



# Materialien zur Unterrichtsreihe „Säure – Base“

---

Prof. Dr. Maik Walpuski, Universität Osnabrück  
Prof. Dr. Elke Sumfleth, Universität Duisburg-Essen

---

## **Universität Osnabrück**

Institut für Chemie  
Didaktik der Chemie  
Barbarastr. 13  
49076 Osnabrück

### **Prof. Dr. Maik Walpuski**

Tel: +49(0)541/ 969-3447 (Sekretariat -3328)  
Fax: +49(0)541/ 969-3866

## **Forscherguppe & Graduiertenkolleg Naturwissenschaftlicher Unterricht**

Universität Duisburg-Essen  
Campus Essen  
Schützenbahn 70  
45117 Essen

Sprecher der Forschergruppe nwu-essen:

### **Prof. Dr. H. E. Fischer**

Tel: +49(0)201/ 183-4639 (Sekretariat: -4644)  
Fax: +49(0)201/ 183-4642

Sprecherin des Graduiertenkollegs nwu-essen:

### **Prof. Dr. Elke Sumfleth**

Tel: +49(0)201/ 183-3757 (Sekretariat: -3761)  
Fax: +49(0)201/ 183-3149

## Einleitung

Für die Durchführung des Forschungsprojektes „Prozessorientiertes Experimentieren in Kleingruppen“ wurde eine Unterrichtseinheit zum Thema *Saure und basische Lösungen* einwickelt, die so angelegt ist, dass die einzelnen Experimentiersequenzen von den Schülerinnen und Schülern selbstständig bearbeitet werden können. Die Reihe wurde für das erste Jahr Chemieunterricht konzipiert. Bedingt durch die Anforderungen des Forschungsprojektes und abhängig vom Bundesland gehen die behandelten Inhalte in wenigen Punkten über die Anforderungen des Lehrplanes hinaus.



Methodische Grundlage bildet die Gruppenrecherche. Die Methode der Gruppenrecherche (group investigation) sieht vor, dass Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen gemeinsam planen, forschen und diskutieren. Die Kleingruppen erhalten für ihre Gruppenrecherche zu jeder der fünf Unterrichtsstunden jeweils eine *Interaktionsbox*, die inhaltlich speziell auf die entsprechende Stunde abgestimmt ist.

Die Interaktionsbox enthält zum einen den Arbeitsauftrag, der als offene Problemaufgabe gestellt ist, zum anderen auch weiterführende Informationen in Form von *Infokarten* und die Experimentiermaterialien.

Sowohl die Experimentiermaterialien als auch die Aufgabenstellungen sind so gewählt, dass ein Abarbeiten „kochbuchartiger“ Experimentiervorschriften bewusst vermieden werden soll. Zum einen ermöglichen die Experimentiermaterialien – soweit das für die jeweilige Aufgabenstellung möglich ist – gezielt das experimentelle Überprüfen bekannter Schülerfehlvorstellungen, zum anderen ist die Aufgabenstellung so gewählt, dass eigene Entscheidungen über mögliche Lösungswege getroffen werden müssen.

In verschiedenen Studien<sup>1</sup> mit weit über 500 Schülerinnen und Schülern konnte die Lernwirksamkeit des Materials nachgewiesen werden. Die Ergebnisse des Projektes legen nahe, dass ein Lehrerfeedback nach Rückfrage der Gruppe einen lernförderlichen Einfluss hat. Dabei genügt bereits der Hinweis, ob ein

---

<sup>1</sup> Rumann, S. (2005). Säuren und Basen. Kooperatives Arbeiten beim Schülerexperiment mit Interaktionsboxen. *Naturwissenschaften im Unterricht/ Chemie*, 88/89, 57-59.

Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2007). Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 13, 181- 198.

Wahser, I. & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 14, 219- 241.

Experiment zur Prüfung einer Idee geeignet ist oder die Auskunft, ob das Ergebnis eines Experimentes das ist, das man bei ordnungsgemäßer Durchführung erwarten würde. Eine intensive Diskussion der Ideen oder ein „Mini-Frontalunterricht“ stören jedoch eher den Arbeitsprozess der Kleingruppen, wie verschiedene aktuelle Studien zeigen. Es ist jedoch empfehlenswert, nach Abschluss der Kleingruppenarbeit in jeder Stunde die Ergebnisse im Klassenverband gemeinsam zu besprechen.

Neben einer inhaltlichen Ausrichtung auf das Thema *Saure und basische Lösungen* können mit den Materialien insbesondere Kompetenzen gemäß der nationalen Bildungsstandards aus dem Bereich der Erkenntnisgewinnung geschult werden. Bei der Auswertung der Ergebnisse werden Kompetenzen im Bereich *Kommunikation* geschult. Insbesondere werden folgende Kompetenzen angesprochen:

Die Schülerinnen und Schüler ...

F 1.1 nennen und beschreiben bedeutsame Stoffe mit ihren typischen Eigenschaften,

F 2.1 beschreiben und begründen Ordnungsprinzipien für Stoffe, z.B. mit ihren typischen Eigenschaften oder mit charakteristischen Merkmalen der Zusammensetzung und Struktur der Teilchen,

F 2.3 schließen aus den Eigenschaften der Stoffe auf ihre Verwendungsmöglichkeiten und auf damit verbundene Vor- und Nachteile.

