuren
(Seite 2 von 3)

Frage	Antwort	Punkte
Ergänze den folgenden Satz.	Bei der Reaktion von _____ (edlen oder unedlen) Metallen reagieren diese mit Säuren _____ (stark, schwach oder gar nicht).	edlen (...) schwach oder gar nicht unedlen (...) stark. **(+2) eine Möglichkeit reicht**
Bei der Reaktion von Metallen und Säuren entsteht ...	e) eine Säure. f) Sauerstoff. g) Wasser. h) Wasserstoff.	☐ (-1) ☐ (-1) ☐ (-1) ⊗ **(+1)**
Die Knallgasprobe ist eine Nachweisreaktion für ...	e) Säuren. f) Sauerstoff. g) Wasserstoff. h) Wasser.	☐ (-1) ☐ (-1) ⊗ **(+1)** ☐ (-1)
Ergänze.	Sauerstoffsäuren entstehen bei der Reaktion von _____ und _____.	Nichtmetalloxiden und Wasser **(+2)**
Man teilt Säuren in unterschiedliche Gruppen ein. Kennzeichne die Gruppen und nenne jeweils ein Beispiel.	e) Sauerstoffsäuren _____ f) Wasserstoffsäuren _____ g) Organische Säuren _____ h) Kohlenstoffsäuren _____	⊗ **(+1)** ⊗ **(+1)** ⊗ **(+1)** ☐ (-1)

Teste dein Wissen
M III – 04 (Lösung)

Säuren
(Seite 3 von 3)

Frage	Antwort	Punkte
Benenne die folgenden Stoffe	a) CO_2 _____ b) H_2 _____ c) H_2O _____ d) O_2 _____ e) $HCl_{(aq)}$ _____ f) H_2CO_3 _____ g) H_2SO_4 _____ h) SO_2 _____ i) $CaCO_3$ _____ j) H_3O^+ _____	a) Kohlendioxid b) Wasserstoff c) Wasser d) Sauerstoff e) Salzsäure f) Kohlensäure g) Schwefelsäure h) Schwefeldioxid i) Calciumcarbonat (Kalk) j) Hydronium-Ion (Oxonium-Ion) **je 0,5 Punkte = (+5)**

Es sind insgesamt 25 Punkte erreichbar.

Urteil	sehr gut			gut			befriedigend			ausreichend			mangelhaft			
Punkte	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Note	1+	1	1-	2+	2	2-	3+	3	3-	4+	4	4-	5+	5	5-	6
Lab Pkt	24	23	21	20	19	18	16	15	14	13	11	10	8	7	5	0

Der Bewertungsspiegel orientiert sich am Punkteverteilungsschlüssel in NRW.

Note: _____ Datum / Paraphe: _____

Bemerkungen:

B4. Wie sauer ist sauer – der pH-Wert

Autorinnen und Autoren

Gregor von Borstel – Alexander-von-Humboldt-Gymnasium, Bornheim

Petra Gemein – Helmholtz-Gymnasium, Bonn

Verlauf – Didaktischer Kommentar M IV

Wie sauer ist sauer? (Seite 1 von 2)

Zunächst soll an dieser Stelle nur die pH-Skala im Bereich von 1 bis 7 eingeführt werden. Mit ihrer Hilfe lassen sich beispielsweise verschieden saure Reiniger bezüglich ihrer unterschiedlichen Wirksamkeit klassifizieren und erklären.

Auf phänomenologischer Ebene geschieht dies über die erstmalige Nutzung eines farbabgestuften Indikators (z.B. UI 1-13 oder Rotkohlindikator), auf Teilchenebene über die Beschreibung der unterschiedlichen Konzentrationen an Oxonium-Ionen. Hierbei wird der Faktor 10 bei einem Wechsel der pH-Stufe erarbeitet. Die konkrete logarithmische Betrachtung sowie Einführung des Begriffs der Säurestärke sollte aber erst in der Sekundarstufe II erfolgen.

Der Einstieg kann über die kontextualisierte Fragestellung „Wie sauer ist sauer?“ z.B. im Zusammenhang mit pH-hautneutralen Handwaschmitteln erfolgen. Wir nutzen aber den alternativen Weg über ein direktes Anknüpfen an die unterschiedlich starken Reaktionen der diversen Reiniger mit Kalk (**Experiment 1**).

Der Begriff des pH-Werts im Sinne einer Verdünnung um den Faktor 10 kann in **Experiment 2** fakultativ selbsttätig erfasst werden. Parallel dazu bedarf es einer kurzen Erläuterung zur Bedeutung der Zahlenwerte mit Blick auf die Konzentration der Oxonium-Ionen.

Es folgt abrundend die Einführung einer Farbskala entweder als Vorgabe (durch den Hersteller) oder aber über eine selbst erstellte Verdünnungsreihe (**Experiment 3**). Dies vernetzt den Begriff des pH-Wertes und ermöglicht eine Einordung der Reiniger. Die Skala wird erst dann, wenn es nötig wird, auch auf den alkalischen Bereich ausgedehnt.

Die Beschränkung auf den Bereich 1 bis 7 ist mit der Einschränkung behaftet, dass man die Zusammensetzung einer neutralen Lösung nur unzureichend auf Teilchenebene erläutern kann.

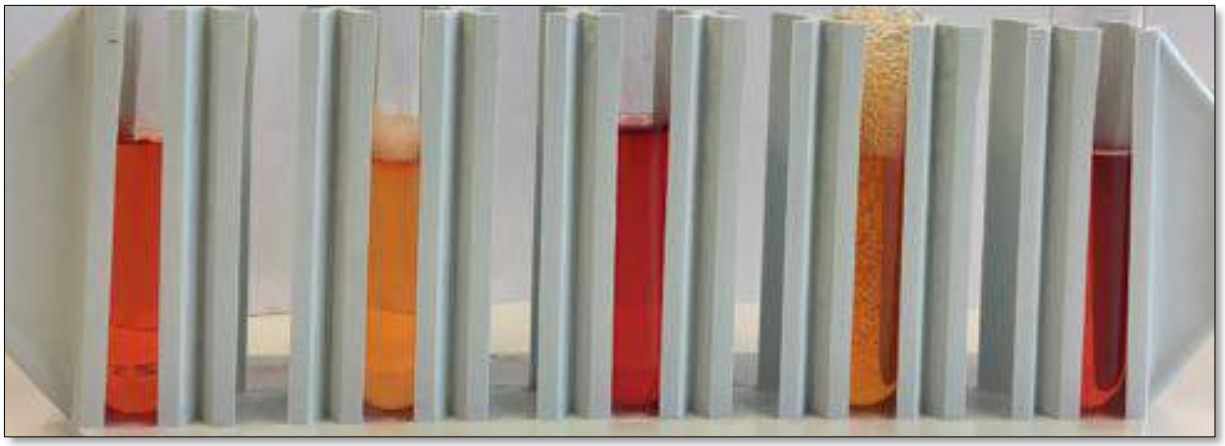


Abbildung B4.01 Diverse Reiniger nach Zugabe von Unisol 1-13

Verlauf – Didaktischer Kommentar M IV

Wie sauer ist sauer? (Seite 2 von 2)

Die eingeschränkte Betrachtung bietet den Vorteil, dass die Begründung der Zahlenwerte größer als 7 zunächst nicht in den Blick rücken muss, welche auf dem den Schülerinnen und Schülern noch unbekannten Protolyse-Gleichgewicht beruht. Zudem wird die Skala für Schülerinnen und Schüler zunächst sachlogisch erweiternd genutzt, verschieden saure Lösungen voneinander abzugrenzen.

Der Lernzuwachs kann je nach Lerngruppe auf verschiedenen Ebenen in Form der Erkenntnis folgender Sachzusammenhänge erfolgen:

- Je kleiner der pH-Wert, desto aggressiver ist der Reiniger.
- Je kleiner der pH-Wert, desto saurer ist die Lösung.
- Je kleiner der pH-Wert, desto höher ist die Konzentration der Oxonium-Ionen.
- Verringert sich der pH-Wert um eine Stufe, so erhöht sich die Konzentration der Oxonium-Ionen um den Faktor 10.
- pH-*haut*neutral heißt keineswegs pH-neutral!

Für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler kann die Problematik einer unmöglichen Verdünnung über den Neutralpunkt pH=7 hinaus induktiv thematisiert werden. Die Autoprotolyse des Wassers als limitierender Faktor sollte aber erst in der Sekundarstufe II Thema sein.

Hinweise zu den Experimenten
M IV

Wie sauer ist sauer?
(Seite 1 von 2)

Experiment 1 – Saure Reiniger mit Kalk und Indikator testen

Zunächst erhalten die Schülerinnen und Schüler verschiedene, ihnen teilweise bekannte saure Reinigungsmittel, die sie mittels Unisol 1-13 untersuchen und klassifizieren sollen. Dabei zeigen sich durchaus verschiedene Farben, denen sich pH-Werte zuordnen lassen, ohne dass dieser Begriff direkt definiert werden muss. Vielmehr wird er als Arbeitsbegriff verwendet und mit der Konzentration der sauren Lösung gleichgesetzt, die mit der Reaktion mit Kalk als Beispiel für die unterschiedliche Reinigungskraft korreliert.

Anschließend wird die Funktionsweise eines pH-Meters an den bereits untersuchten Reinigungsmitteln demonstriert und somit der Zusammenhang „je aggressiver ein Reiniger, umso niedriger ist der pH-Wert“ verdeutlicht.

Experiment 2 – Verdünnung mit pH-Meter

Die Schülerinnen und Schüler sollen nun die notwendige Verdünnung bis zum Erreichen der nächsten pH-Stufe entdeckend erkennen. Dazu erhalten sie zunächst eine Salzsäure-Lösung mit pH-Wert 1 und sollen diese so verdünnen, dass sie den pH-Wert 2 besitzt.

Da die natürliche Idee (halb Wasser, halb Säure) scheitert, wird eine neue Probe in einem zweiten Versuch schrittweise unter kontinuierlicher Messung des pH-Wertes verdünnt, bis der verlangte pH-Wert erreicht ist. Die Erkenntnis, dass eine Verdünnung 1 zu 9 für eine pH-Stufe erforderlich ist, wird dann mittels einer Salzsäure-Lösung mit pH-Wert 2 bestätigt.

Hinweise zu den Experimenten
M IV

Wie sauer ist sauer?
(Seite 2 von 2)

Experiment 3 – Erstellen einer Verdünnungsreihe mit Universalindikator

Basierend auf den Vorüberlegungen und Experimenten können die Schülerinnen und Schüler nun ausgehend von Salzsäure mit c = 0,1 mol/L eine Verdünnungsreihe bis circa pH=7 erstellen. Durch Zugabe eines geeigneten Indikators erhalten sie so eine Farbskala, mit deren Hilfe man die eingangs getesteten sauren Reiniger und andere saure Lösungen quantitativ einordnen kann.

Aufgrund sich aufsummierender Fehler kann die so erstellte Farbskala mitunter vom Idealergebnis abweichen, dennoch sind die Ergebnisse nutzbar.

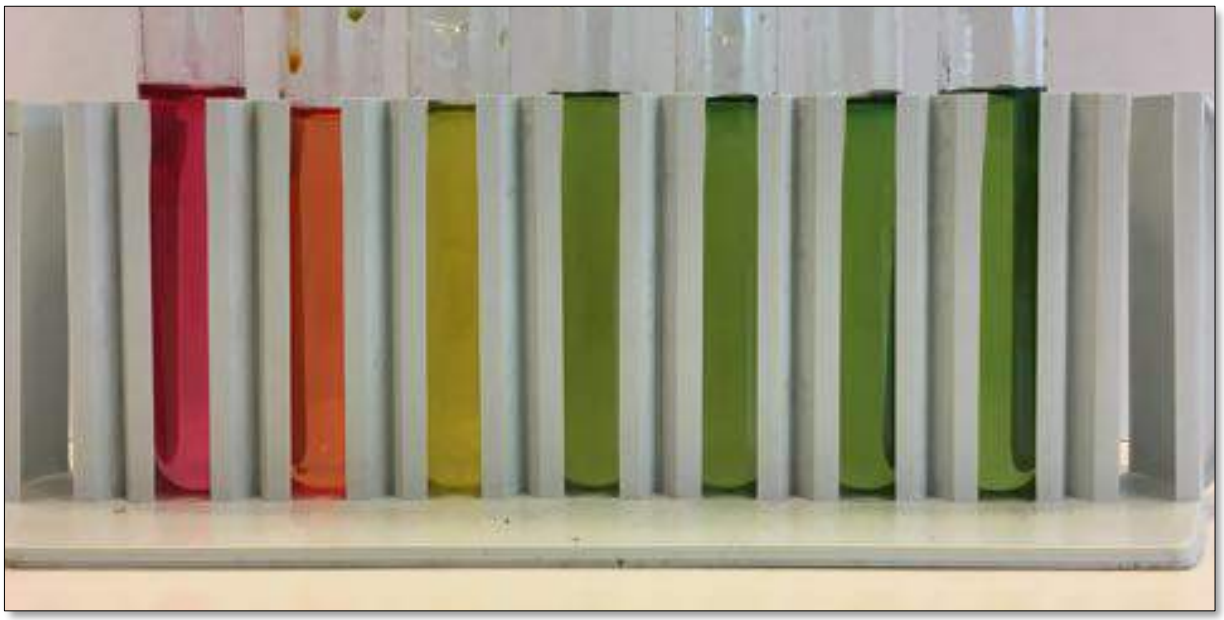


Abbildung B4.02 Verdünnungsreihe mit Unisol 1-13

Die hier entworfene Skalierung und die Einführung des pH-Wertes lassen sich dann wenig später nach der Einführung alkalischer Lösungen erweitern. Dann dient sie auch dem Verständnis der Neutralisation.

Saure Reiniger mit Indikator testen
M IV

Wie sauer ist sauer?
(Seite 1 von 1)

Diverse saure Reiniger Leitungswasser Unisol 1-13 in Ethanol (H225) Calciumcarbonat ($CaCO_3$)				Flüssigkeiten im Ausguss			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen	

Materialien

Reagenzgläser, Reagenzglasgestell, Pipetten, Stopfen in entsprechender Anzahl

Versuchsdurchführung

1. Gib jeweils 1 mL des zu untersuchenden Reinigers in ein Reagenzglas und verdünne mit Wasser auf circa 10 mL.
2. Füge in jedes Reagenzglas drei Tropfen Unisol hinzu und schüttle die Lösung kurz.

Arbeitsaufträge

1. Klassifiziere die Reiniger gemäß der Farbe des Indikators in verschiedenen Gruppen. Dokumentiere deine Ergebnisse ggf. per Foto für später.
2. Nimm nun Stellung zu der Aussage „Sauer ist nicht gleich sauer!“.
3. Welche Reaktionen erwartest du, wenn die verschiedenen Reiniger mit Kalk in Berührung kommen? Überprüfe deine Hypothese, indem du jeweils ein kleines Stückchen Kalk in die Reagenzgläser gibst.
4. Stelle einen Zusammenhang zwischen der Reinigungswirkung und der Farbe des Indikators her.

Beobachtungen

_____

_____

_____

Erklärung/Deutung

_____

_____

_____

Saure Reiniger mit Indikator testen
M IV (Lösung)

Wie sauer ist sauer?

Diverse saure Reiniger Leitungswasser Unisol 1-13 in Ethanol (H225) Calciumcarbonat ($CaCO_3$)				Flüssigkeiten im Ausguss			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen	

Materialien

Reagenzgläser, Reagenzglasgestell, Pipetten, Stopfen in entsprechender Anzahl

Versuchsdurchführung

1. Gib jeweils 1 mL des zu untersuchenden Reinigers in ein Reagenzglas und verdünne mit Wasser auf circa 10 mL.
2. In jedes Reagenzglas werden drei Tropfen Unisol hinzugefügt und die Lösung wird kurz geschüttelt.

Arbeitsaufträge

1. Klassifiziere die Reiniger gemäß der Farbe des Indikators in verschiedenen Gruppen. Dokumentiere deine Ergebnisse ggf. per Foto für später.
2. Nimm nun Stellung zu der Aussage „Sauer ist nicht gleich sauer!“.
3. Welche Reaktionen erwartest du, wenn die verschiedenen Reiniger mit Kalk in Berührung kommen? Überprüfe deine Hypothese, indem du jeweils ein kleines Stückchen Kalk in die Reagenzgläser gibst.
4. Stelle einen Zusammenhang zwischen der Reinigungswirkung und der Farbe des Indikators her.

