

Thema wurde von Lehrkräften wie Schülerinnen und Schülern hochmotiviert angenommen. Der Unterricht machte sofort deutlich, dass die Thematik im direkten Lebensbereich der Schülerinnen und Schüler liegt. So hatten einige von ihnen schon Tätowierungen, andere dachten darüber nach. Das führte dazu, dass das Interesse an den Farbmitteln, dem Umgang mit ihnen und insbesondere an den Gefahren, die von den Farben ausgehen, sehr hoch war. Die Versuche sind von vielen Schülerinnen und Schülern, auch mit Erstaunen über die Ergebnisse, sehr motiviert durchgeführt worden. Insbesondere waren die Schülerinnen und Schüler überrascht, dass einige der preisgünstigen Farben nach dem Erhitzen schwarz geworden sind. Selbst die Lesestationen wurden mit viel Interesse durchgearbeitet. Auch der Einbezug des Jugendmagazin-Tests erwies sich als authentisch und motivierend. Das Ausfüllen der Testitems hat den Schülerinnen und Schülern sichtlich Freude bereitet und anschließend zu intensiven Diskussionen geführt, welches nun persönliche, gesellschaftliche und naturwissenschaftliche Fragen sind.

Viele Schülerinnen und Schüler, die noch am Anfang der Einheit darüber nachgedacht hatten, sich eine Tätowierung stechen zu lassen, gaben an, nun kritischer und intensiver über die Entscheidung nachzudenken. Eine Schülerin äußerte: „Zum Glück habe ich mir noch kein Tattoo stechen lassen und ich werde es auch nicht machen.“ Selbst die Schülerinnen und Schüler, die bereits eine Tätowierung besaßen, informierten sich intensiv und werden möglicherweise ihre Entscheidung jetzt anders einordnen, auch wenn es natürlich hier nicht darum geht, den Schülerinnen und Schülern „mit dem erhobenen Zeigefinger“ Tätowierungen ausreden zu wollen. Es kann nur das Ziel eines solchen Unterrichts sein, die Lernenden zu informieren und kritisch-nachdenklich zu machen.

So lässt sich zusammenfassen, dass das Thema motivierend und gewinnbringend für das Lernen von Chemie und über Chemie ist. Es hat sich gezeigt, dass die Authentizität, die Relevanz des Themas und das Nachempfinden gesellschaftlicher Kommunikationsprozesse als Bestandteil eines gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterrichts [8, 18] auch hier zu wichtigen Elementen für die positive Wahrnehmung des Unterrichts durch die Schülerinnen und Schüler geworden sind. So fördert die Einheit eine ganze Reihe allgemeiner Bildungs-

ziele, insbesondere aus den Bereichen Kommunikation und Bewertung. Das Aufgreifen von Inhalten aus Jugendmagazinen als Motivation für den Chemie- oder NW-Unterricht ist bislang wenig diskutiert. Es scheint einen besonders authentischen und motivierenden Rahmen für den Chemie- und NW-Unterricht darstellen zu können, der den Schülerinnen und Schülern die direkte Relevanz der Chemie für ihren Alltag verdeutlicht. Vielleicht kann ein solcher Weg etwas gegen die häufig beklagte Fachunbeliebtheit der Chemie beitragen – hoffentlich nicht nur im Wahlpflichtunterricht. ■

#### Hinweis

Eine ausführliche Handreichung zu den Versuchen und anderen Aktivitäten findet sich in [13].

#### Dank

Wir danken dem Fonds der chemischen Industrie (FCI) und dem Projekt PROFILES (EU-FP7, GA 266589) für die finanzielle Unterstützung. Außerdem danken wir K. Hennies, M. R. Kamp und A.-X. Klußmann für ihre Mithilfe beim Erproben der Experimente.