F 3.1 beschreiben Phänomene der Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen,

E 1 erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente, zu beantworten sind,

E 2 planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen,

E 3 führen qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durch und protokollieren diese,

E 4 beachten beim Experimentieren Sicherheits- und Umweltaspekte,

E 5 erheben bei Untersuchungen, insbesondere in chemischen Experimenten, relevante Daten oder recherchieren sie,

E 6 finden in erhobenen oder recherchierten Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen,

K 4 beschreiben, veranschaulichen oder erklären chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und/oder mit Hilfe von Modellen und Darstellungen,

K 5 stellen Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her und übersetzen dabei bewusst Fachsprache in Alltagssprache und umgekehrt,

K 6 protokollieren den Verlauf und die Ergebnisse von Untersuchungen und Diskussionen in angemessener Form,

K 7 dokumentieren und präsentieren den Verlauf und die Ergebnisse ihrer Arbeit situationsgerecht und adressatenbezogen,

K 8 argumentieren fachlich korrekt und folgerichtig,

K 9 vertreten ihre Standpunkte zu chemischen Sachverhalten und reflektieren Einwände selbstkritisch,

K 10 planen, strukturieren, reflektieren und präsentieren ihre Arbeit als Team.

Auf den folgenden Seiten finden Sie eine Übersicht über die eingesetzten Materialien.

## Übersicht über die Stunden:

Stunde	Inhalt	Umsetzung
1	Gruppierung von Lösungen anhand ihrer Eigenschaften, Einführung der Begriffe <i>sauer</i> und <i>basisch</i> , <i>Indikator</i>	SuS gruppieren verschiedene Lösungen zunächst nach eigenen Kriterien, danach mit Hilfe von Bromthymolblau und Rotkohlsaft
2	Einführung des pH-Wertes als Maß für den sauren oder basischen Charakter einer Lösung	SuS untersuchen die Lösungen aus der ersten Stunde mit pH-Teststäbchen
3	Einführung der pH-Skala anhand der Neutralisationsreaktion	SuS neutralisieren Natronlauge (pH 12&13) und Salzsäure (pH 1&2) mit Hilfe von Einwegspritzen
4	Eigenschaften von Lösungen von Nichtmetalloxiden in Wasser	SuS untersuchen die Lösungen verschiedener Gase (darunter CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> ) mit Indikatoren
5	Eigenschaften von Lösungen von Metalloxiden, Anwendung der Neutralisation	SuS sollen sauren Regen neutralisieren. Dazu stehen u.a. Metalloxide zur Verfügung.

Die einzelnen Stunden sind so gestaltet, dass sie in sich eine abgeschlossene Einheit bilden und auch einzeln verwendet werden können. Da die Stunden jedoch inhaltlich aufeinander aufbauen, bietet es sich an, sie aufeinander folgend einzusetzen. Die Gruppenarbeitsphase dauert jeweils ca. 20 Minuten und kann so optimal in den unterrichtlichen Rahmen eingebunden werden.

## Stunde 1

### Thema: Gruppierung von Lösungen anhand ihrer Eigenschaften

#### Material:

Phase 1: Aufgabenkarte 1, 50 ml-Flaschen mit: Zitronensaft, WC-Reiniger, Essig, dest. Wasser, Zuckerwasser, Rohrreiniger-Lösung, Kalkwasser, Kernseifen-Lösung, hautneutrale Seifenlösung, Fensterreiniger (Herstellung: siehe letzte Seite).

Phase 2: Aufgabenkarte 2, 20 Reagenzgläser, 2 RG-Stopfen, 2 RG-Ständer, 2 RG-Übersichtskarten, Folienstift, Bromthymolblau, Rotkohlsaft, Zusatzinfo „Indikatoren“ und „Rotkohl“.

#### Aufgabenkarte 1

Vor euch stehen verschiedene Lösungen. Einige davon kennt ihr wahrscheinlich schon, z.B. aus dem Haushalt. Macht euch in der Gruppe Gedanken, nach welchen Kriterien ihr die Lösungen gruppieren könntet und versucht, die Lösungen entsprechend zu sortieren.

Nach 10 Minuten erhaltet ihr weitere Hilfsmittel und eine weitere Aufgabe.

#### Aufgabenkarte 2

Im Labor benötigt man häufig Hilfsmittel um Stoffe anhand ihrer Eigenschaften zu ordnen. Eines dieser Hilfsmittel sind so genannte Indikatoren. Versucht, die Lösungen mit Hilfe der Indikatoren zu gruppieren. Stimmt eure eigene Einteilung damit überein? Wenn nein, welche neuen Gruppen könnt ihr aus den Lösungen bilden?

Zusatzfrage: Was ist bei der Einordnung der Lösung aus hautneutraler Seife überraschend?

#### Info-Karte

**Indikatoren** nennt man in der Chemie Stoffe, mit denen sich bestimmte Eigenschaften anderer Stoffe untersuchen lassen. **Bromthymolblau** und **Rotkohlsaft** sind so genannte **Säure-Base-Indikatoren**.