Beobachtungen

Der Indikator färbt sich in verschiedenen Nuancen von orange bis rot.

Das Calcimcarbonat reagiert unterschiedlich stark mit den verschiedenen Reinigern unter Gasentwicklung.

Erklärung/Deutung

Die Reiniger sind unterschiedlich sauer. Dies bedeutet, dass sie „eine verschieden große Menge“ an Oxonium-Ionen enthalten und folglich auch unterschiedlich heftig mit Kalk reagieren.

Verdünnung mit dem pH-Meter
M IV

Wie sauer ist sauer?
(Seite 1 von 1)

Lösung A: c(HCl) = 0,1 mol/L Lösung B: c(HCl) = 0,01 mol/L destilliertes Wasser				Flüssigkeiten im Ausguss			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen	

Materialien

Bechergläser, Pipetten, Messzylinder, pH-Meter, Bürette, Erlenmeyerkolben

Versuchsdurchführung

1. Bei den Lösungen A und B handelt es sich um Salzsäure verschiedener Konzentrationen. Fülle jeweils 10 mL mit einer Pipette in ein Becherglas und verwende das pH-Meter, um den pH-Wert der Lösungen A und B zu bestimmen.
2. Stelle eine Vermutung auf, wie man Lösung A mit destilliertem Wasser verdünnen muss, um einen pH-Wert zu erhalten, der genau 1 höher ist.
3. Überprüfe deine Vermutung, indem du die entsprechende Verdünnung herstellst und ihren pH-Wert bestimmst.
4. Fülle eine Bürette mit destilliertem Wasser und lege dir 5 mL von Lösung A im Erlenmeyerkolben vor. Verdünne nun langsam unter kontinuierlicher Messung des pH-Wertes mit dem pH-Meter bis der gewünschte pH-Schritt eintritt.

Arbeitsaufträge

1. Ermittle die benötigte Menge an destilliertem Wasser, um den pH-Wert von Lösung A um 1 zu erhöhen.
2. Bestimme das Verhältnis Säure/Wasser, bei dem sich der pH-Wert um 1 erhöht.
3. Überprüfe dein Ergebnis, indem Du einmal 1 mL und einmal 5 mL von Lösung B ensprechend deiner Rechnung verdünnst und jeweils den pH-Wert misst.

Beobachtungen

_____

_____

Erklärung/Deutung

_____

_____

Verdünnung mit dem pH-Meter M IV (Lösung)

Wie sauer ist sauer?

Lösung A: c(HCl) = 0,1 mol/L Lösung B: c(HCl) = 0,01 mol/L destilliertes Wasser				Flüssigkeiten im Ausguss			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen	

Materialien

Bechergläser, Pipetten, Messzylinder, pH-Meter, Bürette, Erlenmeyerkolben

Versuchsdurchführung

1. Bei den Lösungen A und B handelt es sich um Salzsäure verschiedener Konzentrationen. Fülle jeweils 10 mL mit einer Pipette in ein Becherglas und verwende das pH-Meter, um den pH-Wert der Lösungen A und B zu bestimmen.
2. Stelle eine Vermutung auf, wie man Lösung A mit destilliertem Wasser verdünnen muss, um einen pH-Wert zu erhalten, der genau 1 höher ist.
3. Überprüfe deine Vermutung, indem du die entsprechende Verdünnung herstellst und ihren pH-Wert bestimmst.
4. Fülle eine Bürette mit destilliertem Wasser und lege dir 5 mL von Lösung A im Erlenmeyerkolben vor. Verdünne nun langsam unter kontinuierlicher Messung des pH-Wertes mit dem pH-Meter bis der gewünschte pH-Schritt eintritt.

Arbeitsaufträge

1. Ermittle die benötigte Menge an destilliertem Wasser, um den pH-Wert von Lösung A um 1 zu erhöhen.
2. Bestimme das Verhältnis Säure/Wasser, bei dem sich der pH-Wert um 1 erhöht.
3. Überprüfe dein Ergebnis, indem Du einmal 1 mL und einmal 5 mL von Lösung B ensprechend deiner Rechnung verdünnst und jeweils den pH-Wert misst.

Beobachtungen

Man benötigt circa 45 mL destilliertes Wasser für die verlangte Verdünnung.

Erklärung/Deutung

Eine Verdünnung im Verhältnis 1:9 enstpricht der Erhöhung des pH-Wertes um eine Stufe.

Verdünnungsreihe
M IV

Wie sauer ist sauer?
(Seite 1 von 2)

Salzsäure c = 0,1 mol/L Unisol 1-13 in Ethanol (H225) Leitungswasser				Flüssigkeiten im Ausguss			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen	

Infotext

Mit einem geeigneten Farbstoff wie z.B. Universalindikator lassen sich sogar Abstufungen der Konzentration der Oxonium-Ionen einer Lösung sichtbar machen.

Hierzu sollst du eine eigene Farbskala erstellen, mit deren Hilfe du dann die pH-Werte der von dir untersuchten Badreiniger bestimmen kannst.

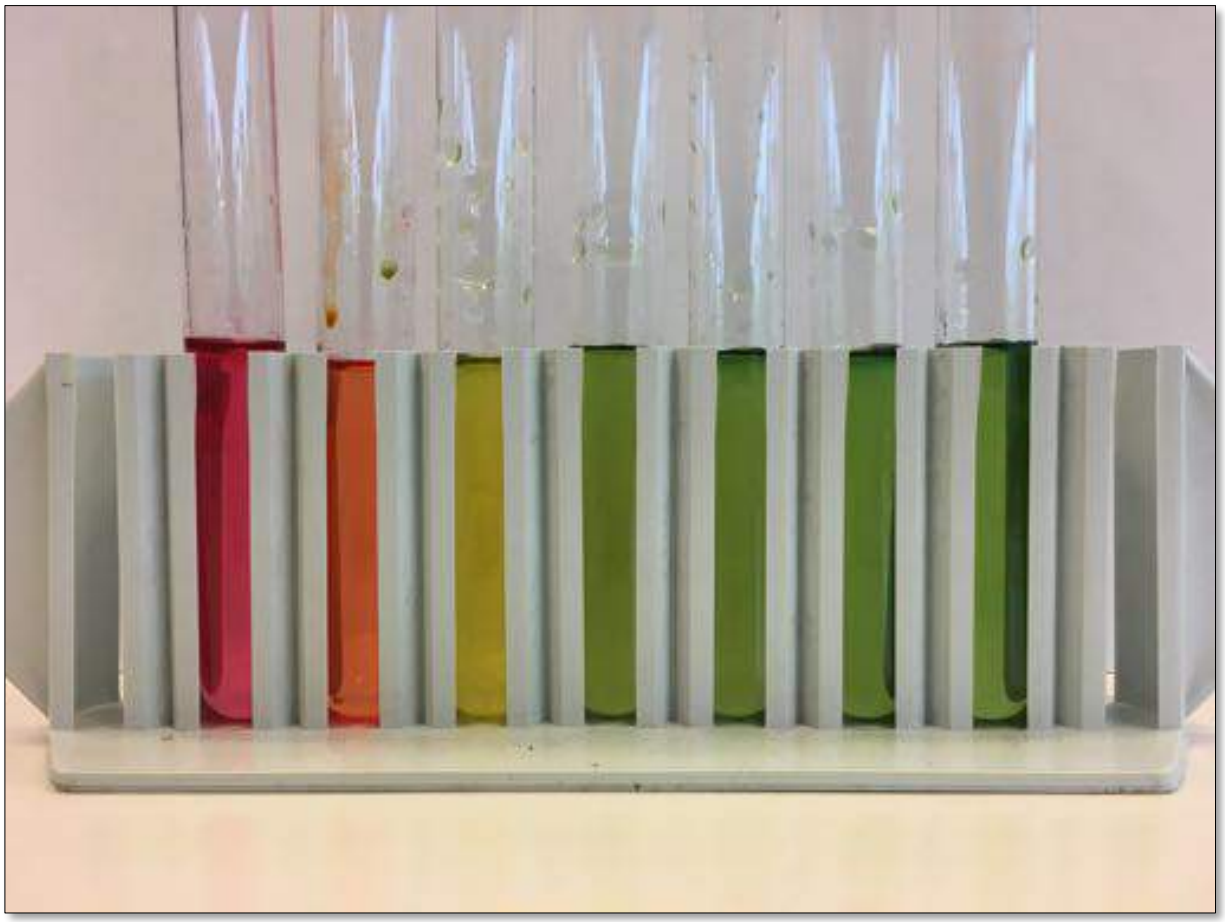


Abbildung B4.03 Verdünnungsreihe mit Unisol 1-13

Verdünnungsreihe
M IV

Wie sauer ist sauer?
(Seite 2 von 2)

Materialien

Reagenzgläser, Reagenzglasgestell, Pipetten, Stopfen in entsprechender Anzahl

Versuchsdurchführung

1. 11 mL einer Salzsäure mit der Konzentration von 0,1 mol/L werden in ein Reagenzglas gegeben. Fünf weitere Reagenzgläser werden daneben mit je 9 mL Wasser gefüllt.
2. 1 mL der Säure wird nun aus dem Reagenzglas Nr. 1 entnommen und in das Reagenzglas Nr. 2 gegeben. Dieses wird mit einem Stopfen verschlossen und geschüttelt. Aus dem 2. Reagenzglas entnimmt man erneut 1 mL Lösung und füllt diesen in das Reagenzglas Nr. 3. So fährt man fort bis zum Reagenzglas Nr. 6.
3. Das 7. Reagenzglas wird mit 10 mL Leitungswasser gefüllt.
4. In alle Reagenzgläser gibt man so viel Universalindikator, dass man eine deutliche Färbung der Flüssigkeiten erhält.

Arbeitsaufträge

1. Führe den Versuch wie oben beschrieben durch.
2. Vergleiche die von dir erstellte Farbskala mit der Farbskala des Herstellers des Indikators. Falls es Unterschiede gibt, benenne mögliche Ursachen dafür.
3. Ordne mit Hilfe der von dir erstellten Farbskala oder der Farbskala des Herstellers den schon getesteten Reinigern einen pH-Wert zu.

Beobachtungen

_____

_____

_____

_____

Erklärung/Deutung

_____

_____

_____

_____

Verdünnungsreihe M IV (Lösung)

Wie sauer ist sauer?

Materialien

Reagenzgläser, Reagenzglasgestell, Pipetten, Stopfen in entsprechender Anzahl

Versuchsdurchführung

1. 11 mL einer Salzsäure mit der Konzentration von 0,1 mol/L werden in ein Reagenzglas gegeben. Fünf weitere Reagenzgläser werden daneben mit je 9 mL Wasser gefüllt.
2. 1 mL der Säure wird nun aus dem Reagenzglas Nr. 1 entnommen und in das Reagenzglas Nr. 2 gegeben. Dieses wird mit einem Stopfen verschlossen und geschüttelt. Aus dem 2. Reagenzglas entnimmt man erneut 1 mL Lösung und füllt diesen in das Reagenzglas Nr. 3. So fährt man fort bis zum Reagenzglas Nr. 6.
3. Das 7. Reagenzglas wird mit 10 mL Leitungswasser gefüllt.
4. In alle Reagenzgläser gibt man so viel Universalindikator, dass man eine deutliche Färbung der Flüssigkeiten erhält.

Arbeitsaufträge

1. Führe den Versuch wie oben beschrieben durch.
2. Vergleiche die von dir erstellte Farbskala mit der Farbskala des Herstellers des Indikators. Falls es Unterschiede gibt, benenne mögliche Ursachen dafür.
3. Ordne mit Hilfe der von dir erstellten Farbskala oder der Farbskala des Herstellers den schon getesteten Reinigern einen pH-Wert zu.

Beobachtungen

Nach Verdünnen und Zugabe des Indikators wird man eine farbliche Abstufung erkennen, die häufig nicht der mit gepufferten Lösungen erstellten Farbskala entspricht, zum Beispiel weil sich kleine Fehler beim Verdünnen fortsetzen.

Dennoch ist die Farbskala zur Einordnung der Reiniger nutzbar.

Erklärung/Deutung

Die Reiniger haben unterschiedliche pH-Werte. Dies liegt in der Verwendung verschieden starker und verschieden konzentrierter Säuren begründet und äußert sich sowohl in der Farbe bei Zugabe des Indikators als auch in der Reaktionsgeschwindigkeit z.B. beim Zersetzen von Kalk.

B5. Ätzend, aber nicht sauer

Autorinnen und Autoren

Annik Kömpel – Albert-Schweitzer-Schule, Offenbach

Christian Kottig – Fichte-Gymnasium, Hagen

Jasmin Völkl – Altkönigschule, Kronberg

Verlauf – Didaktischer Kommentar M V

Ätzend, aber nicht sauer (Seite 1 von 4)

Das Modul V bietet einen Einstieg in die Thematik Basen/Laugen. Den alltagsnahen Zugang ermöglichen Reiniger, welche entgegen den ersten Modulen nicht mehr sauer sind. Somit ergibt sich als Voraussetzung für dieses Modul das Modul I, welches die verschiedenen Lösungen mit Hilfe des natürlichen Indikators Rotkohlsaft auf die saure Eigenschaft hin überprüft. Auf dieser Grundlage werden die basischen Reiniger einer zweiten Gruppe von Reinigern zugeordnet und die Wirkung der alkalischen Reiniger untersucht.

M V 01 – Animation – Basische Reinigungsmittel

Einen möglichen Stundenbeginn bietet eine kurze Animation zum Thema Verwendung eines alkalischen Badreinigers nach einer ausgearteten Party. Die cartoonartige Gestaltung sowie der lebensnahe Bezug holen die Schülerinnen und Schüler in ihren Alltagserfahrungen ab und wirken so motivierend.
www.lncu.de/index.php?cmd=courseManager&mod=library&action=show&categoryId=15

Die Schülerinnen und Schüler erkennen bei dieser Animation, dass basische Reiniger sogenannte Hydroxidionen (OH^- -Ionen) enthalten. Die Wirkung dieser Ionen wird am Beispiel eines Fettmoleküls (in Strukturformeln) als Verseifung verdeutlicht.

Wichtig ist im Unterrichtsgang hervorzuheben, dass saure Reiniger bei Fettablagerungen, Haaren und anderen organischen Substanzen keine Wirkung zeigen, sodass der basische Reiniger zum Putzen zwingend notwendig ist.

Alternativ kann die Animation auch zur Sicherung nach der Experimentierphase zum Einsatz kommen.

M V 02 – Experiment – Untersuchung verschiedener Reiniger

Im ersten Experiment werden verschiedene Reiniger mit Rotkohlindikator untersucht. In Abgrenzung zu Modul I werden nun die nicht sauren also basischen Reiniger untersucht und deren Einsatzgebiete genauer betrachtet.

Für dieses Experiment sind zwei Einstiege denkbar. Zum einen kann man selbst als Lehrkraft verschiedene basische Reiniger (neben Rohrreiniger eignen sich Glas-, Bad-, Backofen- und Grillreiniger) mitbringen und so den Fokus direkt auf diese lenken. Alternativ bietet es sich jedoch an, die Schülerinnen und Schüler selbst gewählte Reiniger von zu Hause mitbringen zu lassen. Diese können sie dann durch die Untersuchung mittels Rotkohlindikator einteilen. Somit schließt sich direkt die Frage an, für welchen Schmutz basische Reiniger zuständig sind und wie diese Reiniger wirken.

Wie bei der gesamten Reihe ist es für beide Einstiege wichtig, die Schülerinnen und Schüler in ihrer Erfahrungswelt abzuholen und mit Realobjekten, den Reinigern, den Alltagsbezug deutlich werden zu lassen.

Sollte man bei der Auswertung pH-Werte für die Lösung ermitteln wollen, sind auch hier zwei Wege denkbar. Zum einen können diese einfach mit einem pH-Meter gemessen werden. Dafür müssten die Schülerinnen und Schüler bereits Modul IV bearbeitet haben. Alternativ kann ein Abgleich mit einer „Farborgel“ ungefähre pH-Werte liefern.