#### Literatur

- [1] E. Brähler, *Verbreitung von Tätowierungen, Piercing und Körperhaarentfernung in Deutschland*. Pressemitteilung, Universität Leipzig, 13. Juli 2009
- [2] [www.abendblatt.de/sport/fussball/article1951695/Bedenklicher-Trend-Gezeichnetfuers-Leben.html](http://www.abendblatt.de/sport/fussball/article1951695/Bedenklicher-Trend-Gezeichnetfuers-Leben.html) (Hamburger Abendblatt, 09. 10. 2012)
- [3] M. Friederich, *Tätowierungen in Deutschland – Eine kultursoziologische Untersuchung in der Gegenwart*. Würzburg, 1993
- [4] [www.step21.de/fileadmin/content-media/projekte/vorbilder\\_des\\_alltags/Medizinische\\_Universitaet\\_Innsbruck\\_Kinder\\_und\\_Jugendliche\\_brauchen\\_Vorbilder.pdf](http://www.step21.de/fileadmin/content-media/projekte/vorbilder_des_alltags/Medizinische_Universitaet_Innsbruck_Kinder_und_Jugendliche_brauchen_Vorbilder.pdf) (Med. Univ. Innsbruck, 09. 10. 2012)
- [5] [www.spiegel.de/kultur/gesellschaft/0,1518,107071,00.html](http://www.spiegel.de/kultur/gesellschaft/0,1518,107071,00.html) (Spiegel Online, 09. 10. 2012)
- [6] [www.faz.net/aktuell/gesellschaft/koerperschmuck-tattoo-or-not-to-be-1132273.html](http://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/koerperschmuck-tattoo-or-not-to-be-1132273.html) (FAZ, 09. 10. 2012)
- [7] [http://www.planet-wissen.de/alltag\\_gesundheit/mode/taetowierungen/index.jsp](http://www.planet-wissen.de/alltag_gesundheit/mode/taetowierungen/index.jsp) (Planet Wissen, 07. 07. 2012)
- [8] M. Stolz, T. Witteck, R. Marks, I. Eilks, „Doping“ für den Chemieunterricht und eine Reflexion über geeignete Themen für einen gesellschaftlich relevanten Chemieunterricht. MNU 64 (8), S. 472–479 (2011)
- [9] [www.bfr.bund.de/cm/343/anforderungen\\_fuer\\_eine\\_sicherheitsbewertung\\_von\\_](http://www.bfr.bund.de/cm/343/anforderungen_fuer_eine_sicherheitsbewertung_von_)

[taetowiermitteln.pdf, und www.bfr.bund.de/cm/343/gesundheitsgefahren\\_durch\\_taetowierungen\\_und\\_permanent\\_make\\_up.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/gesundheitsgefahren_durch_taetowierungen_und_permanent_make_up.pdf) (BfR: 09. 20. 2012)

- [10] I. Schmitz, K.-M. Müller, *Elementaranalytische Untersuchungen von Tätowierungsfarbstoffen – Besteht eine potentielle Gefährdung durch Tätowierungsfarbstoffe?*. JDDG, 5, Band 2, S. 350–353 (2004)
- [11] I. Schmitz, A. Kovalchuk, K.-M. Müller, M. Eppe, *Charakterisierung von Tätowierungsfarbstoffen – Elementaranalytische Befunde*. Akt. Dermatol. 31, 514–518 (2005)
- [12] [http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/t\\_tov/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/t_tov/gesamt.pdf) (BMJ, 09. 10. 2012)
- [13] <http://www.idn.uni-bremen.de/chemie/didaktik/materialien.php>
- [14] [www.ua-bw.de/pub/beitrag.asp?subid=2&Thema\\_ID=4&ID=1391&lang=DE](http://www.ua-bw.de/pub/beitrag.asp?subid=2&Thema_ID=4&ID=1391&lang=DE) (CVUA Karlsruhe, 09. 10. 2012)
- [15] [www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/vsd/labor/aktuell/kamp/tattoo-bag.pdf](http://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/vsd/labor/aktuell/kamp/tattoo-bag.pdf) (Basel-Land 09. 10. 2012)
- [16] [www.medizin.de/ratgeber/taetowierungen-tattoos-entfernung.html](http://www.medizin.de/ratgeber/taetowierungen-tattoos-entfernung.html) (medizin.de, 09. 10. 2012)
- [17] D. Meier, *Inked – 0,3 mm unter der Haut der Gesellschaft*. Rabenstück Verlag, 2010.
- [18] R. Marks, M. Burmeister, M. Lippel, I. Eilks, *Bewerten lernen, gefilterte Information und der gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterricht*. NiU-Ch 32 (127), S. 32–36 (2012)
- [19] I. Eilks, N. Belova, M. von Döhlen, M. Burmeister, M. Stuckey; *Kommunizieren und Bewerten lernen für den Alltag am Beispiel der Energydrinks*. MNU 65, S. 480–486
- [20] [http://www.oekotest.de/cgi/index.cgi?artnr=101428;bernr=10;co=\(04.02.2013\)](http://www.oekotest.de/cgi/index.cgi?artnr=101428;bernr=10;co=(04.02.2013))

#### Anschriften der Verfasser

Marc Stuckey und Prof. Dr. Ingo Eilks, Universität Bremen, FB 2, Leobener Str. NW2, 28334 Bremen, E-Mail: [mstuckey@uni-bremen.de](mailto:mstuckey@uni-bremen.de), [ingo.eilks@uni-bremen.de](mailto:ingo.eilks@uni-bremen.de)  
Dr. Torsten Witteck, Westfalen-Kolleg Bielefeld, Brückenstr. 72, 33607 Bielefeld, E-Mail: [witteck@uni-bremen.de](mailto:witteck@uni-bremen.de)