Mit ihrer Hilfe lässt sich feststellen, ob eine Lösung sauer, basisch oder neutral reagiert.

### Info-Karte

Das Gemüse „**Rotkohl**“ trägt nur in Norddeutschland diesen Namen. In Süddeutschland kennt man es unter dem Namen „**Blaukraut**“.

Während die süddeutsche Variante (*Blaukraut*) nur mit Wasser gekocht wird, gibt man bei der norddeutschen Art (*Rotkohl*) Essig oder saure Äpfel hinzu....

#### **Auswahl der Aufgabenstellung:**

Die erste Stunde dient dazu, in das Thema der Säuren und Basen einzuführen. Als Beispiele für saure und basische Lösungen wurden hier gezielt Lösungen ausgewählt, die mehrheitlich aus dem Alltag der Schülerinnen und Schüler bekannt sind. Zur Verfügung stehen hier: *Zitronensaft, WC-Reiniger, Essig, dest. Wasser, Zuckerwasser, Rohrreiniger-Lösung, Kalkwasser, Kernseifen-Lösung, hautneutrale Seifenlösung, Fensterreiniger.*

Es ist zu erwarten, dass die Schülerinnen und Schüler die verschiedenen Lösungen zunächst nach ihnen aus dem Alltag bekannten Kriterien bzw. Eigenschaften einteilen. Denkbar wäre zum Beispiel eine Einteilung in *Reiniger* und *Lebensmittel*, in *riechende* und *geruchlose* Lösungen, *giftige* und *ungiftige* Stoffe oder ähnliches.

Die zweite Aufgabe dient dazu, die Einteilung in *saure* und *basische* Lösungen einzuführen. Hier sollen die Schülerinnen und Schüler anhand der Infokarte zu *Säure-Base-Indikatoren* herausarbeiten, dass die Einteilung in saure und basische Lösungen mit Hilfe von *Eigenschaften* erfolgt, die Einteilung in Aufgabe 1 also nicht falsch war, sondern lediglich anhand anderer Kriterien erfolgte. Die Schülerinnen und Schüler sollen anhand der Farbgebungen der Indikatoren *Rotkohlsaft* und *Bromthymolblau* erkennen, dass immer gleiche Gruppen gebildet werden können, auch wenn die Farben bei beiden Indikatoren andere sind. Zusätzlich kann davon ausgegangen werden, dass die Schülerinnen und Schüler aus der Infokarte zur Zubereitung von Rotkohl bzw. Blaukraut ableiten können, dass alle Lösungen, die mit Rotkohlsaft eine rote Färbung ergeben, saure Lösungen sind. Im Idealfall kombinieren die Schülerinnen und Schüler die Informationen aus beiden Infokarten und kommen zu dem Ergebnis, dass sich die Lösungen in saure, basische (und neutrale) Lösungen einteilen lassen, wobei davon auszugehen ist, dass der Begriff der *sauren Lösung* der bekannteste ist.

Die Zusatzaufgabe verlangt von den Schülerinnen und Schülern eine Reflexion des Begriffes *hautneutral* und eine Vernetzung mit Wissen aus anderen Fächern, hier der Biologie. Das Gelernte muss somit auf einen neuen Sachverhalt angewendet werden.

#### **Lösungsmöglichkeiten:**

Die erste Einteilung der Lösungen kann nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen, je nachdem, auf welche Eigenschaften die Schülerinnen und Schüler Bezug nehmen. Bei der Bearbeitung der zweiten Aufgabe lassen sich drei Gruppen von Lösungen einteilen: *saure*, *basische* und *neutrale* Lösungen. Saure Lösungen färben Rotkohlsaft hellrot, Bromthymolblau hingegen gelb. Neutrale Lösungen färben Rotkohlsaft lila und Bromthymolblau grün, während basische Lösungen Rotkohlsaft grün-gelb und Bromthymolblau blau färben. Daraus resultiert folgende Einteilung der Lösungen:

	<b>Lösung</b>	<b>Farbe mit Rotkohlsaft</b>	<b>Farbe mit Bromthymolblau</b>
<b>saure Lösungen</b>	WC-Reiniger	hellrot	gelb
	Speiseessig	hellrot	gelb
	Zitronensaft	hellrot	gelb
	hautneutrale Seife	lila-rot	hellgelb
<b>neutrale Lösungen</b>	dest. Wasser	lila-blau	grün
	Zuckerwasser	lila-blau	grün
<b>basische Lösungen</b>	Kernseifen-Lsg.	grün	blau
	Glasreiniger	grün	blau
	Kalkwasser	grün	blau
	Rohrreiniger-Lsg.	gelb-grün	blau

Bei der Zusatzaufgabe wird erwartet, dass die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die hautneutrale Seife nicht neutral, sondern leicht sauer reagiert. Die Seife ist also im Verhältnis zur Haut neutral, die einen Säureschutzmantel besitzt.