Hinweise zu den Experimenten M V

Ätzend, aber nicht sauer (Seite 2 von 4)

Näherungsweise Zuordnung von Färbungen des Rotkohlsafts zu pH-Werten

Chemikalien

HCl (c=0,1 mol/L), NaOH (c=1 mol/L), Essig (w=5%), $NaHCO_3$ (w=1%), Na_2CO_3 (w=1%), Rotkohlsaft

	Rotkohlsaft	Zusatz Säure bzw. Lauge	Zugabe von destilliertem Wasser	Farbe	pH-Wert
1	1 mL + 10 mL Wasser	10 mL HCl	-	Erdbeer-rot	1,7
2	"	10 mL Essig	-	Himbeer-rot	2,8
3	"	2 mL Essig	8 mL	rot-violett	3,7
4	"	-	10 mL	blau-violett	5,8
5	"	1 mL $NaHCO_3$	9 mL	blau	7,1
6	"	10 mL $NaHCO_3$	-	blau-grün	8,0
7	"	1 mL Na_2CO_3, 9 mL $NaHCO_3$	-	grün-blau	8,7
8	"	5 mL Na_2CO_3	5 mL	grün (nach längerer Zeit gelb)	10,5
9	"	10 mL NaOH	-	gelb (anfangs kurzzeitig grün)	13,2

Tabelle B5.01

Hinweise zu den Experimenten
M V

Ätzend, aber nicht sauer
(Seite 3 von 4)

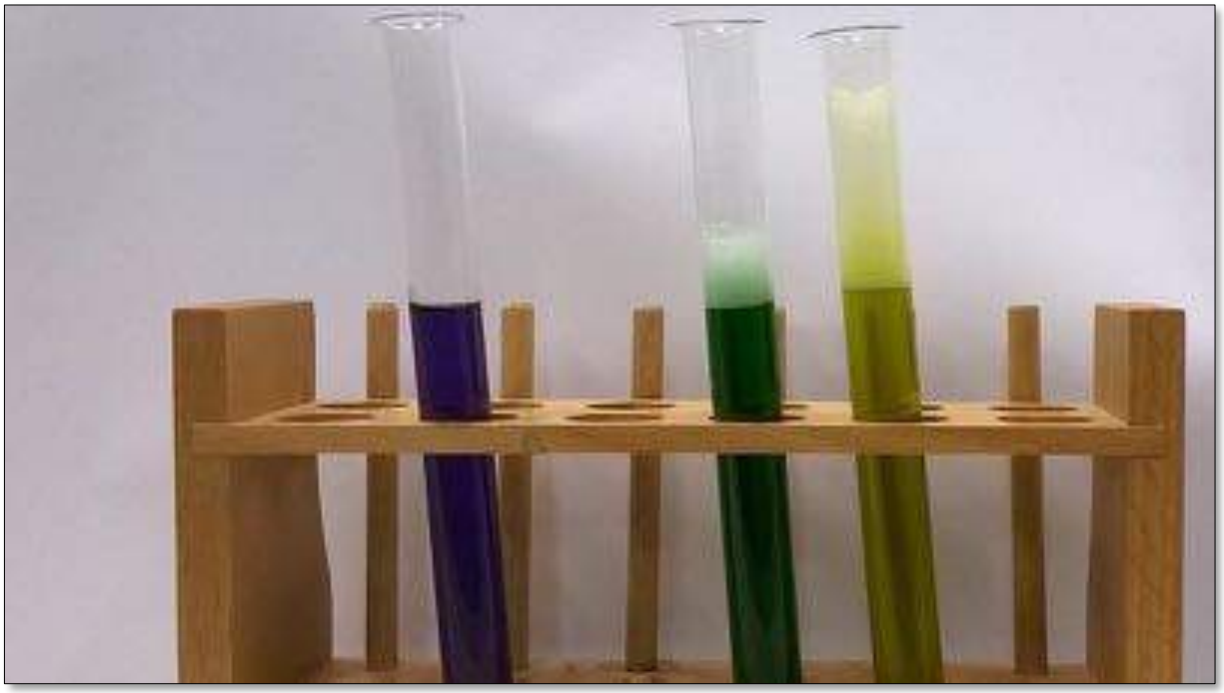


Abbildung B5.01 Reagenzgläser von links nach rechts: Rotkohlextrakt, Rotkohlextrakt + 1 mL des Backofenreinigers, Rotkohlextraks + 2 mL des Backofenreinigers

Abbildung B5.02 Rotkohlsaft bei verschiedenen pH-Werten (Anordnung von links nach rechts entspricht derjenigen in der Tabelle von oben nach unten bzw. von 1 bis 9)

Hinweise zu den Experimenten M V

Ätzend, aber nicht sauer (Seite 4 von 4)

M V 03 – Experiment – Wirkung eines Rohrreinigers

Nachdem die Existenz basischer Reiniger mittels des Rotkohlindikators nachgewiesen und deren Verwendungszweck thematisiert wurde, erfolgt eine Untersuchung der Wirkung dieser Reinigungsmittel am Beispiel eines Rohrreinigers. Dazu werden verschiedene organische Substanzen in basischen Reinigern eingelegt und im Rahmen eines Langzeitexperiments über eine Woche beobachtet. Daran erkennen die Schülerinnen und Schüler die zersetzende Wirkung und die dadurch ermöglichte Entfernung der Verschmutzung.

Zusätzlich zur Wirkung der Lauge reagieren die im Rohrreiniger enthaltenen Aluminiumstückchen mit dem Wasser unter Bildung von Wasserstoff:

$$2\mathrm{Al} + 6\ \mathrm{H_2O} \rightarrow 2\mathrm{Al(OH)_3} + 3\mathrm{H_2}$$

Die Bildung von Wasserstoff dient der mechanischen Auflockerung einer Verstopfung.

Als Abgrenzung bietet es sich an, auch die Wirkung der sauren Reinigungsmittel auf organischen Schmutz zu testen. Dies kann alternativ als Demonstrationsexperiment von der Lehrkraft vorbereitet werden und zu einem Vergleich der Ergebnisse dienen.

Zur Vertiefung

Um nicht nur Reiniger als Beispiel alltagsnaher basischer Substanzen kennenzulernen, bietet sich eine Vertiefung der gewonnenen Erkenntnisse auf Lebensmittel an.

Ein Beispiel hierfür stellt Laugengebäck dar, das als Einstieg dienen könnte, um Schülerassoziationen zum Thema Laugen zu generieren.

Untersuchung verschiedener Reiniger — Ätzend, aber nicht sauer
M V 01 — (Seite 1 von 1)

Bitte achte auf die Gefahrenhinweise auf den verschiedenen Reinigern, z.B. Backofenreiniger: Achtung Rohrreiniger: Gefahr	Flüssigkeiten in den Ausguss	Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen

Im Haushalt werden verschiedene spezielle Reiniger verwendet. Einige hast du vielleicht schon kennengelernt und genauer untersucht. Aber wieso gibt es bloß so viele verschiedene Reiniger? Finde es heraus und untersuche die Reiniger mit Rotkohlindikator!

Materialien

Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Reagenzglasstopfen, Rotkohlextrakt, verschiedene Reiniger, Spatel

Versuchsdurchführung

1. Gib je eine Spatelspitze, einen Sprühstoß oder ein paar Tropfen Reiniger in ein Reagenzglas.
2. Gib nun ein paar Tropfen Rotkohlextrakt hinzu bis eine deutliche Verfärbung erkennbar ist.
3. Verschließe das Reagenzglas mit einem Stopfen und schüttel es.

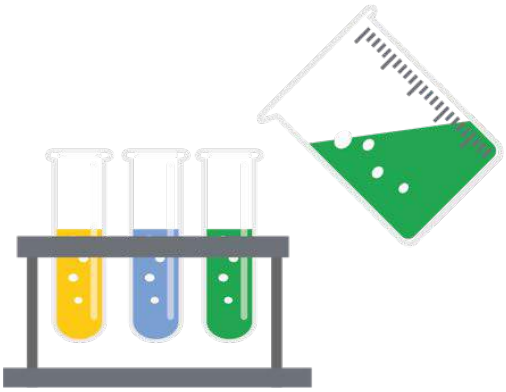


Abbildung B5.03

Beobachtungen

Halte deine Beobachtungen in einer Tabelle fest.

Reiniger	Färbung des Rotkohlindikators
...	...

Arbeitsaufträge

1. Teile die Reiniger in zwei Gruppen ein und notiere die verschiedenen Anwendungsgebiete sowie Inhaltsstoffe ebenfalls tabellarisch.
2. Recherchiere in deiner Chemiemappe oder im Buch, was der Rotkohlindikator anzeigt und formuliere passende Gruppennamen.

Zusatzaufgabe

Formuliere eine Empfehlung, welche Inhaltsstoffe sich für welchen Schmutz eignen.

Untersuchung verschiedener Reiniger M V 01 (Lösung) — Ätzend, aber nicht sauer

Beobachtungen

Reiniger	Färbung des Rotkohlindikators
Backofenreiniger	grün
Rohrreiniger	gelb
saure Reiniger	rot bis lila

Arbeitsauftrag 1

Gruppe	Anwendungsgebiete	Inhaltsstoffe
saure Reiniger	Kalk, Urinstein	Zitronensäure, Essigsäure Tenside, (Duftstoffe, Konservierungsmittel, Farbstoffe)
basische bzw. alkalische Reiniger	Verkrustungen, Schmutz, Eingebranntes (Backofenreiniger); Küchenabfälle, Speisereste, Haare, Seifenreste (Rohrreiniger)	Tenside, (Konservierungsmittel) (Backofenreiniger) Natriumhydroxid, Stellmittel, Aluminiumgranulat

Arbeitsauftrag 2

Entsprechend B1.02 und B1.03 (siehe Kapitel B1) zeigt der Rotkohlindikator an, ob Lösungen sauer, neutral oder alkalisch reagieren.

Zusatzaufgabe

Säuren eignen sich zur Entfernung von Kalkflecken und Urinstein.

Alkalische Lösungen eignen sich zur Entfernung von organischen Verunreinigungen in Backöfen und Abflussrohren.

Wirkung eines Rohrreinigers
M V 02

Ätzend, aber nicht sauer
(Seite 1 von 1)

Rohrreiniger: Gefahr Bitte achte auf die Gefahrenhinweise auf dem Reiniger.	Flüssigkeiten in den Ausguss	Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen.

Ein tägliches Problem in Haushalten sind verstopfte Abflüsse an Waschbecken, Spülen oder Duschen. Hier helfen Rohrreiniger. Sie lösen die Verstopfungen schnell und gründlich. Organische Materialien wie Haare, Hautschuppen oder Fette können weggespült werden.

Materialien

4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Becherglas, Haare, Wollfasern, Fingernägel, Butter, Spatel, Rohrreiniger, destilliertes Wasser

Versuchsdurchführung

1. Gib in die vier Reagenzgläser jeweils eine Probe der verschiedenen organischen Materialien.
2. Löse im Becherglas etwas von dem Rohrreiniger in destilliertem Wasser.
3. Fülle die Reagenzgläser anschließend zu einem Drittel mit der Rohrreinigerlösung.
4. Beobachte deine Ansätze direkt und nach einer Woche.

Abbildung B5.06

Beobachtungen

Organische Materialien	Beobachtung Tag 1	Beobachtung Tag _____
...	...	

Arbeitsaufträge

1. Finde heraus, welche Stoffe der Rohrreiniger enthält.
2. Fertige ein Versuchsprotokoll an.
3. Ergänze die folgenden Merksätze:

   Beim Lösen des Rohrreinigers in Wasser entsteht eine_____, welche Fette verseift und Haare und andere organische Materialien angreift.

   Außerdem löst sie das ebenfalls im Granulat enthaltene metallische Aluminium unter starker_____ und Bildung von _____.

Wirkung eines Rohrreinigers M V 02 (Lösung) — Ätzend, aber nicht sauer

Musterlösung zu den Arbeitsaufträgen

Aufgabe 1

Inhaltsstoffe im Rohrreiniger: Natriumhydroxid, Stellmittel, Aluminiumgranulat

Aufgabe 2

Organische Materialien	Beobachtung Tag 1	Beobachtung Tag _8_
Haare Wollfasern Fingernägel Butter	An den Aluminiumstückchen bilden sich Gasblasen. Die Aluminiumpartikel steigen auf und ab. Die Lösung wird warm. Es setzen sich bräunliche Partikel ab.	Die Materialien haben sich z.T. zersetzt.

Aufgabe 3

Beim Lösen des Rohrreinigers in Wasser entsteht eine **alkalische Lösung**, welche Fette verseift und Haare und andere organische Materialien angreift.

Außerdem löst sie das ebenfalls im Granulat enthaltene metallische Aluminium unter starker **Wärmeentwicklung** und Bildung von **Gasbläschen**.

Erklärung/Deutung

Die im Rohrreiniger enthaltenen Aluminiumstückchen reagieren mit dem Wasser unter Bildung von Wasserstoff:

$$2\ Al + 6\ H_2O \rightarrow 2\ Al(OH)_3 + 3\ H_2$$

Die Bildung von Wasserstoff dient der mechanischen Auflockerung einer Verstopfung.
Die entstehende Natronlauge bewirkt die alkalische Hydrolyse von Fetten und Proteinen.

B6. Herstellung von Laugen

Autorinnen und Autoren

Annik Kömpel – Albert-Schweitzer-Schule, Offenbach

Jasmin Völkl – Altkönigschule, Kronberg

Modul VI – Herstellung von Laugen

Das Modul VI stellt eine Erweiterung des Moduls V dar. Insbesondere ist die Untersuchung eines Rohrreinigers Grundlage und Voraussetzung des folgenden Moduls. In Anlehnung an die Untersuchung der Wirkung stellen die Schülerinnen und Schüler nun ihre eigenen Rohrreiniger und damit basische Lösungen her. Dabei lernen die Schülerinnen und Schüler die Grundkonzepte, *„Alkali- bzw. Erdalkalimetall + Wasser“ und „Alkali- bzw. Erdmetalloxid + Wasser“* reagieren zu basischen Lösungen, kennen. Hierbei können die Reaktionsgleichungen in Wort oder auch Symbolform formuliert werden. Abschließend bietet ein Kurztest den Schülerinnen und Schülern ein geeignetes Instrument zur Selbstdiagnose ihres Wissensstandes im Bereich Basen.

M VI – 01 – Demonstrationsexperiment: Herstellung eines Rohreinigers

Als klassische Basenherstellung wird zunächst im Lehrerdemonstrationsexperiment die Reaktion von Natrium mit Wasser durchgeführt. Als Indikator dient hierbei traditionell Phenolphthalein. Da dieser Indikator bisher nicht thematisiert wurde, muss zunächst der Farbumschlagsbereich bzw. seine Anwendung im Plenum besprochen werden. Hierzu dient zudem ein Infokasten auf dem Arbeitsblatt. Alternativ kann der Versuch auch mit Universalindikator oder Bromthymolblau durchgeführt werden.

Die Schülerinnen und Schüler können anhand dieses Experiments selbstständig erarbeiten, dass Natrium mit Wasser zu einer basischen Lösung reagiert. Vertiefend kann man den Versuch im Anschluss mit Kalium durchführen, so dass man zum einen zeigt, dass auch andere Alkalimetalle diese Reaktion hervorrufen und zum anderen kann Abstufung der Reaktivität der Alkalimetalle innerhalb der Hauptgruppe im Periodensystem thematisiert bzw. wiederholt werden.

M VI – 02 – Schülerexperimente: Herstellung weiterer Laugen

Als Weiterführung der Thematik *„Herstellung von Laugen“* sollen die Schülerinnen und Schüler in weiteren Experimenten zum einen das Reaktionsschema (Metall + Wasser → Lauge + Wasserstoff) vertiefen, indem sie das Gelernte über die Alkalimetalle auf das Erdalkalimetall Calcium anwenden, und zum anderen ein neues Reaktionsschema (Metalloxid + Wasser → Lauge) erarbeiten.