# Die Oxidation von primären Alkanolen zu Alkanalen

Ein Ansatz für eine materialorientierte, hypothesengeleitete Erarbeitung

J. Blankenburg und K. Wloka

Stichworte: Alkohol, Alkanal, Redoxreaktion

## 1 Einleitung

Erstellte Materialien, die zu einer selbstständigen, hypothesengeleiteten Auseinandersetzung der Schülerinnen und Schüler mit der exemplarischen Oxidation eines primären Alkohols zu einem Alkanal anregen, bilden die Grundlage der folgenden Ausführungen. Die Schülerinnen und Schüler erhalten ein Aufgabenblatt (Arbeitsblatt 1) mit dazu gehörigen Materialien (Arbeitsblätter 2 bis 4).

Die Formulierung und das Testen von zunächst stoffbezogenen Hypothesen werden eingefordert. Mit einer geeigneten Problemlösestrategie führen sie auf miteinander vernetzten Wegen zur Formulierung des recht komplexen Redox-Schemas. Entwickelte Hilfefkarten (Kopiervorlagen 1 bis 4) stehen zur Unterstützung bereit, falls das Abstraktionsniveau leistungsschwächerer Schülerinnen und Schüler überschritten werden sollte. Die Lerngruppen am Gymnasium der Verfasser erwerben im Zusammenhang mit der Einführung der chemischen Reaktion in Klasse 7 Kenntnisse über das Trennverfahren der Gaschromatographie [1]. Das Gaschromatogramm der Kopiervorlage 1 ruft dies in Verbindung mit der wiederholenden Erläuterung des Verfahrens noch einmal in das Gedächtnis zurück.

## 2 Unterrichtliche Voraussetzungen

Um die vorbereiteten Materialien für die Gewinnung von Kenntnissen über die Reaktion effektiv nutzen zu können, müssen nur wenige fachliche Voraussetzungen erfüllt werden, die ohnehin Bestandteil des Curriculums des Jahrgangs 10 in Niedersachsen sind. Grundsätzlich wird erwartet, dass die Schülerinnen und Schüler Molekül- und Ionen-Verbindungen unterscheiden und in geeigneter Form darstellen können. Das Aufstellen von Lewis-Formeln und die Anwendung der Ionen-Schreibweise sollten an Beispielen geübt worden sein. Die vorherige Behandlung der organischen Stoffklasse der Alka-

nole auf phänomenologischer und theoretischer Ebene versteht sich von selbst. Eine Einführung in die Redox-Chemie mit der Klärung der Begriffe „Oxidation“, „Reduktion“ und „Redox-Reaktion“ ist erforderlich, um die Einheit vorzuentlasten. Damit verbunden ist auch die Kenntnis des Konzeptes der „Oxidationszahlen“. Vorherige Übungen zum Aufstellen von Redox-Schemata aus der organischen Chemie unter Verwendung der Teilschemata der Oxidation und Reduktion werden empfohlen (z. B. die Verbrennung von Alkanen).

## 3 Verlauf der Einheit

Die Einheit beginnt mit der Erläuterung der intendierten Vorgehensweise durch die Lehrkraft. Die Materialien werden verteilt, Geräte und Chemikalien sowie die Hilfefkarten bereit gestellt. Die Erarbeitungsphase erstreckt sich über die folgenden zwei bis drei Schulstunden in Partnerarbeit. In dieser Zeit steht die Lehrkraft den Schülerinnen und Schülern beratend zur Seite. In der späteren Präsentationsphase erläutern Zweiergruppen exemplarisch ihre Ergebnisse, die anschließend im Plenum diskutiert und ergänzt werden.

## 4 Eine mögliche Lernlinie

Den Ausgangspunkt für die Problemstellung stellt Arbeitsblatt 2 dar. Hier werden anhand einer Zeichnung der experimentelle Aufbau zur Untersuchung der Reaktion demonstriert und Hinweise zu entstehenden Produkten gegeben. Ein Hinweis auf die Kupferbildung fehlt bewusst, da das Kupfer während des Schülerexperimentes nach Arbeitsblatt 3 eigenständig entdeckt wird. Im Zusammenhang mit der farblosen Flüssigkeit am Ausgang der Apparatur, die in Arbeitsblatt 2 dargestellt ist, bieten sich folgende stoffliche Hypothesen an: Die Flüssigkeit könnte durch die Kondensation von Propanol-Dampf oder aber durch Kondensation des stechend riechenden Gases in der kälteren Zone der Apparatur entstanden sein. Eventuell handelt es sich aber

auch um ein oder mehrere weitere gasförmige Produkte, die hier kondensiert sind und über die zunächst noch keine weiteren Daten vorliegen.