## Stunde 2:

### Thema: Einführung des pH-Wertes

**Material:** Aufgabenkarte, 10 Reagenzgläser, RG-Ständer, RG-Übersichtskarte, Folienstift, Indikatorstäbchen, Indikatorkala, Zusatzinfo „pH-Wert“, „Rohrreiniger“ und „WC-Reiniger“, Lösungen wie in Stunde 1

#### Aufgabenkarte

Beim letzten Mal habt ihr die Lösungen bereits gruppiert. Man kann jedoch noch mehr Aussagen über die Eigenschaften der Lösungen machen. Versucht mit Hilfe der Box herauszufinden, mit welchem System sich die vorliegenden Lösungen genauer abstufen lassen.

**Zusatzaufgabe 1:** Welche Lösungen sind eurer Meinung nach besonders ätzend? Warum?

**Zusatzaufgabe 2:** Aus der Werbung kennt ihr sicher Zahnpflegekaugummis. Diese sollen einen zu niedrigen pH-Wert im Mund vermeiden. Welche Eigenschaften müssen diese Kaugummis eurer Meinung nach haben?

#### Info-Karte

**pH-Wert:**

„Maß für die Konzentration, das heißt, den sauren oder basischen Charakter einer Lösung.“

aus: Meyers Taschenlexikon

#### Info-Karte

**Etikett eines Rohrreinigers:**

Verursacht schwere Verätzungen. Unter Verschluss und für Kinder unzugänglich aufbewahren. Behälter dicht geschlossen halten. Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser spülen und Arzt konsultieren. Beschmutzte Kleidung sofort ausziehen. Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen.

**Enthält: Natriumhydroxid, Duftstoffe**



## Info-Karte

### Etikett eines WC-Reinigers:

Sehr kraftvoller Reiniger auf Säurebasis, durch Tenside unterstützt. Entfernt bei kurzer Einwirkzeit auch hartnäckige Kalkablagerungen und andere extreme Verschmutzungen.

### Allgemeine Hinweise

Benetzte Kleidung wechseln. Bei Augenkontakt: Gründlich mit viel Wasser spülen, Arzt konsultieren. Bei Hautkontakt: Gründlich mit viel Wasser spülen. Bei Verschlucken: Mund ausspülen und sofort ärztlichen Rat einholen.



### Auswahl der Aufgabenstellung:

Nachdem die Schülerinnen und Schüler in der letzten Sequenz eine grobe Einteilung in saure, basische und neutrale Lösungen vorgenommen haben, soll in dieser Sequenz eine genauere Abstufung des sauren oder basischen Charakters einer Lösung anhand des pH-Wertes vorgenommen werden. Den Schülerinnen und Schülern stehen zu diesem Zweck die gleichen Lösungen zur Verfügung, wie zuvor. Der pH-Wert ist in diesem Zusammenhang als eine vorgegebene Größe anzusehen. Ziel ist es, zu erarbeiten, dass der pH-Wert angibt, wie stark der saure oder basische Charakter einer Lösung ausgeprägt ist. Eine tiefer gehende Herleitung des Maßes kann und soll aufgrund der fehlenden mathematischen Kenntnisse in dieser Jahrgangsstufe nicht erfolgen. Zusatzaufgabe 1 soll verdeutlichen, dass nicht nur saure, sondern auch basische Lösungen gefährliche Eigenschaften haben und ätzend sind. So soll die typische Fehlvorstellung aufgegriffen werden, dass nur Säuren gefährlich sind bzw. dass der pH-Wert ein Maß für die Gefährlichkeit von Säuren ist. Eine zweite verbreitete Fehlvorstellung, dass Säuren einen hohen pH-Wert haben müssen, kann ebenfalls falsifiziert werden.

Bei der Beantwortung der zweiten Zusatzaufgabe sollen die Schülerinnen und Schüler das Gelernte auf einen neuen Zusammenhang übertragen. Darüber hinaus bietet diese Aufgabe eine erste Überleitung zum Thema der Neutralisation.

### Lösungsmöglichkeiten:

Da die Einteilung der Lösungen in saure, neutrale und basische Lösungen bereits aus Stunde 1 bekannt ist, können die Schülerinnen und Schüler anhand der gemessenen pH-Werte feststellen, dass die pH-Werte der sauren Lösungen immer kleiner als 7 sind, während die pH-Werte der basischen Lösungen größer als 7 sind. Der pH-Wert von 7 entspricht der neutralen Lösung. Mit Hilfe der pH-Skala ist jedoch eine detailliertere Einteilung der verschiedenen Lösungen

möglich als anhand von Bromthymolblau und Rotkohlsaft. Folgende pH-Werte können dabei gemessen werden:

<b>sauer</b>	<b>neutral</b>	<b>basisch</b>
WC-Reiniger ca. pH 1	Destilliertes Wasser pH 7	Fensterreiniger ca. pH 9
Zitronensaft ca. pH 3	Zuckerwasser pH 7	Kernseifenlösung ca. pH 9-10
Speiseessig ca. pH 3		Kalkwasser ca. pH 12
Hautneutrale Seife ca. pH 6		Rohrreinigerlösung ca. pH 13

Zu Aufgabe 2 kann anhand der Infokarten gefolgert werden, dass Lösungen mit extrem hohen oder extrem niedrigen pH-Werten besonders ätzend sind, da die beiden Beispiele *WC-Reiniger* und *Rohrreiniger* beide als ätzend beschrieben werden, aber mit pH 1 und pH 13 an entgegengesetzten Enden der Skala liegen. In Bezug auf die zweite Zusatzaufgabe ist festzustellen, dass Zahnpflegekaugummi in irgendeiner – hier noch nicht näher ausdifferenzierten – Form den pH-Wert im Mund anheben müssen.