Aufgrund des geringen Materialaufwands bietet es sich hier an, in sehr kleinen Gruppen zu experimentieren, um so alle Schülerinnen und Schüler zu aktivieren und sie in ihrem eigenen Lerntempo die Inhalte erarbeiten zu lassen. Je nach Unterrichtszeit kann man in dieser Phase alle Gruppen Experiment 1 und Experiment 2 erarbeiten lassen oder arbeitsteilig vorgehen.

In Modul V haben die Schülerinnen und Schüler bereits die Wirkung von Rohrreinigern auf unterschiedliche Stoffe getestet. Diese Versuche könnten mit der Lösung des selbst hergestellten Rohreingers wiederholt und vertieft werden. Außerdem dienen diese wiederholenden Experimente zur Überprüfung, ob die Schülerinnen und Schüler tatsächlich einen Rohrreiniger hergestellt haben. Solche Kontrollergebnisse helfen den Schülerinnen und Schülern sehr dabei, das Gelernte anzunehmen. Dieser Zusatz dient auch als Zusatz für schnelle Gruppen während der Experimentierphase.

M VI – 03 – Teste dein Wissen

Das Arbeitsblatt „Teste dein Wissen“ fasst in einigen kurzen Fragen die Lerninhalte von Modul V und Modul VI zusammen. Die Fragen konzentrieren sich auf die wichtigsten zu merkenden Schlagworte zum Thema Basen und basische Lösungen. Dieser Kurztest dient als Selbstdiagnoseinstrument für die Schülerinnen und Schüler, kann aber auch als kurzer Leistungsnachweis in die Lerneinheit seitens der Lehrkraft eingesetzt werden.

Herstellung eines Rohrreinigers
M VI – 01

Natrium: Atzend, feuergefährlich. Phenolphthalein: Ätzend, Gesundheitsgefährdend				Flüssigkeiten in den Ausguss			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen.	

Laugen entstehen zum Beispiel durch die Reaktion von Alkali- und Erdalkalimetallen sowie deren Oxiden mit Wasser. Die entstandenen basischen Lösungen enthalten die charakteristischen Hydroxidionen (OH^- -Ionen). Der bekannteste Indikator für Laugen ist Phenolphthalein. Handelt es sich bei einer Flüssigkeit um eine Lauge, so färbt sich dieser sonst farblose Indikator in dieser Flüssigkeit pink.

Alkali- bzw. Erdalkalimetall + Wasser → Metallhydroxid + Wasserstoff

Alkali- bzw. Erdalkalimetalloxid + Wasser → Metallhydroxid

Lehrerdemonstrationsexperiment – Verhalten von Natrium in Wasser

Material

gr. Petrischale, Natrium, Wasser, Phenolphthalein-Lösung, Messer, Pinzette

Versuchsaufbau

Zeichne!

Versuchsdurchführung

_____

_____

Beobachtungen

_____

_____

Auswertung

_____

_____

Reaktionsschema/Reaktionsgleichung

_____

_____

Herstellung eines Rohrreinigers M VI – 01 (Lösung)

Herstellung von Laugen

Natrium: Atzend, feuergefährlich. Phenolphthalein: Ätzend, Gesundheitsgefährdend				Flüssigkeiten in den Ausguss			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen.	

Laugen entstehen zum Beispiel durch die Reaktion von Alkali- und Erdalkalimetallen sowie deren Oxiden mit Wasser. Die entstandenen basischen Lösungen enthalten die charakteristischen Hydroxidionen (OH^- -Ionen). Der bekannteste Indikator für Laugen ist Phenolphthalein. Handelt es sich bei einer Flüssigkeit um eine Lauge, so färbt sich dieser sonst farblose Indikator in dieser Flüssigkeit pink.

Alkali- bzw. Erdalkalimetall + Wasser → Metallhydroxid + Wasserstoff

Alkali- bzw. Erdalkalimetalloxid + Wasser → Metallhydroxid

Lehrerdemontrationsexperiment – Verhalten von Natrium in Wasser

Material

gr. Petrischale, Natrium, Wasser, Phenolphthalein-Lösung, Messer, Pinzette

Versuchsaufbau

(Zeichne!)

Abbildung B6.01

Versuchsdurchführung

Man füllt Wasser in die große Petrischale und gibt einige Tropfen Phenolphthalein-Lösung hinzu. Anschließend schneidet man ein kleines Stück Natrium (Erbsengroß) ab und entkrustet es. Nun lässt man das entkrustete Stück Natrium mit Hilfe der Pinzette in die mit Wasser gefüllte Petrischale fallen.

Beobachtungen

Natrium ist ein silberglänzendes Metall. Bei Berührung mit dem Wasser bewegt es sich auf der Wasseroberfläche und formt sich zu einer Kugel. Die Kugel wird immer kleiner, bis kein Natrium mehr zu sehen ist. Das Wasser färbt sich pink.

Das Natrium kann sich gegebenenfalls auf der Wasseroberfläche entzünden und es lassen sich kleine Bläschen an der Stelle des Natriums im Wasser beobachten.

Auswertung

Natrium geht mit dem Wasser eine exotherme Reaktion ein. Dabei entsteht Wasserstoff (H_2) und Natronlauge ($NaOH_{aq}$).

Reaktionsschema/Reaktionsgleichung

$$2\ Na_{(s)} + 2\ H_2O_{(l)} \rightarrow 2\ NaOH_{(aq)} + H_{2(g)} \uparrow$$

Herstellung weiterer Laugen
M VI – 02

Herstellung von Laugen
(Seite 1 von 2)

Phenolphthalein: Gefahr. Ätzend feuergefährlich, gesundheitsgefährdend. Calciumspäne: Gefahr	Flüssigkeiten neutralisiert in den Ausguss	Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen.

In den folgenden Experimenten könnt ihr gemeinsam weitere Laugen mit Hilfe von Matallen bzw. Meltalloxiden herstellen. Bildet hierzu zunächt Gruppen. Anschließend bearbeitet die eine Hälfte Experiment 1, während die andere Hälfte der Gruppe Experiment 2 durchführt.

Experiment 1 – Verhalten von Calcium in Wasser

Material

Reagenzglas, Reagenzglasständer, Spatel, Calciumspäne, destilliertes Wasser, Phenolphthalein-Lösung, evtl. weitere Indikatoren

Versuchsdurchführung

1. Gib in das Reagenzglas einen Spatel Calciumspäne.
2. Fülle dann das Reagenzglas zu einem Drittel mit destilliertem Wasser.
3. Untersuche deine hergestellte Lösung mit Phenolphthalein.
4. Fertige ein Versuchsprotokoll an.

Herstellung weiterer Laugen
M VI – 02

Phenolphthalein: Gefahr, Ätzend feuergefährlich, gesundheitsgefährdend Calciumoxid: Gefahr	Flüssigkeiten neutralisiert in den Ausguss	Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen.

In den folgenden Experimenten könnt ihr gemeinsam weitere Laugen mit Hilfe von Matallen bzw. Meltalloxiden herstellen. Bildet hierzu zunächt Gruppen. Anschließend bearbeitet die eine Hälfte Experiment 1, während die andere Hälfte der Gruppe Experiment 2 durchführt.

Experiment 2 – Verhalten von Calciumoxid und Magnesiumoxid in Wasser

Material

2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel, Calciumoxid, Magnesiumoxid, destilliertes Wasser, Phenolphthalein-Lösung, evtl. weitere Indikatoren

Versuchsdurchführung

1. Gib in die Reagenzgläser je einen Spatel der Metalloxide.
2. Fülle dann die Reagenzgläser zu einem Drittel mit destilliertem Wasser.
3. Untersuche deine hergestellten Lösungen mit Phenolphthalein.
4. Fertige ein Versuchsprotokoll an.

Arbeitsaufträge

1. Tauscht eure Ergebnisse aus und haltet die wichtigsten Ergebnisse beider Experimente schriftlich fest.

Zusatzaufgabe

2. Testet die Wirkung eurer hergestellten Laugen über eine Woche an ein paar Haaren.

Herstellung weiterer Laugen
M VI – 02 (Lösung)

Herstellung von Laugen
(Seite 1 von 2)

Experiment 1 – Verhalten von Calcium in Wasser

Material

Reagenzglas, Reagenzglasständer, Spatel, Calciumspäne, destilliertes Wasser, Phenolphthalein-Lösung, evtl. weitere Indikatoren

Versuchsdurchführung

1. Gib in das Reagenzglas einen Spatel Calciumspäne.
2. Fülle dann das Reagenzglas zu einem Drittel mit destilliertem Wasser.
3. Untersuche deine hergestellte Lösung mit Phenolphthalein.
4. Fertige ein Versuchsprotokoll an.

Lösung

Beobachtung

Calciumstück werden kleiner, Flüssigkeit wird warm, sprudeln. Flüssigkeit wird trüb. Ein Gas entsteht, bei dem die Knallgasprobe positiv ausfällt. Phenolphthalein-Lösung färbt sich pink und der Universalindikator blau.

Auswertung

Es findet eine exotherme Reaktion statt. Es entsteht eine Lauge und Wasserstoff.

$$Ca_{(s)} + 2\ H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + H_{2(g)} \uparrow$$

Herstellung weiterer Laugen
M VI – 02 (Lösung)

Herstellung von Laugen
(Seite 2 von 2)

Experiment 2 – Verhalten von Calciumoxid und Magnesiumoxid in Wasser

Material

2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel, Calciumoxid, Magnesiumoxid, destilliertes Wasser, Phenolphthalein-Lösung, evtl. weitere Indikatoren

Versuchsdurchführung

1. Gib in die Reagenzgläser je einen Spatel der Metalloxide.
2. Fülle dann die Reagenzgläser zu einem Drittel mit destilliertem Wasser.
3. Untersuche deine hergestellten Lösungen mit Phenolphthalein.
4. Fertige ein Versuchsprotokoll an.

Lösung

Beobachtung

Calcium- und Magnesiumoxid lösen sich zum Teil im Wasser auf. Beides sind schwerlösliche Salze. Phenolphthalein-Lösung färbt sich pink und Universalindikator leicht blau.

Auswertung

Das Metalloxid tritt in Kontakt mit dem Wasser. Es reagiert mit Wasser zunächst zum Metallhydroxid, das in Wasser dissoziiert. Die entstandenen Lösungen sind sehr schwach alkalisch. Der Universalindikator ist für die wenigen Hydroxid-Ionen, die hier entstanden sind, etwas unempfindlich. Ein wesentlich empfindlicherer Indikator ist Phenolphthalein.

$$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)}$$

$$MgO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Mg(OH)_{2(aq)}$$

Teste dein Wissen
M VI – 03

Herstellung von Laugen
(Seite 1 von 1)

1. Vervollständige den Lückentext

- Sowohl bei der Reaktion von _____ der ersten und zweiten Hauptgruppe, wie bei der Reaktion von _____ mit Wasser entstehen _____.
- Sie enthalten die charakteristischen _____.
- Die chemische Formel dieser Teilchen lautet: _____.
- Nachweisen kann man sie zum Beispiel mit _____ durch _____ der Lösung.

2. Kreuze die richtigen Antworten an.

Wie lautet die Formel für Natriumhydroxid? ❑ NaOH ❑ KOH ❑ NO_2 ❑ H_2O	Wie lautet das Reaktionsschema der Reaktion von Magnesium mit Wasser? ❑ Magnesium + Wasser → Magnesiumhydroxid ❑ Magnesium +Wasser → Magnesiumhydroxid + Wasserstoff ❑ Magnesium + Wasser→ Magnesiumoxid
Welches ist das charakteristische Teilchen einer Lauge? ❑ H^+ ❑ OH^- ❑ H_2O ❑ O^{2-} ❑ OH^+	Wie färbt sich Universalindikator bei Laugen? ❑ Pink ❑ Rot ❑ Blau ❑ Grün
Durch welche Reaktion kann man eine Lauge herstellen? ❑ Metall + Säure ❑ Metallhydroxid + Wasser ❑ Metall + Sauerstoff ❑ Metalloxid + Wasser ❑ Metall + Sauerstoff + Wasser	Welche Reaktionsgleichung ist korrekt? ❑ $Ca + H_2O \rightarrow 2OH^- + Ca^{2+} + H_2$ ❑ $KOH + H_2O \rightarrow 2OH^- + K^+ + H_2$ ❑ $Na_2O + H_2O \rightarrow 2OH^- + 2Na^+$

Teste dein Wissen M VI – 03 (Lösung) — Herstellung von Laugen

1. Vervollständige den Lückentext

- Sowohl bei der Reaktion von **Metallen** der ersten und zweiten Hauptgruppe, wie bei der Reaktion von **Metalloxiden** mit Wasser entstehen **Laugen**.
- Sie enthalten die charakteristischen **Hydroxidionen**.
- Die chemische Formel dieser Teilchen lautet: $\mathbf{OH^-}$
- Nachweisen kann man sie zum Beispiel mit **Phenolphthalein/Universalindikator** durch **Pinkfärbung/Blaufärbung** der Lösung.

2. Kreuze die richtigen Antworten an.

Wie lautet die Formel für Natriumhydroxid? x NaOH ❑ KOH ❑ NO_2 ❑ H_2O	Wie lautet das Reaktionsschema der Reaktion von Magnesium mit Wasser? ❑ Magnesium + Wasser → Magnesiumhydroxid x Magnesium +Wasser → Magnesiumhydroxid + Wasserstoff ❑ Magnesium + Wasser→ Magnesiumoxid
Welches ist das charakteristische Teilchen einer Lauge? ❑ H^+ x OH^- ❑ H_2O ❑ O^{2-} ❑ OH^+	Wie färbt sich Universalindikator bei Laugen? ❑ Pink ❑ Rot x Blau ❑ Grün
Durch welche Reaktion kann man eine Lauge herstellen? ❑ Metall + Säure x Metallhydroxid + Wasser ❑ Metall + Sauerstoff x Metalloxid + Wasser x Metall + Sauerstoff + Wasser	Welche Reaktionsgleichung ist korrekt? x $Ca + H_2O \rightarrow 2OH^- + Ca^{2+} + H_2$ ❑ $KOH + H_2O \rightarrow 2OH^- + K^+ + H_2$ x $Na_2O + H_2O \rightarrow 2OH^- + 2Na^+$

B7. Neutralisation – Säure und Base gleich superätzend?

Autorinnen und Autoren

Gregor von Borstel – Alexander-von-Humboldt-Gymnasium, Bornheim

Andreas Böhm – Peter-Joerres-Gymnasium, Bad Neuenahr-Ahrweiler

Dr. Holger Eybe – Josef-Albers-Gymnasium, Bottrop

Erweiterung der pH-Skala & Neutralisation Säure & Base gleich superätzend? M VII (Seite 1 von 2)

Sowohl saure als auch alkalische Lösungen sind an verschiedenen Reinigern beispielhaft bearbeitet worden.

In diesem Modul soll nun die Neutralisation eingeführt und zugleich eine erweiterte pH-Skala sachlogisch genutzt werden.

Aus dem Unterrichtsverlauf heraus bietet sich die Mischung der unterschiedlichen Reiniger unter der Fragestellung, ob sich daraus ein „Supereiniger" ergibt, an.

Als Aufhänger kann ein Trickfilm (siehe digitales Zusatzmaterial) dienen!
www.lncu.de/index.php?cmd=courseManager&mod=library&action=show&categoryId=15

Abbildung B7.01 Superreiniger

Selbst zu planende Versuche basierend auf der Ausgangsfrage, ob die Mischung der Reiniger einen Superreiniger hervorbringt, und den Vorerfahrungen z.B. über die Bestimmung des pH-Wertes einer derartigen Mischung, die Lösekraft gegenüber Fett oder Kalk können den Unterricht hier öffnen. Die Basics dazu sind bereits angelegt. Alternativ kann der Versuch ebenso eng, wie in **Experiment 1** beschrieben, vorgegeben werden.

Egal ob eng geführt oder offen. Wichtig wird die Beobachtung sein, dass die Reinigungskraft, festgemacht an der Wirkung gegenüber Fett oder Kalk, sich keineswegs addiert, sondern vielmehr aufhebt. Beide Varianten zeigen so schnell die Fehlvorstellung hinter diesem Ansatz und führen auf Teilchenebene über die Aufhebung der Wirksamkeit zur Neutralisation (Dekontextualisierung).

Erweiterung der pH-Skala & Neutralisation Säure & Base gleich superätzend? M VII (Seite 2 von 2)

Die Betrachtung der Wirkung ausgewählter Antazida bietet die Möglichkeit der Rekontextualisierung. Vereinfacht können hier Wirkstoffe eingesetzt werden, die überwiegend Magnesiumhydroxid enthalten, dessen Lösung bereits aufgrund des Namens von den Schülerinnen und Schülern als Base benannt werden kann.

Abbildung B7.02 Animation Sodbrennen und Antazida
www.lncu.de/index.php?cmd=courseManager&mod=library&action=show&categoryId=15

Bei der Betrachtung der Wirkung der Base gegen Sodbrennen tritt die Neutralisationsreaktion auf Teilchenebene in den Vordergrund. In der Auswertung des **Experiments 2** sollte aber nicht von einer Neutralisation im Ganzen gesprochen werden. Vielmehr gilt herauszustellen, dass je nach Menge an zugegebenem Antazidum in der Regel noch Restsäure vorhanden ist oder auch eine Überdosierung und folglich die Bildung einer alkalischen Lösung denkbar wäre.

Vertiefend ergeben sich hier Fragen nach den Konzentrationsverhältnissen, da es sich als gar nicht so einfach herausstellt, aus einer sauren Lösung und einer alkalischen Lösung in der Praxis eine neutrale Lösung herzustellen (**Experiment 3**).

Dieses einfache Experiment dient zugleich als Hinführung für die sich anschließende Titration zur Konzentrationsbestimmung.

Saure Reiniger + alkalischer Reiniger M VII

Säure & Base gleich superätzend? (Seite 1 von 1)

saurer Reiniger gegen Kalk alkalischer Reiniger gegen Fett Leitungswasser Unisol 1-13 in Ethanol (H225) Calciumcarbonat ($CaCO_3$) Speiseöl				Flüssigkeiten im Ausguss entsorgen.			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen.	

Materialien

Reagenzgläser, Reagenzglasgestell, Pipetten, Stopfen in entsprechender Anzahl

Versuchsdurchführung

1. Gib jeweils 1 mL des zu untersuchenden Reinigers in ein Reagenzglas und verdünne mit Wasser auf circa 10 mL.
2. Füge nun in jedes Reagenzglas drei Tropfen Unisol hinzu und schüttel es.
3. Mische in einem weiteren Reagenzglas die Lösungen und verteile sie anschließend erneut auf zwei Reagenzgläser.
4. Gib in eines der Reagenzgläser einen kleinen Tropfen Öl, in das andere etwas Kalk.

Arbeitsaufträge

1. Bestimme den pH-Wert der einzelnen Reiniger und der Mischung aus beiden anhand der Farbe des Indikators.
2. Nimm Stellung zu der Aussage „Saure Reiniger + alkalischer Reiniger = Superreiniger!“.

Beobachtungen

_____

_____

Erklärung/Deutung

_____

_____

Wie wirkt ein Antazidum gegen Sodbrennen? Säure & Base gleich superätzend? M VII (Seite 1 von 2)

Salzsäure c = 0,01 mol/L Antazidum mit Magnesiumhydroxid, z.B. Maaloxan® Unisol 1-13 in Ethanol (H225)				Flüssigkeiten im Ausguss.			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen.	

Materialien

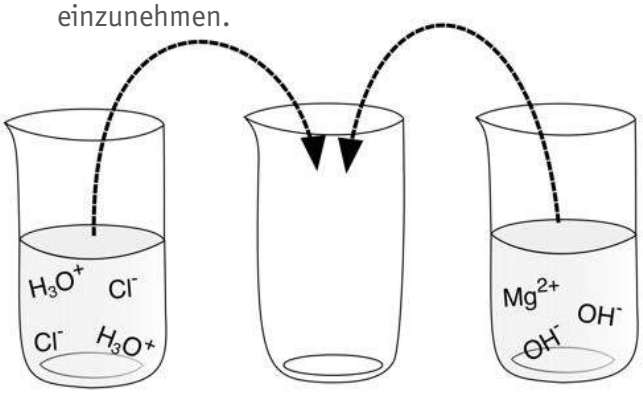
Reagenzgläser, Reagenzglasgestell, Pipetten, Stopfen in entsprechender Anzahl

Versuchsdurchführung

1. Gib 5 mL der Säure in ein Reagenzglas und in ein anderes Reagenzglas den Inhalt eines Päckchens des Magenmittels und 5 mL Wasser.
2. Füge nun in jedes Reagenzglas drei Tropfen Unisol hinzu und schüttel es.
3. Mische in einem dritten Reagenzglas die Lösungen mit Hilfe einer Pipette.

Arbeitsaufträge

1. Bestimme den pH-Wert der einzelnen Substanzen und der Mischung aus beiden anhand der Farbe des Indikators. Notiere deine Beobachtungen auch unter dem jeweilgen Modellreagenzglas.
2. Erläutere die Wirkung des „Magenmittels“ auf Teilchenebene, indem du das Modell unten vervollständigst.
3. Weitergedacht: Erkläre, warum Beipackzettel mitunter davor warnen, zuviel „Magenmittel“ einzunehmen.



Salzsäure	**Mischung**	**Lösung des Magenmittels**
Färbt sich_____	Färbt sich_____	Färbt sich_____
pH-Wert_____	pH-Wert_____	pH-Wert_____

Abbildung B7.03

Wie wirkt ein Antazidum gegen Sodbrennen? Säure & Base gleich superätzend? M VII (Seite 2 von 2)

Beobachtungen

Erklärung/Deutung

Wie wirkt ein Antazidum gegen Sodbrennen? Säure & Base gleich superätzend? M VII (Lösung)

Beobachtungen

Maaloxan® löst sich nur bedingt in Wasser und bildet eine Suspension, die aber deutlich alkalisch ist. Das Reagenzglas mit der Salzsäure steht als Analogie zum Magen. Die Mischung aus beiden kann leicht sauer werden, bei Verwendung anderer Antazida wie z.B. Bullrichsalz auch alkalisch.

Erklärung/Deutung

Hinweis

Die Verwendung von Magnesiumhydroxid bietet sich an, da hier aus dem Namen schon auf die alkalische Lösung geschlossen werden kann.

Magnesiumhydroxid bildet in Wasser eine alkalische Lösung:

$$Mg(OH)_2\ (s) \rightarrow Mg^{2+}\ (aq) + 2\ OH^-\ (aq)$$

Salzsäure ist eine saure Lösung und enthält Cl^- (aq) und H_3O^+ (aq) -Ionen

Gibt man sie zusammen, bilden sich aus den Hydroxid- und Oxonium-Ionen Wassermoleküle:

$$Mg^{2+}\ (aq) + 2\ OH^-\ (aq) + 2\ Cl^-\ (aq) + 2\ H_3O^+\ (aq) \rightarrow Mg^{2+}\ (aq) + 2\ Cl^-\ (aq) + 2H_2O$$

Hinweis

Je nach Leistungsvermögen der Lerngruppe kann dies im Reagenzglasmodell in Form von Teilchen bereits verschieden weit vorgegeben werden.

Die Lösung enthält weiterhin gelöste Ionen. Je nach Menge beider Substanzen enthält die Lösung zudem in der Regel noch einen Überschuss an Hydroxid-Ionen oder Oxonium-Ionen und ist folglich dann alkalisch oder sauer.

Zusatzinformation

Aufgrund der schlechten Wasserlöslichkeit ist eine Überdosierung nur eingeschränkt möglich - dies gilt aber nicht für Magenmittel basierend auf Natriumhydrogencarbonat.

Wie wirkt ein „.....“ gegen Sodbrennen? Säure & Base gleich superätzend? M VII (Seite 1 von 2)

Salzsäure c = 0,1 mol/L oder 0,01 mol/L Natronlauge c = 0,01 mol/L Bromthymolblau				Flüssigkeiten im Ausguss entsorgen.			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen.	

Materialien

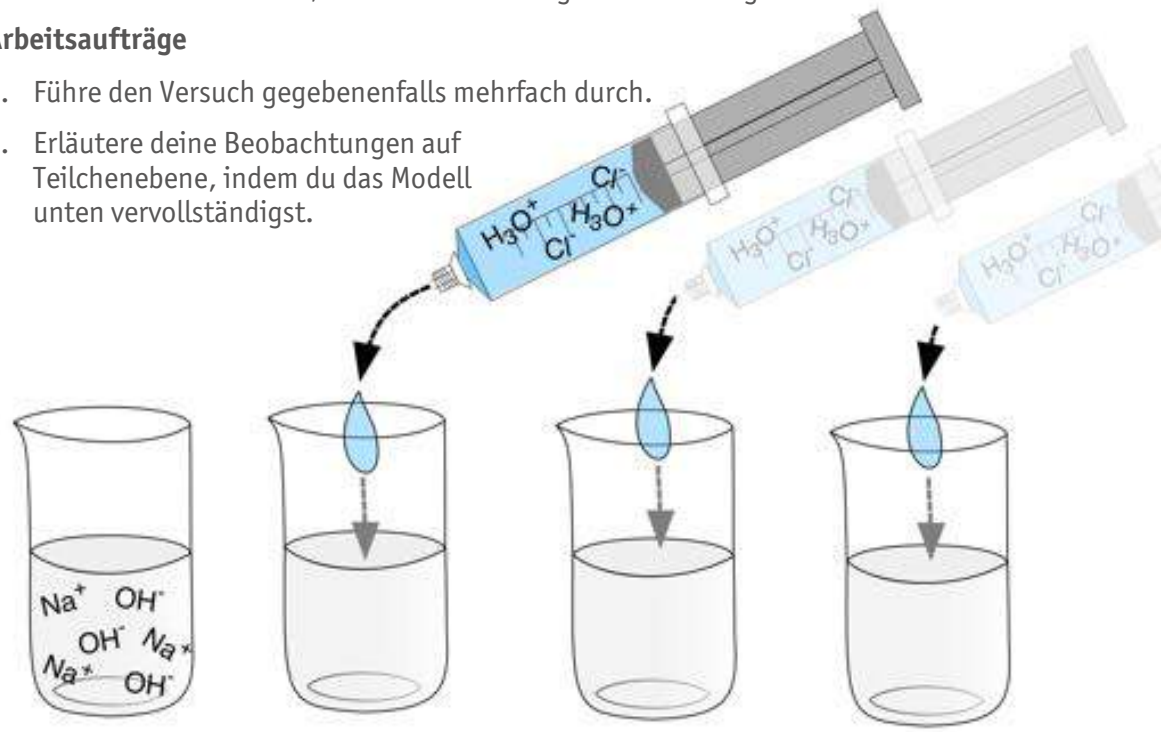
Reagenzgläser, Reagenzglasgestell, Pipetten, Stopfen

Versuchsdurchführung

1. Gib 5 mL Lauge in ein Reagenzglas, füge drei Tropfen Bromthymolblau hinzu und schüttel.
2. Tropfe nun mit Hilfe einer Kunststoffspritze Salzsäure hinzu, bis die Lösung genau neutral ist. Dies erkennst du daran, dass sich die Lösung mit Indikator grün färbt.

Arbeitsaufträge

1. Führe den Versuch gegebenenfalls mehrfach durch.
2. Erläutere deine Beobachtungen auf Teilchenebene, indem du das Modell unten vervollständigst.



1. Natronlauge	2. Zugabe von __mL	3. Zugabe von __mL	4.
färbt sich ____	färbt sich ____	färbt sich ____	färbt sich ____

Abbildung B7.04

Wie wirkt ein „……“ gegen Sodbrennen? Säure & Base gleich superätzend?
M VII (Seite 2 von 2)

Beobachtungen

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Erklärung/Deutung

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Wie wirkt ein „……..“ gegen Sodbrennen? Säure & Base gleich superätzend? M VII (Lösung)

Beobachtungen

Hinweis

Häufig gelingt es nicht auf Anhieb, die Lösung zu neutralisieren. Daher ist das vierte Reagenzglas im Modell oben auch unbeschriftet; gegebenenfalls geben die Schülerinnen und Schüler hier noch Säure oder erneut wieder Lauge hinzu.

Erklärung/Deutung

Es kommt zu einer Neutralisation, wenn man exakt gleiche Mengen an Lauge und Säure zusammengibt.

„Gleiche Mengen“ bezieht sich hier aber auf die Anzahl der Teilchen

$$Na^+ (aq) + OH^- (aq) + Cl^- (aq) + H_3O^+ (aq) \rightarrow Na^+ (aq) + Cl^- (aq) + 2\ H_2O$$

Hinweis

Je nach Leistungsvermögen der Lerngruppe kann man auch mit gleich konzentrierten Lösungen arbeiten und dies erst später hinterfragen.

B8. Titration – Stimmt die Menge?

Autorinnen und Autoren

Andreas Lind – Gymnasium Adolfinum, Moers

Dr. Marco Sielaff – Lise-Meitner-Schule, Berlin

Allgemeine Information zur Titration M VIII

Titration – Stimmt die Menge? (Seite 1 von 2)

Was soll gemacht werden?

Es soll die Stoffmengenkonzentration *c* einer unbekannten Lösung experimentell ermittelt werden. Es wird also die Stoffmenge *n* (Anzahl der Moleküle) einer Substanz in mol pro Lösungsvolumen *V* in Liter bestimmt. Solch eine Gehaltsbestimmung wird quantitative Analyse genannt. Es wird davon ausgegangen, dass die gesuchte Substanz wirklich in der Lösung ist, d.h. evtl. muss vorab eine qualitative Analyse erfolgen.

Beispiel

Ich habe eine salzsaure Lösung und möchte wissen, wie viel Salzsäure in mol/L sich in meiner Lösung befindet.

Mit welcher Methode kann die Stoffmengenkonzentration bestimmt werden?

Eine mögliche Analysenmethode ist die sogenannte Titration. Mit Hilfe einer genau bekannten chemischen Reaktion wird die gesuchte Substanz umgesetzt. Die Reaktionsgleichung der Umsetzung muss bekannt sein, sodass auch das Anzahlverhältnis der Reaktionspartner (die Stöchiometrie) bekannt ist. Wird nun ein Stoff mit bekannter Stoffmengenkonzentration eingesetzt, kann auf die Konzentration des unbekannten Stoffes per Rechnung geschlossen werden.

Beispiel

Ich setze meine Salzsäure mit Natronlauge um. Die Reaktionsgleichung lautet:

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O \text{ (Säure + Lauge → Salz + Wasser)}$$

Aus der Reaktionsgleichung ist ersichtlich, dass ein Molekül Salzsäure mit einem Molekül Natronlauge umgesetzt wird. Wenn ich also weiß, dass ich 87 Natronlaugemoleküle benötigt habe, dann muss die unbekannte Anzahl der Salzsäuremoleküle auch gleich 87 sein. Somit kann ich die Stoffmengenkonzentration *n* an HCl berechnen, wenn das Vorlagevolumen *V* der Salzsäure bekannt ist.

Rechnung

Eine Rechnung ist leider notwendig. Wie im obigen Beispiel gezeigt, sind bei einem 1:1-Umsatz die beiden Stoffmengen *n* der beiden Umsatzpartner gleich groß. Die Definition der Stoffmengenkonzentration *c* ist Stoffmenge *n* pro Volumen *V*. Wenn das Stoffmengenverhältnis nicht 1:1 ist, kann aus der Reaktionsgleichung durch Vergleich der Faktoren von Säure und Base das Verhältnis bestimmt werden. Nennt man den unbekannten Partner „Analyt“ und den bekannten Partner „Reagenz“, so ergibt sich:

$$n_{Analyt} = n_{Reagenz}$$

$$c_{Analyt} \cdot V_{Analyt} = c_{Reagenz} \cdot V_{Reagenz}$$

$$c_{Analyt} = \frac{c_{Reagenz} \cdot V_{Reagenz}}{V_{Analyt}}$$

Beispiel

Ich setze 10 mL meiner unbekannten Salzsäure (dem Analyten) mit exakt 9,5 mL einer Natronlauge (dem Reagenz) mit der bekannten Konzentration *c*(NaOH)=0,1 mol/L um. Somit ist die gesuchte Stoffmengenkonzentration:

$$c_{HCl} = \frac{0{,}1\frac{mol}{L} \cdot 9{,}5\ mL}{10\ mL} = 0{,}095\ \frac{mol}{L}$$

Allgemeine Information zur Titration M VIII

Titration – Stimmt die Menge? (Seite 2 von 2)

Wie kann erkannt werden, wann die Reaktion gemäß der Reaktionsgleichung vollständig umgesetzt ist?