## Stunde 3

### Thema: Neutralisation

**Material:** Aufgabekarte, 4 Einwegspritzen (5 ml, beschriftet), stumpfe Kanülen, 4 PE-Flaschen mit 30 ml NaOH (pH 12&13) bzw. Salzsäure (pH 1&2), 6 Reagenzgläser, kleines Becherglas, Rotkohlsaft, Farbkarte für Rotkohlsaft, Handschuhe, Zusatzinfo „Neutralisation“ und „pH-Skala“

#### Aufgabekarte

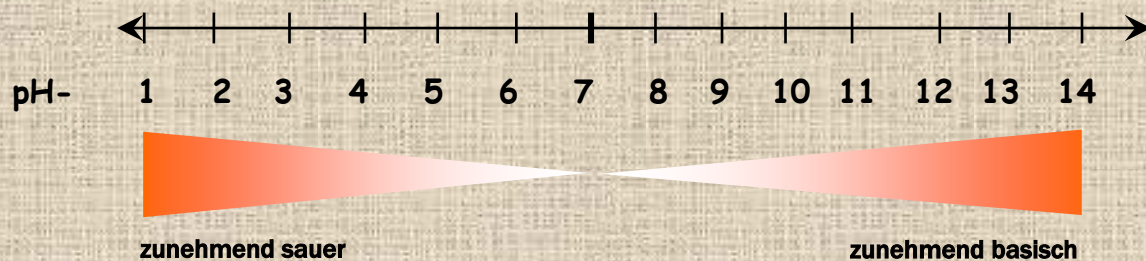
In der Box befinden sich Salzsäure und Natronlauge.

Beide Lösungen sind – ähnlich wie WC-Reiniger oder Rohrreiniger in der letzten Stunde – stark ätzend.

Versucht, die Lösungen möglichst unschädlich zu machen. Um die Lösungen aus den Flaschen zu entnehmen, bzw. um Mengen abzumessen, benutzt bitte die Einwegspritzen.

#### Info-Karte

##### Die pH-Skala



#### Info-Karte

Das Aufheben der **sauren** oder **basischen** Eigenschaften einer Lösung bezeichnet man als **Neutralisation**.

Die entstehende **neutrale Lösung** ist nicht mehr ätzend.



### **Auswahl der Aufgabenstellung:**

Diese Aufgabe verbindet die Inhalte von Stunde 1 & 2 und dient darüber hinaus zur Erarbeitung eines neuen Sachverhaltes. Die Schülerinnen und Schüler müssen ihr bereits erworbenes Wissen anwenden, um die Aufgabe lösen zu können. Waren die Stunden 1&2 noch von einem explorativen Erarbeiten neuer Erkenntnisse gekennzeichnet, muss nun bereits erworbenes Wissen integriert und eine neue Aufgabe planvoll bearbeitet werden.

Das Thema der *Neutralisation* ist für Schülerinnen und Schüler der Klasse 7 ein sehr komplexes Thema, dass auch von Schülerinnen und Schülern der 10. Klasse häufig nicht gut erklärt werden kann. An dieser Stelle werden daher nur quantitative Fragestellungen bearbeitet, eine präzise Erklärung einzelner Abläufe kann erst erfolgen, wenn der Umgang mit Reaktionsgleichungen von den Schülerinnen und Schülern beherrscht wird.

### **Lösungsmöglichkeiten:**

Es stehen prinzipiell vier Lösungswege offen, von denen jedoch im Wesentlichen zwei sinnvoll experimentell umgesetzt werden können. Die Neutralisation der Lösungen gelingt immer dann, wenn Säure und Base so gewählt werden, dass die pH-Werte vom Neutralpunkt (pH 7) gleich weit entfernt sind und gleiche Volumina verwendet werden. Alle anderen möglichen Kombinationen führen zu einem Volumenverhältnis von 10:1 welches mit den vorhandenen Materialien schwer zu erzielen ist. Zur Neutralisation können entweder gezielt bestimmte Volumina gewählt und mit der Einwegspritze abgemessen werden, oder es kann mit der Einwegspritze eine vereinfachte Titration durchgeführt werden.

## Stunde 4

### Thema: Lösungen von Nichtmetalloxiden

**Material:** Aufgabekarte, 8 Reagenzgläser mit Stopfen, RG-Ständer, RG-Übersichtskarte, Folienstift, Wasser (pH 7 überprüfen!), Bromthymolblau, 20 ml-Spritzen (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>), 5 ml-Spritze (SO<sub>2</sub>), 4 Luer-Lock-Verschlüsse für Spritzen, 4 Silikonschläuche, Zusatzinfo „Gase in Wasser“, „(Nicht)Metalloxe“, „PSE“, „Farbkarte Bromthymolblau“

#### Aufgabekarte

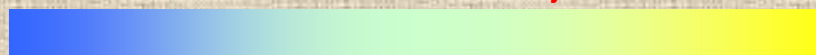
In den Einwegspritzen befinden sich verschiedene Gase. Leider kann man bei Gasen den pH-Wert nicht direkt messen.