Die Schwierigkeit bei Titrationen besteht in der Anzeige des Endpunktes der durchgeführten Reaktion. Hierzu werden Indikatoren (lat.: indicare = anzeigen) eingesetzt. Sie zeigen in der Regel durch einen Farbumschlag an, wann der Äquivalenzpunkt erreicht ist, also wann genau die gleiche Stoffmenge an Analyt und Reagenz in der Lösung vorliegt. Der Indikator wird vorab dem Analyten zugeführt und das Reagenz wird nun tröpfchenweise über eine Bürette hinzugegeben, bis der Farbumschlag ersichtlich ist. Das bis zum Farbumschlag verbrauchte Volumen wird an der Bürette abgelesen.

Beispiel

Ich gebe zur Salzsäurelösung entweder den Indikator „Lackmus“ (von rot nach blau), „Bromthymolblau“ (von gelb nach blau) oder „Phenolphthalein“ (von farblos nach rot) hinzu und titriere bis zum Farbumschlag mit Natronlauge bekannter Konzentration. Am Äquivalenzpunkt lese ich den Verbrauchswert ab und berechne daraus die unbekannte Stoffmengenkonzentration der Salzsäure.

Was muss bei der Titration beachtet werden?

Damit die Volumenwerte stimmen, muss sehr genau gearbeitet werden. Ein paar Tipps:

1. Sollte das Abmessen des Analyten durch eine Vollpipette erfolgen, sollte deren Handhabung vorher geübt werden.
2. Hilfreich ist eine Mehrfachbestimmung. In der Regel wird die unbekannte Lösung drei Mal titriert und aus den drei Verbrauchsvolumina der Mittelwert gebildet.
3. Tröpfchen, die an der Bürette hängen, müssen abgestreift oder mit Wasser abgespült werden. Die Hinzugabe von Wasser zum Analyten ist möglich, da die gesuchte Anzahl (die Stoffmenge) des Analyten dadurch nicht verändert wird.
4. Der Umschlag des Indikators ist besser zu sehen, wenn ein weißes Blatt Papier unter der Vorlage (dem Analyten) liegt.
5. Das Ablesen des Volumenwertes an der Bürette muss in Augenhöhe erfolgen (Paralaxenfehler).

Welche Titrationsarten gibt es?

Je nach Reaktionstyp lassen sich vier Gruppen bilden:

1. Säure-Base-Titration, bei denen ein Übergang von H^+-Ionen von der Säure zur Base stattfindet (Bsp: Bestimmung von Essigsäure mit Natronlauge)
2. Redoxtitrationen, bei denen ein Übergang von Elektronen vom Reduktionsmittel zum Oxidationsmittel stattfindet (Bsp: Bestimmung von Eisen Fe^{2+} mit Kaliumpermanganat)
3. Fällungstitrationen, bei denen sich eine schwerlösliche Substanz bildet, die als Niederschlag ausfällt (Bsp: Bestimmung von Chlorid mit Silbernitrat)
4. Komplexbildungstitrationen, bei denen Ionen sich zu Komplexen vereinigen (Bsp: Bestimmung der Wasserhärte mit Hilfe von EDTA)

Für jede Gruppe gibt es dann zahlreiche Möglichkeiten, die ganze Bücher füllen (z.B. Jander/Jahr, Maßanalyse).

Salatessig auf dem Prüfstand
M VIII

Stimmt die Menge?
(Seite 1 von 5)

Infotext

Herr Dr. M. aus B. hat nach dem Genuss eines Salates, welcher mit einem raffinierten Essig-Öl-Dressing abgeschmeckt war, Probleme mit seiner Zunge. Die ärztliche Diagnose lautet: Leichte Verätzung der Zunge.

Herr Dr. M., selber Chemiker, hat die Firma des Essigherstellers in Verdacht, dass der Essig zu konzentriert war.

Auf der Flasche des benutzten Salatessigs steht „5% Säure“. Diese Angabe steht für einen Massenanteil an Essigsäure von $w = 5\%$ und bedeutet, dass in 100 g Haushaltsessig 5 g an reiner Essigsäure enthalten sind.

In der Verordnung über den Verkehr mit Essig und Essigessenz aus dem Jahr 1972 heißt es in §1: „Essig im Sinne dieser Verordnung ist das Erzeugnis, das in 100 Millilitern mindestens 5 Gramm und höchstens 15,5 Gramm Säure, berechnet als wasserfreie Essigsäure, enthält und hergestellt ist.“ Weiter in §2: „Essig, der in 100 Millilitern mehr als 11 Gramm Säure, berechnet als wasserfreie Essigsäure, enthält, und Essigessenz dürfen gewerbsmäßig nur in verschlossenen Behältnissen in den Verkehr gebracht werden, die den zu erwartenden Beanspruchungen sicher widerstehen und aus Werkstoffen hergestellt sind, die von Essigessenz nicht angegriffen werden und mit ihr nicht in gefährlicher Weise reagieren.

Die Behältnisse müssen in deutscher Sprache und in deutlich sichtbarer, leicht lesbarer Schrift mit dem Hinweis "Vorsicht! Nicht unverdünnt genießen!" versehen sein.“

Herr Dr. M. will die Herstellerangabe des benutzten Salatessigs experimentell mit Hilfe einer Säure-Base-Titration überprüfen. Dazu wird ein genaues Volumen des Haushaltsessigs vorgelegt und mit einer Natronlauge bekannter Konzentration titriert.

Aus den Verbrauchswerten für die Natronlauge bestimmt Herr Dr. M. die Stoffmengenkonzentration c der Essigsäure.

Mit Hilfe einer Umrechnungstabelle kann Herr Dr. M. den zugehörigen Massenanteil w für die ermittelte Stoffmengenkonzentration c ablesen und mit der Herstellerangabe vergleichen.

Salatessig auf dem Prüfstand
M VIII

Stimmt die Menge?
(Seite 2 von 5)

Natronlauge: Gefahr, ätzend Phenolphtalein: Gefahr, gesundheitsgefährdend				Flüssigkeiten in den Ausguss			Chemikalien im Auge: sofort mit viel Wasser ausspülen.	

Geräte/Chemikalien (Auflistung aller Glasgeräte und Chemikalien)

Geräte zur Vorbereitung	Geräte pro Arbeitsplatz
▪ 1 L Maßkolben ▪ 10 mL Dosiergerät ▪ 100 mL Dosiergerät ▪ 250 mL Becherglas	▪ 10 mL Dosiergerät für die Titration ▪ 2-3 Erlenmeyerkolben ▪ Becherglas für den Abfall

Eine Flasche Haushaltsessig (Massenanteil w=5%), Natronlauge (c=0,1 mol/L), circa 75 mL pro Schüler, Phenolphtalein-Indikatorlösung 1% in Ethanol.

Versuchsdurchführung

1. Um in einen ähnlichen Konzentrationsbereich der Natronlauge-Maßlösung zu gelangen, muss der Haushaltsessig vor der Titration um den Faktor 10 verdünnt werden. Dazu werden vorab für die ganze Klasse dem Haushaltsessig aus einem Becherglas mit Hilfe eines Dosiergeräts 100 mL entnommen und in einen 1 L Maßkolben überführt. Der Maßkolben wird bis zur Markierung mit destilliertem Wasser aufgefüllt und kräftig durchgeschüttelt.
2. Das Dosiergerät für die Titration (z.B. Bürette) wird mit wenig Natronlauge vorgespült und anschließend mit Natronlauge aufgefüllt.
3. Lege genau 10 mL der verdünnten Essigsäure in einem Erlenmeyerkolben vor und verdünne mit destilliertem Wasser auf circa 100 mL.
4. Versetze die Vorlage mit 3 Tropfen Phenolphtalein-Lösung.
5. Titriere (tropfenweise Zugabe der Natronlauge-Maßlösung) bis zu einer schwachen Rosafärbung der Lösung.
6. Notiere den Volumenverbrauch an Natronlauge im Dosiergerät.
7. Führe die Titration drei Mal durch und bilde den Mittelwert der verbrauchten Natronlauge-Lösung.

Salatessig auf dem Prüfstand
M VIII

Stimmt die Menge?
(Seite 3 von 5)

Arbeitsaufträge

1. Trage das notierte Titrationsvolumen der einzelnen verbrauchten Natronlauge in die Tabelle und berechne den Durchschnittsverbrauch (Ø).

	Messung 1	**Messung 2**	**Messung 3**
Verbrauchte Natronlauge *V* in mL			

Durchschnittsverbrauch $V_{Ø}$ = _____ mL

2. Stelle die Reaktionsgleichung der abgelaufenen Titrationsreaktion auf.

_____

3. Berechne die Stoffmengenkonzentration *c* in mol/L der Titrationslösung.

   Ermittelte Stoffmengenkonzentration $c_{Titration}$ = _____ mol/L

4. Berechne die Stoffmengenkonzentration *c* in mol/L des Haushaltsessigs.

   Ermittelte Stoffmengenkonzentration $c_{Haushaltsessig}$ = _____ mol/L

5. Bestimme den Massenanteil *w* in % für die Essigsäure mit Hilfe der Tabelle auf der nächsten Seite.

   Ermittelter Massenanteil *w* = _____ %

6. Beurteile mit Hilfe des Infotextes ob Herr Dr. M. aus B. sich die Zunge am Salatessig verätzt haben kann.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Salatessig auf dem Prüfstand
M VIII

Stimmt die Menge?
(Seite 4 von 5)

Stoffmengenkonzentration *c* in mol/L	Massenanteil *w* in %	Stoffmengenkonzentration *c* in mol/L	Massenanteil *w* in %
0,50	3,0	0,92	5,5
0,52	3,1	0,94	5,6
0,54	3,2	0,96	5,8
0,56	3,4	0,98	5,9
0,58	3,5	1,00	6,0
0,60	3,6	1,02	6,1
0,62	3,7	1,04	6,2
0,64	3,8	1,06	6,4
0,66	4,0	1,08	6,5
0,68	4,1	1,10	6,6
0,70	4,2	1,12	6,7
0,72	4,3	1,14	6,8
0,74	4,4	1,16	7,0
0,76	4,6	1,18	7,1
0,78	4,7	1,20	7,2
0,80	4,8	1,22	7,3
0,82	4,9	1,24	7,4
0,84	5,0	1,26	7,6
0,86	5,2	1,28	7,7
0,88	5,3	1,30	7,8
0,90	5,4	1,32	7,9

Tabelle B8.01 Umrechnung von der Stoffmengenkonzentration *c* zum Massenanteil *w* für Essigsäure.

Salatessig auf dem Prüfstand
M VIII

Stimmt die Menge?
(Seite 5 von 5)

Tipps für die Arbeitsaufträge

NaOH

$H_3C - COOH$

Die beiden Stoffe reagieren im Verhältnis 1:1.

Bei der Reaktion entsteht neben Wasser noch ein weiteres Produkt.

1. Bilde das Stoffmengen-Verhältnis mit Hilfe der Faktoren aus der Reaktionsgleichung.
2. Ersetze n mit Hilfe der Formel $n = c \cdot V$
3. Löse zur Konzentration c der Essigsäure auf.
4. Setze die Werte (inkl. der Einheiten) ein und berechne.

Achtung

Deine Titrationslösung wurde 1:10 verdünnt.

Die Originallösung ist also 10fach so konzentriert!

Salatessig auf dem Prüfstand — Stimmt die Menge?
M VIII (Lösung)

Arbeitsaufträge

1. Trage das notierte Titrationsvolumen der einzelnen verbrauchten Natronlauge in die Tabelle und berechne den Durchschnittsverbrauch (Ø).

	Messung 1	**Messung 2**	**Messung 3**
Verbrauchte Natronlauge *V* in mL	8,60	8,70	8,60

Durchschnittsverbrauch $V_{\varnothing}$ = 8,63 mL

2. Stelle die Reaktionsgleichung der abgelaufenen Titrationsreaktion auf.
   $H_3C\text{-}COOH + NaOH \rightarrow H_3C\text{-}COONa + H_2O$
3. Berechne die Stoffmengenkonzentration *c* in mol/L der Titrationslösung.

   $1\ n_{HAc} = 1\ n_{NaOH}$

   $c_{HAc} \bullet V_{HAc} = c_{NaOH} \bullet V_{NaOH}$

   $$c_{HAc} = \frac{c_{NaOH} \bullet V_{NaOH}}{V_{HAc}} = \frac{0{,}1\ \frac{mol}{L} \bullet 8{,}63\ mL}{10\ mL}$$

   Ermittelte Stoffmengenkonzentration $c_{Titration}$ = 0,0863 mol/L
4. Berechne die Stoffmengenkonzentration *c* in mol/L des Haushaltsessigs.

   Ermittelte Stoffmengenkonzentration $c_{Haushaltsessig}$ = 0,863 mol/L
5. Bestimme den Massenanteil *w* in % für die Essigsäure mit Hilfe der Tabelle auf der nächsten Seite.

   Ermittelter Massenanteil *w* = 5,2%
6. Beurteile mit Hilfe des Infotextes ob Herr Dr. M. aus B. sich die Zunge am Salatessig verätzt haben kann.

   Laut Infotext gilt eine Essiglösung als zum Verzehr ungeeignet ab einem Massenanteil von mehr als 11%. Die untersuchte Essigprobe enthält lediglich einen Massenanteil von 5,2% Essig. Demnach kann sich Herr Dr. M. aus B. nicht die Zunge am Salatessig verätzt haben.

Titration – Volumengeräte

Einleitung

Die genaue Konzentrationsbestimmung einer Lösung steht und fällt mit der Genauigkeit der Messgeräte. Es werden drei verschiedene Möglichkeiten vorgestellt, die je nach Einsatzgebiet sinnvoll sind.

Einfache Bestimmung – Spritzentechnik

Einwegspritzen gibt es in den verschiedensten Größen. Sie können für eine einfache Titration benutzt werden. Hierbei steht die Idee im Vordergrund, wie grundsätzlich eine Konzentrationsüberprüfung per Titration erfolgt. Empfohlen wird der Einsatz von größeren Spritzen, da sich diese einfacher dosieren lassen. Eine Verdünnung kann hier über Messzylinder erfolgen.

Vorteil	Nachteil
▪ einfache Handhabung ▪ kostengünstig ▪ schnelle Durchführung	▪ hohe Fehlerwahrscheinlichkeit (circa 10%) ▪ keine berufsbezogene Labortätigkeit

Abbildung B8.01
Verschiedene Geräte zur Spritzentechnik

Abbildung B8.02
einhändige Titration

Robuste Bestimmung – Plastik

Der Einsatz von Plastik im Lehrbereich der Sekundarstufe I bietet die Möglichkeit, mit nahezu unzerstörbaren Materialien eine Titration in ausreichender Genauigkeit zügig durchführen zu können. Als Dosiergeräte für das Verdünnen einer Lösung oder das Abfüllen einer konstanten Menge bieten sich mobile Mehrfach-Dispenser und Flaschenaufsatz-Dispenser an. Eine Zugabe der Maßlösung und dessen Volumenbestimmung erfolgt über Plastikbüretten. Für eine genaue Verdünnung sind Maßkolben einzusetzen.

Vorteil	Nachteil
▪ robuste und schnelle Handhabung ▪ akzeptabler Fehlerwahrscheinlichkeit (circa 2%)	▪ hohe Anschaffungskosten

Abbildung B8.03
Flaschenaufsatz-Dispenser, Mehrfach-Dispenser und Plastikbürette

Abbildung B8.04
Bürette, Pipettierball, Vollpipette und Maßkolben aus Glas

Präzise Bestimmung - Glas

In der analytischen Bestimmung von Konzentrationen werden Maßkolben, Büretten und Vollpipetten aus Glas eingesetzt. Die Handhabung der Geräte ist allerdings schwierig und muss geübt werden. Um eine hohe Genauigkeit zu erzielen, ist es notwendig von der Maßlösung den Titer zu bestimmen.

Vorteil	Nachteil
▪ höchste Genauigkeit (Fehler < 1% bei richtiger Handhabung) ▪ hoher Berufsbezug	▪ hohe Anschaffungskosten ▪ gefahr durch Glasbruch ▪ schwierige Handhabung

Titration – Fehlerquellen und Beobachtungsschwerpunkte (Einführung)

Während der praktischen Durchführung einer Titration können die Schülerinnen und Schüler Fehler machen. Eine Lehrkraft sollte sich Beobachtungsschwerpunkte setzen, die für eine Benotung hilfreich sein können. Die nachfolgende recht umfangreiche Auflistung von möglichen Fehlerquellen und Beobachtungsschwerpunkten ist vor allem für die Berufsbildung und den Oberstufenunterricht gedacht. Die Liste soll einer Lehrkraft in der Sekundarstufe I helfen, eine passgenaue Liste nach Reduktion zu erhalten.

Titration – Liste möglicher Fehler (Allgemeine Fehler)

1. falsche Stöchiometrie, Einheitenumrechnung, Verdünnung oder andere Rechenfehler
2. Analysenvorschift nicht beachtet
3. Verwendung falscher Substanzen
4. nicht ausreichend homogenisiert, unvollständiger Lösevorgang bei der Maßlösung oder Vorlage

Fehler beim Umgang mit Geräten

1. fehlerhafte Pipettenhandhabung (Meniskus nicht beachtet, kein Trockenwischen, nicht korrektes Ablaufverhalten, Pipettierhilfe undicht, Ausblasen der Pipette)
2. fehlerhafte Bürettenhandhabung (Überkopfbefüllung, schräge Befestigung, Befüllungstrichter nicht entfernt, Luft im Küken, tropfender Hahn, fehlende Bürettenvorspülung, Paralaxenfehler oder anderweitiges fehlerhaftes Ablesen)
3. fehlerhafte Messkolbenhandhabung (falsche Befüllung, schräge Befüllung)
4. falscher Wägewert (feucht, Ablesefehler, keine Rückwägung, Einwägung zu geringer Mengen)
5. unvollständige quantitative Überführung
6. unsauberes Arbeiten am Wägeplatz

Temperatureinfluss

1. Abweichung von der vorgegebenen Temperatur
2. Verwendung von unterschiedlich kalten oder warmen Lösungen

Fehler während der Titration

1. kein oder zu viel Indikator
2. keine vollständige Überführung der Maßlösung
3. subjektiver Farbumschlag
4. zu frühes Abbrechen der Titration bei Farbumschlag
5. Umschlagsverbrauch der Maßlösung falsch abgelesen

Mögliche weitere Fehler während des Prozesses

1. Verwendung von Leitungswasser
2. Verwendung fettiger oder unsauberer Geräte
3. Verwendung unbeschrifteter Glasgeräte
4. unpassendes Zeitmanagement
5. Ignorieren eines möglichen Blindwertes

Anhang 1 – Literaturverzeichnis

B3. Herstellung von Säuren

Anonymous (2000): Erneuerbare-Energien-Gesetz §1 Abs. 1 EEG 2000, Online unter: https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/eeg.html?cms_docId=71110, abgerufen am 12.10.2017.

Pomrehn, Wolfgang (28.09.2011): Saurer Regen: China reduziert Schwefelemissionen, Online unter: https://www.heise.de/tp/news/Saurer-Regen-China-reduziert-Schwefelemissionen-2023778.html, abgerufen am 12.10.2017.

Basler Nachrichten, Dienstag 16.05.2015 von Matieu Klee, z.T. leicht verändert, gekürzt und stark verändert nach Axel Bojanowski (Süddeutsche Zeitung, 19.05.2010).

B5. Ätzend, aber nicht sauer

Prof. Blume, Rüdiger (o.J.a): Bildungsserver für Chemie. Online unter: http://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/rotk-erg.htm, abgerufen am 22.09.2017.

Anhang 2 – Abbildungsverzeichnis

Legende

Kapitel

Abbildung **.xx**, **.xx**, **.xx**, ..., ...
Urheber # Lizenzeigentümer # Quellenangabe

B. Deckblatt

- **.01**
  alina_hart/iStockphoto # ROHLOFF DESIGN # Online unter:
  http://www.istockphoto.com/de/foto/ph-value-entschlossenheit-grapefruit-gm91098455-3058195, abgerufen am 12.10.2017.

B0. Überblick über die Unterrichtsreihe und Piktogrammübersicht (Seite 07 bis Seite 14)

- **.01, .02, .03, .04, .06, .07**
  Creos Lernideen und Beratung GmbH # Creos Lernideen und Beratung GmbH # -
- **.05**
  gemeinfrei # - # Online unter:
  http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/pictograms.html, abgerufen am 27.10.2017.

B1. Sauer oder nicht? (Seite 15 bis Seite 32)

- **.01, .05**
  Creos Lernideen und Beratung GmbH # Creos Lernideen und Beratung GmbH # -
- **.02, .03**
  Christian Kottig # Christian Kottig # -
- **.04**
  Sven Tenhaven # Sven Tenhaven # -

B2. Saure Lösung am Beispiel eines Badreinigers (Seite 33 bis Seite 50)

- **.01, .05, .08**
  Sven Tenhaven # Sven Tenhaven # -
- **.02, .03, .04, .06, .07, .09, .10**
  Creos Lernideen und Beratung GmbH # Creos Lernideen und Beratung GmbH # -

B3. Herstellung von Säuren (Seite 51 bis Seite 94)

- **.01**
  alegria2014/Pixabay # CCO Creative Commons # Online unter: https://pixabay.com/de/geh%C3%B6lz-abgestorben-b%C3%A4ume-kahl-557850/, abgerufen am 12.10.2017.
- **.02, .05, .08, .10, .12, .15, .16, .18**
  Andreas Lind # Andreas Lind # -
- **.03, .04, .06, .09, .11, .13, .14, .17, .19, .20, .21, .22**
  Creos Lernideen und Beratung GmbH # Creos Lernideen und Beratung GmbH # -
- **.07**
  Andreas Böhm # Andreas Böhm # -
- **.23**
  Plutowiki/Wikimedia Commons # Wikimedia Commons # Online unter: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Eisenbahnunfall_von_Daillens.jpg, abgerufen am 12.10.2017.

B4. Wie sauer ist sauer – der pH-Wert (Seite 95 bis Seite 106)

- **.01, .02, .03**
  Petra Gemein # Petra Gemein # -

B5. Ätzend, aber nicht sauer (Seite 107 bis Seite 116)

- **.01, .02**
  Christian Kottig # Christian Kottig # -
- **.03, .04**
  Creos Lernideen und Beratung GmbH # Creos Lernideen und Beratung GmbH # -

B6. Herstellung von Laugen (Seite 117 bis Seite 126)

- **.01**
  Jasmin Völkl # Jasmin Völkl # -

B7. Neutralisation – Säure und Base gleich superätzend? (Seite 127 bis Seite 136)

- **.01, .02**
  Creos Lernideen und Beratung GmbH # Creos Lernideen und Beratung GmbH # -
- **.03, .04**
  Andreas Böhm # Andreas Böhm # -

B8. Titration – Stimmt die Menge? (Seite 137 bis Seite 148)

- **.01, .02, .03, .04**
  Dr. Marco Sielaff # Dr. Marco Sielaff # -

Anhang 3 – Tabellenverzeichnis

Legende

Kapitel

Tabelle **.xx**, **.xx**, **.xx**, **…**, **…**
Urheber **#** Lizenzeigentümer **#** Quellenangabe

B1. Sauer oder nicht? (Seite 15 bis Seite 32)

- **.01 bis .10 (Strukturformel in den Tabellen B1.03, B1.04, B1.05, B1.06) – Seiten 19 bis 29**
  Sven Tenhaven **#** Sven Tenhaven **#** Strukturformeln in Kapitel B1 erstellt mit ACD/ChemSketch (Freeware), Version 2016.2, Advanced Chemistry Development Inc., Toronto, ON, Canada, www.acdlabs.com, 2016.
- **.01 bis .03 (Strukturformel im Experiment M I – 01) – Seiten 18, 24, 25**
  Sven Tenhaven **#** Sven Tenhaven **#** Strukturformeln in Kapitel B1 erstellt mit ACD/ChemSketch (Freeware), Version 2016.2, Advanced Chemistry Development Inc., Toronto, ON, Canada, www.acdlabs.com, 2016.

B3. Herstellung von Säuren (Seite 51 bis Seite 94)

- **.01**
  Andreas Lind **#** Andreas Lind **#** -

B5. Ätzend, aber nicht sauer (Seite 107 bis Seite 116)

- **.00**
  Prof. Rüdiger Blumes, Bildungsserver für Chemie **#** Prof. Blumes, Bildungsserver für Chemie **#** Online unter: http://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/rotk-erg.htm, abgerufen am 22.09.2017.

B8. Titration – Stimmt die Menge? (Seite 137 bis Seite 148)

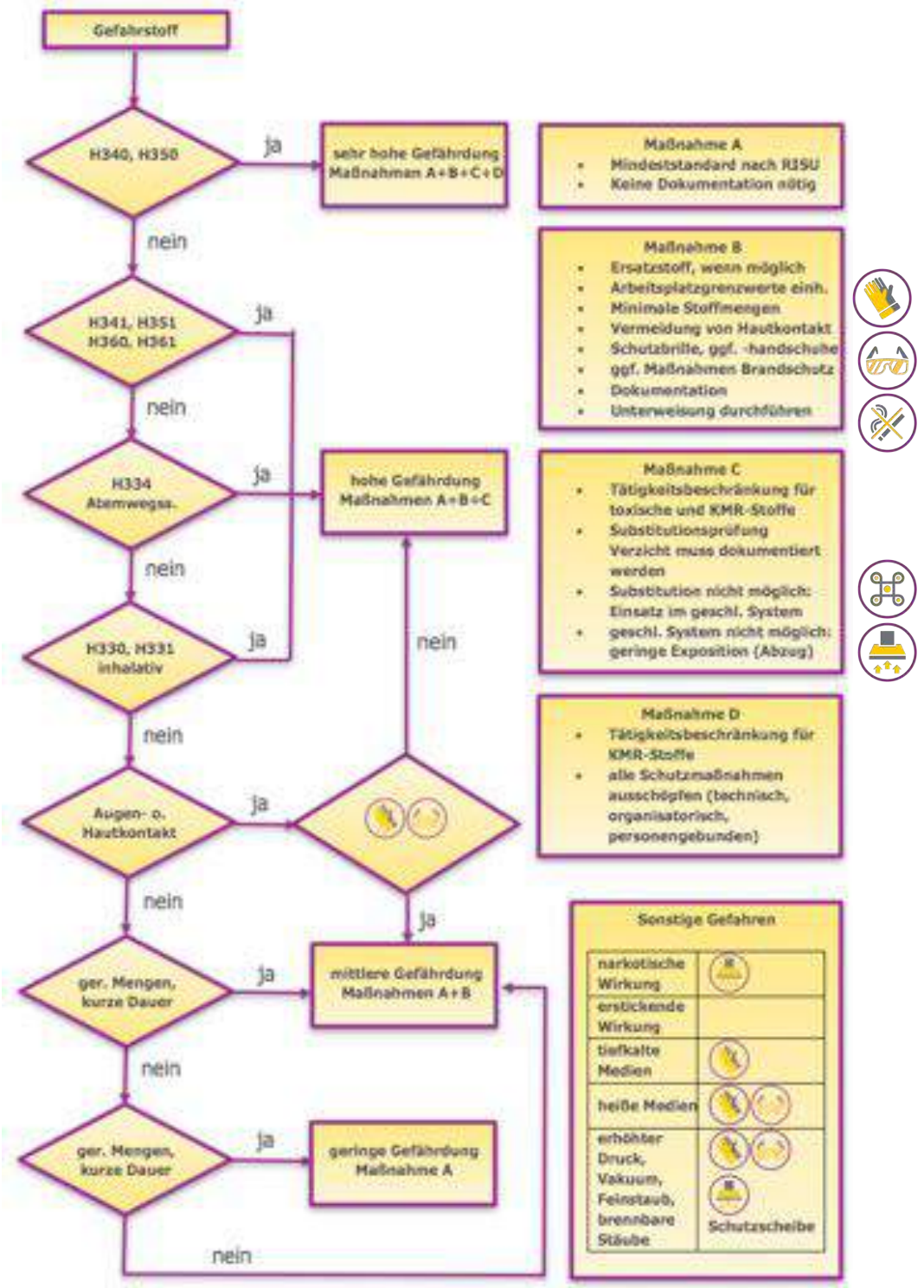
- **.01**
  Dr. Marco Sielaff **#** Dr. Marco Sielaff **#** -

Anhang 4 – Gefährdungsbeurteilungen

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV

Fließdiagramm zur Gefährdungsbeurteilung

zur Abschätzung des Gefährdungspotenzials von Gefahrstoffen bei Gesundheitsgefahren unter Berücksichtigung von Gefahrstoffeinstufung, Menge, Freisetzungspotenzial, Wirkungsdauer und Erfahrung der Experimentatoren



Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul I 01 – Die Zunge als Messinstrument Kapitel B1

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 29.05.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Die Zunge als Messinstrument

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☐ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Zitronensaft, Essig, VitaminC	---	---
Cola, Backpulver, Glutamat	---	---
Hirschhornsalz, Trinkwasser	---	---
Mineralwasser, Zucker	---	---

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm, Seite 156	☐	☒
Einatmen		☐	☒
Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☒

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtig.
☒	☐	☐	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:
Bei den eingesetzten Stoffen handelt es sich ausschließlich um Lebensmittel ohne Gefahrenpotenzial.

5. Entsorgung

Ausguss		Hausmüll		Feststoffabfall		Lösungsmittel		Hinweise
☒		☒		☐		☐		Text eingeben..

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit:

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	weitere Maßnahmen
☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	Schutzbrille als vorsorgliche Maßnahme

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul I 02 – Die Zunge des Chemikers Kapitel B1

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 29.05.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Die Zunge des Chemikers

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☐ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Zitronensaft, Essig, VitaminC	---	---
Cola, Backpulver, Glutamat	---	---
Hirschhornsalz, Trinkwasser	---	---
Mineralwasser, Zucker	---	---
Salzsäure w=10%	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H290, H315, H319, H335
Abflussfrei (Natriumhydroxid)	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H290, H302, H314

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☒	☐
Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☒

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☐	☒	☐	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:
Die meisten eingesetzten Stoffe sind Lebensmittel ohne Gefährdungspotenzial.