Überlegt, wie ihr dennoch herausfinden könnt, ob die vorliegenden Gase sauer oder basisch reagieren.

Bei welchen Gasen lässt sich eine saure Reaktion feststellen? Habt ihr eine Idee, wie man diese Gase nennt?

#### Info-Karte

##### Farbreaktion von Bromthymolblau



basisch

neutral

sauer

#### Info-Karte

Nicht nur Feststoffe, sondern auch **Gase** können sich in Wasser **lösen**.

Ein bekanntes Beispiel dafür ist das Mineralwasser. Beim Öffnen einer frischen Flasche bemerkt ihr, wie ein Teil des **gelösten Gases** wieder entweicht.

#### Info-Karte

Verbindungen aus **Metallen** und **Sauerstoff** bezeichnet man als **Metalloxe**.

Verbindungen aus **Nichtmetallen** und **Sauerstoff** hingegen als **Nichtmetalloxe**.

Sauerstoff wird im Periodensystem mit dem Buchstaben „**O**“ abgekürzt.



### **Lösungsmöglichkeiten:**

Es müssen die Gase in Wasser gelöst und die Lösung mit Bromthymolblau versetzt werden um den pH-Wert zu messen. Das kann entweder geschehen, indem Wasser mit Bromthymolblau in die Spritzen gezogen wird – was aber in der Praxis schwierig ist, da die Spritzen bereits fast vollständig aufgezogen sind – oder dadurch, dass man das Gas aus der Spritze in ein Reagenzglas mit Wasser und Bromthymolblau perlen lässt. Wird das Bromthymolblau vor dem Gas zugegeben, so lässt sich der Farbumschlag von neutral (grün) zu sauer (gelb) beobachten. Gibt man das Bromthymolblau erst anschließend zu, ist zwar nur der Endzustand zu beobachten, für die Problemlösung spielt dieser Unterschied jedoch keine Rolle. Es können folgende Farben des Indikators beobachtet werden:

- Stickstoff – grün
- Sauerstoff – grün
- Kohlenstoffdioxid – gelb
- Schwefeldioxid – gelb

#### **Hinweis zum Einsatz von SO<sub>2</sub> im Unterricht**

Im Normalfall wird das SO<sub>2</sub> von den Schülerinnen und Schülern im Wasser gelöst und nicht freigesetzt, dennoch kann eine Freisetzung nie völlig ausgeschlossen werden.

Wir füllen pro Box ca. 5 mL SO<sub>2</sub> ab. Bei eigener Herstellung liegt die Konzentration von SO<sub>2</sub> in den Spritzen sehr wahrscheinlich unter 100 %, aber wir gehen zur Sicherheit von einer Konzentration von 100 % aus.

Gibt man an 32 SuS die Boxen in 4er-Gruppen aus, so können – wenn man davon ausgeht, dass alle Spritzen irrtümlich vollständig in die Raumluft entleert werden – maximal 40 mL SO<sub>2</sub> freigesetzt werden.

Nimmt man einen sehr kleinen Klassenraum an (60 m<sup>2</sup>), der zudem noch außergewöhnlich niedrig ist (2,5 m) so erhält man ein Raumvolumen von 150 m<sup>3</sup>. Geht man ferner davon aus, dass keine Belüftung stattfindet, so darf eine Konzentration von 0,5 ppm (mL/m<sup>3</sup>) bei Dauerexposition nicht überschritten werden (AGW Stand: 2007).

Tatsächlich wird nur eine Konzentration von maximal 0,27 mL/m<sup>3</sup> erreicht – und das auch nur unter äußerst widrigen Bedingungen!

## Stunde 5

### Thema: Neutralisation von saurem Regen

#### Material:

Aufgabenkarte, 8 Reagenzgläser mit Stopfen, RG-Ständer, RG-Übersichtskarte, Folienstift, Pipette, Spatel, 4 kl. Bechergläser, Rothkohlsaft, 8 pH-Teststäbchen, dest. Wasser, Zucker, Kochsalz, Magnesiumoxid, Calciumoxid, Zusatzinfo „Saurer Regen“, „Stoffinformationen“ und „Farbskala Rothkohlsaft“, „pH-Skala“

#### Aufgabenkarte

In der heutigen Stunde sollt ihr versuchen, den schädlichen sauren Regen zu neutralisieren. Allerdings habt ihr nur Feststoffe zur Verfügung und die Anzahl der Teststäbchen ist begrenzt.

1. Versucht eure Probe des sauren Regens so gut wie möglich zu neutralisieren.
2. Welche Gemeinsamkeiten besitzen alle Stoffe, die sich zur Neutralisation eignen?

#### Info-Karte

**Saurer Regen** entsteht, wenn Regenwasser Abgase aus der Luft auswäscht. Insbesondere das Gas **Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)** verursacht sauren Regen. Wie ihr wisst, ist Schwefeldioxid ein **Nichtmetalloxid** und reagiert somit sauer.

#### Info-Karte

**Calciumoxid:** Hierbei handelt es sich um ein Metalloxid, welches das Metall Calcium mit Sauerstoff bildet.

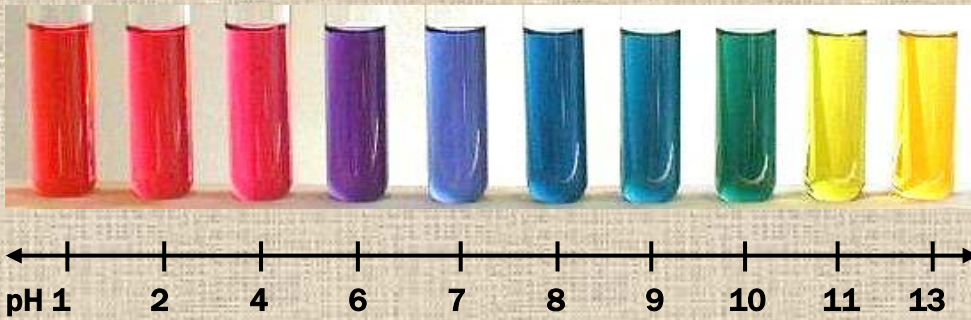
**Zucker:** Zucker ist eine pflanzliche Verbindung, die aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht.

**Kochsalz:** Der chemische Name dieser Verbindung lautet Natriumchlorid. Dieses Salz lässt sich aus Natrium und Chlor herstellen.

**Magnesiumoxid:** Diese Verbindung gehört zu der Gruppe der Metalloxide. Magnesiumoxid entsteht bei der Reaktion des Metalls Magnesium mit Sauerstoff.

### Info-Karte

#### Farbskala von Rotkohlsaft

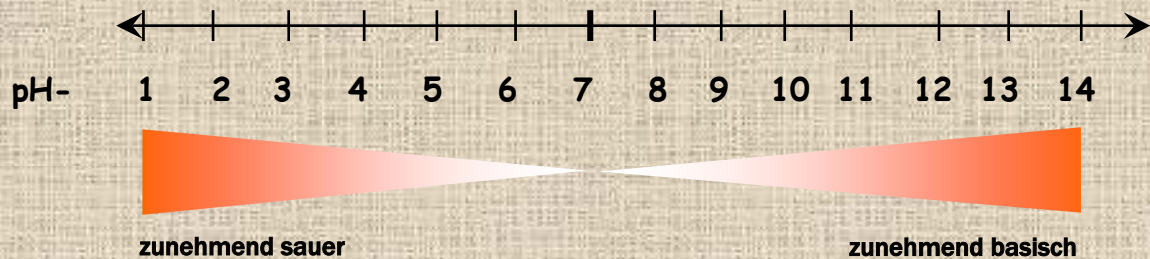


### Info-Karte

Wenn sich ein Feststoff nur schlecht lösen lässt, gibt man möglichst wenig Feststoff in das Lösungsmittel, schüttelt oder rührt um und wartet, bis sich der Rest am Boden absetzt. Nun kann man die klare Lösung abgießen. Die Vorgang wird als **Dekantieren** bezeichnet.

### Info-Karte

#### Die pH-Skala



### **Auswahl der Aufgabenstellung:**

Die Aufgaben für die fünfte und letzte Sequenz stellen besonders hohe Ansprüche an die Problemlösefähigkeit der Schülerinnen und Schüler. Die Aufgaben lassen sich nur durch planvolles, hypothesengeleitetes Vorgehen lösen. Dazu müssen sich die Schülerinnen und Schüler auf das Gelernte der letzten Stunden beziehen. Zum einen ist *saurer Regen* als Lösung von Schwefeldioxid aus der vierten Sequenz bereits bekannt. Ebenfalls bekannt ist das Prinzip der Neutralisation. Beides muss jedoch auf einen völlig neuen Zusammenhang bezogen werden. Zum einen muss herausgefunden werden, welche Stoffe sich zur Neutralisation eignen, zum anderen liegen alle Stoffe nur als Feststoffe vor, was die experimentelle Umsetzung der Neutralisation erschwert. Vom Begriff der *Nichtmetalloxide* muss selbstständig auf das Reaktionsverhalten der *Metalloxide* verallgemeinert werden. Gleichzeitig können typische Fehlvorstellungen wie

- saure Lösungen können mit neutralen Lösungen neutralisiert werden
  - saure Lösungen können mit süßen Lösungen neutralisiert werden
- experimentell umgesetzt und falsifiziert werden.