5. Entsorgung

Ausguss		Hausmüll		Feststoffabfall		Lösungsmittel		Hinweise
☒		☒		☐		☒		Salzsäure, Abflussfrei: neutralisieren

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	weitere Maßnahmen
☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	Abflussfrei: Handschuhe oder Abfüllen durch Lehrer

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul II 01 – Damit es im Bad wieder blitzt und blinkt Kapitel B2

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 29.05.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Damit es im Bad wieder blitzt und blinkt

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☒ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Kalk (Calciumcarbonat, Pulver)	---	---
Speiseeesig	---	---
Essigessenz (Essigsäure w=25%)	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H290, H314
Badreiniger (Zitronensäure)	☐ GEFAHR ☒ ACHTUNG	H319
Badreiniger (Essigsäure)	☐ GEFAHR ☒ ACHTUNG	H315, H319
Kalkwasser (Calciumhydroxid-Lsg.)	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H315, H318
Kohlenstoffdioxid (Produkt)	☐ GEFAHR ☒ ACHTUNG	---

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☒	☐
Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☒

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☐	☒	☐	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:

Entsorgung

Ausguss	Hausmüll	Feststoffabfall	Lösungsmittel	Hinweise:
☒	☐	☐	☒	Lösungen vor Entsorgung neutralisieren

5. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	weitere Maßnahmen
☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	keine

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul II 02 – Vorsicht mit den Armaturen!? Kapitel B2

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 29.05.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Vorsicht mit den Armaturen

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☒ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Essigessenz (Essigsäure w=25%)	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H290, H314
Magnesium, Bandform	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H228, H261
Zink, Pulver/feine Späne	☐ GEFAHR ☒ ACHTUNG	H410
Eisen, Pulver/feine Späne	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H228, H251
Kupfer, Pulver/feine Späne	☐ GEFAHR ☒ ACHTUNG	H228, H400
Wasserstoff (Produkt)	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H220

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☒

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☒	☐
Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☒

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☐	☒	☐	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:

---

5. Entsorgung

Ausguss		Hausmüll		Feststoffabfall		Lösungsmittel		Hinweise
☒		☐		☐		☒		Zink, Kupfer: Schwermetall-Entsorgung

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	weitere Maßnahmen
☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	Wasserstoff: nur geringe Mengen vorhanden

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul II 03 – Spielereien mit Säure und Natron Kapitel B2

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 29.05.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Spielereien mit Säure und Natron

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☒ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Essigessenz (Essigsäure w=25%)	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H290, H314
Natron (Natriumhydrogencarbonat)	---	---
Citronensäure (Lebensmittel)	---	---
Zucker (Lebensmittel)	---	---
Aromazucker (Orange; LM)	---	---
Kohlenstoffdioxid (Produkt)	☐ GEFAHR ☒ ACHTUNG	---

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☒	☐	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☒	☐
Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☒

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☐	☒	☐	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:
Größtenteils handelt es sich um Lebensmittel ohne Gefährdungspotenzial; CO_2: Kleinstmengen

5. Entsorgung

Ausguss	Hausmüll	Feststoffabfall	Lösungsmittel	Hinweise
☒	☒	☐	☐	---

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	weitere Maßnahmen CO_2: nur geringe Mengen vorhanden
☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul III 01 – Saurer Regen Kapitel B3

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 01.01.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Saurer Regen

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☒ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Schwefel	☐ GEFAHR ☒ ACHTUNG	H 315
Schwefeldioxid	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H 331-314-280
Schweflige Säure	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H 332-314

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☒	☐
Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☒

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☐	☐	☒	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:
Ersatz für SO_2 nicht möglich, da SO_2 Teil des saueren Regens ist.

5. Entsorgung

Ausguss		Hausmüll		Feststoffabfall		Lösungsmittel		Hinweise
☒		☐		☐		☒		Nach Neutralisation in den Ausguss

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	weitere Maßnahmen
☒	☒	☒	☒	☒	☐	☐	System ist geschlossen

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul III 01b – Rauchgasentschwefelung Kapitel B3

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 01.01.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Rauchgasentschwefelung

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☒ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Schwefel	☐ GEFAHR ☒ ACHTUNG	H 315
Schwefeldioxid	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H 331-314-280
Iod-Kalium-Iodid (Lugolsche Lsg.)	☐ GEFAHR ☒ ACHTUNG	H 373
Calciumhydroxid (Kalkwasser)	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H 315-318-335
Calciumsulfit ($CaSO_3$)	☐ GEFAHR ☐ ACHTUNG	keine
Calciumsulfat ($CaSO_4$)	☐ GEFAHR ☐ ACHTUNG	keine

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☒	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☒	☐
Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☒

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☐	☐	☒	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:
Ersatz für SO_2 nicht möglich, da SO_2 Teil des Rauchgases ist, welches untersucht werden soll.

5. Entsorgung

Ausguss		Hausmüll		Feststoffabfall		Lösungsmittel		Hinweise
☐		☒		☒		☒		Gips im Hausmüll, Lsg. Lösemittelabfall

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	weitere Maßnahmen System ist geschlossen
☒	☒	☒	☒	☒	☐	☐	

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul III O2a – Versauerung der Meere Kapitel B3

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 01.01.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Versauerung der Meere

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☒ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Kohlendioxid	☐ GEFAHR ☒ ACHTUNG	H 280
Kohlensäure	☐ GEFAHR ☐ ACHTUNG	keine
McCrumb-Indikator (ethanolisch)	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H 341-350-361f
Caclumhydrogencarbonat	☐ GEFAHR ☐ ACHTUNG	keine

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☒	☒	☒

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☐	☒
Brand, Explosion		☒	☐
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☐

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☐	☒	☐	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:
Indikator nach McCrumb ist bei den Verdünnungen von Phenophthalein (< 1%) als mittel gefährdend einzustufen und kann deshalb auch im Schülerexperiment verwendet werden.

5. Entsorgung

Ausguss		Hausmüll		Feststoffabfall		Lösungsmittel		Hinweise
☐		☐		☐		☒		keine

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5							weitere Maßnahmen keine
	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	
☒	☒	☒	☐	☐	☐	☒	

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul III 02 – Der Soda-Sprudler Kapitel B3

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 01.01.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Der Soda-Sprudler

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☒ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Kohlendioxid	☐ GEFAHR ☒ ACHTUNG	H 280
Kohlensäure	☐ GEFAHR ☐ ACHTUNG	keine
	☐ GEFAHR ☐ ACHTUNG	
	☐ GEFAHR ☐ ACHTUNG	

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☐	☒
Brand, Explosion		☐	☐
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☐

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☒	☐	☐	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:
---

5. Entsorgung

Ausguss		Hausmüll		Feststoffabfall		Lösungsmittel		Hinweise
☒		☐		☐		☐		keine

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	weitere Maßnahmen keine
☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul III 03 – Woher hat die Salzsäure ihren Namen? Kapitel B3

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 01.01.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Woher hat die Salzsäure ihren Namen?

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☒ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Natriumchlorid	☐ GEFAHR ☐ ACHTUNG	keine
Schwefelsäure	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H 290-314
Chlorwasserstofgas	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H 331-314-280
Salzsäure	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H 290-314-335
Natriumhydrogensulfat	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H 318

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☐	☐	☒	☒	☒	☒	☐	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☒	☐
Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☒

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☐	☐	☒	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:
Keine Substitution möglich, da Salzsäure bzw. Chlorwasserstoffgas erzeugt werden soll.

5. Entsorgung

Ausguss	Hausmüll	Feststoffabfall	Lösungsmittel	Hinweise
☒	☐	☒	☒	Nach Neutralisation in den Ausguss

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	weitere Maßnahmen
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☐	keine

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV

pH-Wert Bestimmungen diverser saurer Lösungen mit pH-Meter und Farbindikator (Experimente 1 -3)

Kapitel B4

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 29.05.2017

1. Tätigkeit / Experiment: pH-Wert Bestimmungen diverser saurer Lösungen mit pH-Meter und Farbindikator (Experimente 1 -3)

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☐ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
z.B. Cillit Bang Kraftreiniger (u. a. mit Sulfamidsäure; Oxalsäure)	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H290, H315, H318
Salzsäure mit c=0,1mol/L	☐ GEFAHR ☐ ACHTUNG	keine
Universalindikator flüssig	☐ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H225

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☐	☒
Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☒

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☒	☐	☐	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:
Größtenteils handelt es sich um Lebensmittel ohne Gefährdungspotenzial; CO_2: Kleinstmengen.

5. Entsorgung

Ausguss		Hausmüll		Feststoffabfall		Lösungsmittel		Hinweise
☒		☐		☐		☐		keine

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5							weitere Maßnahmen keine
	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	
☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul V 01 – Wirkung von Backofenreiniger auf Rotkohlsaft Kapitel B5

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 30.05.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Wirkung von Backofenreiniger auf Rotkohlsaft

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☐ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Backofenreiniger	Achtung	---

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☐	☒
Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☒

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☐	☒	☐	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:
---

5. Entsorgung

Ausguss		Hausmüll		Feststoffabfall		Lösungsmittel		Hinweise
☒		☐		☐		☐		keine

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5							weitere Maßnahmen keine
	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	
☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul V 02 – Wirkung von Rohrreiniger auf Haare, Wolle, Fett Kapitel B5

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 30.05.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Wirkung von Rohrreiniger auf Haare, Wolle, Fett

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☐ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Rohrreiniger (enthält Natriumhydroxid)	Gefahr	H290, H314

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☒	☐
Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☒

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☐	☒	☐	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:

---

5. Entsorgung

Ausguss		Hausmüll		Feststoffabfall		Lösungsmittel		Hinweise
☒		☒		☐		☐		Feste Bestandteile im Hausmüll entsorgen

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	weitere Maßnahmen
☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	keine

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul VI 01 – Herstellung eines Rohrreinigers Kapitel B6

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 01.01.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Herstellung eines Rohrreinigers

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☒ Schülerversuch ☐ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Natrium	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H 260-314
Phenolphthalein-Lsg. <1%	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H341-350-361f
Natronlauge	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H290-314
Wasserstoff	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H220-280

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☒	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☐	☒
Brand, Explosion		☒	☐
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☐

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☐	☒	☐	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:
---

5. Entsorgung

Ausguss		Hausmüll		Feststoffabfall		Lösungsmittel		Hinweise
☐		☐		☐		☒		keine

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5							weitere Maßnahmen keine
	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	
☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul VI 02 – Herstellung weiterer Laugen Kapitel B6

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 01.01.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Herstellung eines Rohrreinigers (B Säuren und Basen - Modul VI 01)

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☐ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Calcium	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H 261
Phenolphthalein-Lsg. <1%	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H341-350-361f
Calciumlauge	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H315-318-335
Wasserstoff	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H220-280
Calciumoxid	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H315-318-335
Magnesiumoxid	☐ GEFAHR ☐ ACHTUNG	
Magnesiumlauge	☐ GEFAHR ☐ ACHTUNG	
Universalindikator	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H225-319

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☒	☒	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☐	☒
Brand, Explosion		☒	☐
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☒	☐

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☐	☒	☐	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:
Indikator ist bei den Verdünnungen von Phenophthalein (< 1%) als mittel gefährdend einzustufen und kann deshalb auch im Schülerexperiment verwendet werden.

5. Entsorgung

Ausguss		Hausmüll		Feststoffabfall		Lösungsmittel		Hinweise
☐		☐		☐		☒		keine

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	weitere Maßnahmen
☒	☒	☐	☐	☐	☐	☒	keine

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV

Neutralisationsreaktionen diverser verd. saurer Lösungen mit diversen verdünnten Laugen und Farbindikator (Experimente 1 -3)

Kapitel B7

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** _____

1. Tätigkeit / Experiment: Neutralisationsreaktionen diverser verdünnter saurer Lösungen mit diversen verdünnten Laugen und Farbindikator (Experimente 1 -3)

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☐ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Antazidum, z.B. Talcid® oder Maaloxan®	☐ GEFAHR ☒ ACHTUNG	keine
Salzsäure mit c=0,1 mol/L	☐ GEFAHR ☒ ACHTUNG	keine
Universalindikator flüssig	☐ GEFAHR ☒ ACHTUNG	H225
Natronlauge c=0,01 mol/L	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	290

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☒	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☐	☒
Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☒

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☒	☐	☐	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:

---

5. Entsorgung

Ausguss		Hausmüll		Feststoffabfall		Lösungsmittel		Hinweise
☒		☐		☐		☐		keine

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	weitere Maßnahmen keine
☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	

Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV
Modul VIII – Stimmt die Menge? Kapitel B8

Schulname, Ort: _____ **Erstelldatum:** 27.06.2017

1. Tätigkeit / Experiment: Stimmt die Menge?

Geplanter Einsatz: Lehrerversuch ☒ Schülerversuch ☒ schutzb. Person ☐

2. Einstufung der gefährlichen Stoffe (Edukte / Produkte / Nebenprodukte)

Stoffe	Signalwort	H-Sätze
Natronlauge	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H 290, H 314
Haushaltsessig	☐ GEFAHR ☐ ACHTUNG	
McCrumb-Indikator (ethanolisch)	☒ GEFAHR ☐ ACHTUNG	H 341-350-361f

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☒	☒	☐

3. Beurteilung der Gefahren

durch...	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
Haut- und Augenkontakt	Fließdiagramm Seite 156	☒	☐
Einatmen		☒	☐
Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tab. „Sonstige Gefahren“, S. 156	☐	☒

4. Beurteilung des Grades der Gefährdung der gesamten Tätigkeit

gering	mittel	hoch (*)	sehr hoch (*)	Substitutionsprüfung wurde durchgeführt und das Ergebnis berücksichtigt.
☐	☒	☐	☐	

(*) = Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden:
Indikator nach McCrumb ist bei den Verdünnungen von Phenophthalein (< 1%) als mittel gefährdend einzustufen und kann deshalb auch im Schülerexperiment verwendet werden.

5. Entsorgung

Ausguss		Hausmüll		Feststoffabfall		Lösungsmittel		Hinweise
☒		☐		☐		☐		keine

6. Festlegen der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard RISU I-1, I-2, I-3.4.1, III-2.4.5	Schutzbrille	Handschuhe	Abzug	geschl. Sys.	Lüften	Brandsch.	weitere Maßnahmen
☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	keine

Notizen

Autorinnen und Autoren

Die Unterrichtsmaterialien der Arbeitsgruppe „Säuren und Basen“ wurden von folgenden Personen erarbeitet:

Andreas Böhm – Peter-Joerres-Gymnasium, Bad Neuenahr-Ahrweiler

Gregor von Borstel – Alexander-von-Humboldt-Gymnasium, Bornheim

Dr. Holger Eybe – Josef-Albers-Gymnasium, Bottrop

Petra Gemein – Helmholtz-Gymnasium, Bonn

Annik Kömpel – Albert-Schweitzer-Schule, Offenbach

Christian Kottig – Fichte-Gymnasium, Hagen

Andreas Lind – Gymnasium Adolfinum, Moers

Dr. Marco Sielaff – Lise-Meitner-Schule, Berlin

Sven Tenhaven – Gymnasium Adolfinum, Moers

Jasmin Völkl – Altkönigschule, Kronberg

Weitere Mitwirkende

Wir bedanken uns bei den folgenden Personen für Ihre Unterstützung, bzw. Ihre Geduld und für Ihre kreative Umsetzung unserer Ideen in Animationen und Bilder:

Dr. Hans Jürgen Metternich – Evonik Industries AG, Marl

Marius Olechowski – Evonik Industries AG, Marl

Guido Scholz – CREOS Lernideen und Beratung GmbH, Bielefeld

Katharina Trüggelmann – CREOS Lernideen und Beratung GmbH, Bielefeld

Die Informationen, die Sie auf den Seiten vorfinden, wurden nach bestem Wissen und Gewissen sorgfältig zusammengestellt und geprüft. Es wird jedoch keine Gewähr – weder ausdrücklich noch stillschweigend – für die Vollständigkeit, Richtigkeit und Aktualität übernommen.

Diese Publikation steht unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 DE Lizenz.

Impressum

Herausgeber: Verein MINT-EC®
Verantwortlich: Dr. Niki Sarantidou
Gestaltung Innenteil: Stefanos Papachristopoulos
Gestaltung Umschlag: www.rohloff-design.de
Bildnachweis Titel: alina_hart/iStockphoto

MINT-EC®, MINT-EC-Zertifikat®
und MINT-EC-SCHULE® sind
geschützte Marken des Vereins
mathematisch-naturwissenschaftlicher
Excellence-Center an Schulen e. V.

Stand: Berlin, Februar 2018

Gefördert von:
Evonik Industries AG

MINTec

Das nationale
Excellence-Schulnetzwerk

Bisher in der MINT-EC-Schriftenreihe erschienene Titel

IN DER RUBRIK TALENTE FÖRDERN

- Das MINT-EC-Zertifikat – Die Würdigung besonderer Leistungen im MINT-Bereich, 2. Auflage

IN DER RUBRIK UNTERRICHT GESTALTEN

- Materialien zur Informationstechnischen Grundbildung (ITG)
- Geometrische Ortslinien und Ortsbereiche auf dem Tablet – sketchometry im Unterricht
- Unterrichtsmodule zur Zerstörungsfreien Materialprüfung / Teil I
- ENERGY IN MOTION – Unterrichtsmodule zum Thema Energie
- Alles Chemie – Atombau und PSE
  Deutschlandweiter Unterrichtssupport für die Sek I
- Alles Chemie – Säuren und Basen
  Deutschlandweiter Unterrichtssupport für die Sek I

IN DER RUBRIK SCHULE ENTWICKELN

- Integration von geflüchteten Kindern und Jugendlichen in den Schulalltag

Verein MINT-EC®

Tel.: 030.40006732
Fax: 030.40006735
E-Mail: info@mint-ec.de

www.mint-ec.de
@MINTECnetzwerk
@mint_ec

www.mint-ec.de

9 783945 452066

ISBN-Nummer: 978-3-945452-06-6