### **Lösungsmöglichkeiten:**

Die Aufgaben können auf verschiedene Art und Weise gelöst werden, wobei sich die Lösungswege im Wesentlichen in der Reihenfolge der einzelnen Lösungsschritte unterscheiden. Einige Schritte müssen jedoch auf jeden Fall vorkommen:

- Der pH-Wert des sauren Regens ist zu bestimmen.
- Die Feststoffe müssen in Wasser gelöst werden um den pH-Wert zu bestimmen.
- Es muss mindestens eine Lösung ausgewählt werden, die basisch – und somit geeignet – ist, den sauren Regen zu neutralisieren.
- Aufgrund der Abhängigkeit von Volumen und pH-Wert kann entweder versucht werden, eine Lösung herzustellen, die exakt den benötigten pH-Wert hat, um sie mit dem gleichen Volumen an saurem Regen zusammenzugeben, oder es kann eine Lösung, deren pH-Wert nicht exakt der gewünschte ist, mit der Pipette bis zur Neutralisation titriert werden.

Es wird deutlich, dass nur Lösungen von *Calciumoxid* oder *Magnesiumoxid* zur Neutralisation geeignet sind. Verallgemeinernd kann man sagen, dass alle *Metalloxide* – im Gegensatz zu *Nichtmetalloxiden* – basisch reagieren und somit zur Neutralisation verwendet werden können.

## Bezugsquellen

Luer-Lock Spritzen können u.a. bei der Firma Fleischhacker bezogen werden:  
<http://www.fleischhacker-medizin.de/>

Größe	Packung à	Bestnr.	Anzahl	€
2 ml	100 Stück	5930014	<input type="text"/>	5,35
5 ml	100 Stück	5930015	<input type="text"/>	8,15
10 ml	100 Stück	5930016	<input type="text"/>	10,95
20 ml	100 Stück	5930017	<input type="text"/>	17,95
30 ml	100 Stück	7023207	<input type="text"/>	53,85
50 ml	100 Stück	5930027	<input type="text"/>	82,45

Luer-Lock 2-Wege-Absperrhähnen können u.a. bei der Fa. Vygon bezogen werden:  
<http://www.vygon.de>

## ZUBEHOR

DREIWEGEHAHNE, HAHNENBANKE, VERTEILERRAMPEN

### 872 ABSPERRHAHN

aus transparentem Polycarbonat

Luer-Lock-Ansatz mit Überwurfmutter

**ABSPERRHAHN Art.-Nr. V.E.**

872.10

50

## Herstellung der Lösungen für die 1.&2. Stunde

sauer	neutral	basisch
WC-Reiniger ca. pH 1	Destilliertes Wasser pH 7	Fensterreiniger ca. pH 9
Zitronensaft ca. pH 3	Zuckerwasser pH 7	Kernseifenlösung ca. pH 9-10
Speiseessig ca. pH 3		Kalkwasser ca. pH 12
Hautneutrale Seife ca. pH 6		Rohrreinigerlösung ca. pH 13

### WC Reiniger:

Alle Lösungen müssen möglichst farblos sein. Bad-Reiniger kann teilweise eine gute Alternative sein.

### Zitronensaft:

Möglichst das relativ farblose Konzentrat aus den gelben Plastikzitronen (ggf. etwas verdünnen). Zur besseren Haltbarkeit kann man ca. 10 % Ethanol zusetzen. Notfalls kann man auch eine entsprechende Lösung aus Zitronensäure herstellen.

### Speiseessig:

Möglichst keinen Kräutereisig usw. verwenden. Essigessenz muss verdünnt werden.

### Hautneutrale Seife:

Auch hier sollte eine klare, farblose Seife gewählt werden. Sehr dickflüssige Seifen können 1:1 verdünnt werden (pH-Wert noch einmal prüfen).

### Destilliertes Wasser:

Je nach Quelle ist das destillierte Wasser leider nicht immer pH-neutral. Manchmal kann Leitungswasser besser geeignet sein. Ansonsten hilft die Zugabe von ein paar Tropfen Pufferlösung pH 7 (Für die 4. Stunde darf das Wasser keinesfalls gepuffert werden, sondern muss ggf. durch Zugabe von etwas HCl oder NaOH möglichst genau auf pH 7,0 – 7,2 eingestellt werden.)

### Fensterreiniger:

Fast alle kommerziell erhältlichen Glasreiniger sind geeignet.

### Kernseifenlösung:

Nur wenige Späne Kernseife in warmem Wasser lösen, sonst wird die Lösung trüb.

Kalkwasser:

Ca. 2 g Calciumhydroxid in einem Liter Wasser lösen.

Rohrreiniger:

Aus kommerziell erhältlichem Rohrreiniger müssen zugesetzte Aluminiumspäne entfernt werden. Es kann auch eine NaOH-Lösung (2 M) verwendet werden.

Rotkohlsaft:

Rotkohlsaft hält sich nur ca. 2-3 Tage, im Kühlschrank bis zu einer Woche. Die Zugabe von ca. 10% Ethanol verlängert die Haltbarkeit um einige Tage. Rotkohlsaft kann sehr gut eingefroren werden. Rotkohlsaft-Indikator kann auch durch Einweichen getrockneter Rotkohlblätter in einem Wasser-Ethanol-Gemisch (80:20) hergestellt werden. Vorteil: Die Blätter sind getrocknet lange haltbar. Nachteil: Die Farbe ist deutlich schwächer.