Zu einer spezifischen Hypothese bezüglich der Teilchen des zentralen Produktes der Redox-Reaktion gelangen die Schülerinnen und Schüler durch Einbezug der Ergebnisse aus Arbeitsblatt 4. Eine Komponente des die Apparatur verlassenen Gasgemisches wird als Propanal identifiziert. Mithilfe der weiteren Informationen können die Schülerinnen und Schüler die Strukturformel (Lewis-Formel) des Propanal-Moleküls entwickeln und sie mit der des Propan-1-ol-Moleküls vergleichen.

Auf diese Weise ergibt sich ein Kenntnisstand, der die Entstehung der Produkte Kupfer<sub>(s)</sub> und Propanal<sub>(g)</sub> postuliert. Dieses Postulat wird genutzt, um die Teilschemata der Oxidation und der Reduktion zu formulieren. Bei der Oxidation werden pro Propan-1-ol-Molekül, das zu einem Propanal-Molekül reagiert, zwei Elektronen abgegeben, allerdings entstehen auch formal zwei Protonen, deren Verbleib zunächst noch nicht geklärt werden kann. Die Formulierung des Schemas der Reduktion ist etwas einfacher, ein Cu<sup>2+</sup>-Ion reagiert durch Aufnahme von zwei Elektronen zu einem Kupfer-Atom. Da die Cu<sup>2+</sup>-Ionen aber im Gitter des Kupfer(II)-oxids immobilisiert vorliegen, kann ihre Reduktion nur an der Oberfläche des Feststoffes stattfinden. In der Nähe von Cu<sup>2+</sup>-Ionen befinden sich auch immer O<sup>2-</sup>-Ionen. Pro reduziertem Cu<sup>2+</sup>-Ion wird ein Oxid-Ion demobilisiert. Mit Blick auf die bei der Oxidation formal freigesetzten Protonen kann sich die Hypothese der Entstehung von Wassermolekülen anbahnen.

Für das Gesamtschema schlussfolgern die Schülerinnen und Schüler das Entstehen von Wasser-Molekülen durch die Kombination von bei der Oxidation formal entstehenden H<sup>+</sup>-Ionen mit bei der Reduktion demobilisierten O<sup>2-</sup>-Ionen. Der Rückbezug zu der entstandenen Flüssigkeit im gebogenen Glasrohr der Appa-

ratur in Arbeitsblatt 2 stützt diese Hypothese. Es handelt sich bei der Flüssigkeit vermutlich um ein Propan-1-ol<sub>(l)</sub>/Wasser<sub>(l)</sub>-Gemisch (Siedetemperaturen: 97°C, 100°C), das durch teilweise kondensiertes Propan-1-ol und kondensierten Wasserdampf entstanden ist. Propanal<sub>(l)</sub> würde mit einer Siedetemperatur von 49°C kaum kondensieren. Auch die Tatsache, dass im Chromatogramm kein Peak für den Stoff Wasser auftritt, stützt die Hypothese der Kondensation des Wasserdampfes, bevor dieser die Apparatur verlassen hat.

Durch die Nutzung aller Materialien, geeigneter Strategien und gegebenenfalls des Einsatzes von Hilfefkarten können die Schülerinnen und Schülern eigenständige Wege gehen, die sie zur Entdeckung der Strukturformel der Moleküle des Vertreters einer neuen Stoffklasse, der Alkane, führen.

### 5 Kompetenzzuwachs durch die Einheit Kompetenzbereich Fachwissen

#### Stoff-Teilchen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- **nutzen** ihr Wissen über Teilchen zur Formulierung komplexerer Vorgänge (Teilschemata einer Redoxreaktion).
- **erschließen** durch Kombination mehrerer Materialien weitere Produkte auf der Teilchenebene.
- **wenden** ihre Kenntnisse über Ionen, Moleküle und den Aufbau von Salzen an.

#### Struktur-Eigenschaft

Die Schülerinnen und Schüler ...

- **nutzen** ihre Kenntnisse zur Bestimmung von Oxidationszahlen.

- **korrelieren** ihr Wissen über die Struktur eines Salzes mit an seiner Oberfläche stattfindenden Vorgängen.

#### Chemische Reaktion

Die Schülerinnen und Schüler ...

- **nutzen** ihr Wissen zur Formulierung von Redox-Schemata.
- **deuten** die chemische Reaktion unter Einsatz von Lewis-Formeln auf der Teilchenebene.
- **kennzeichnen** nach dem Donor-Akzeptor-Prinzip die Übertragung von Elektronen und Protonen.

#### Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung

Die Schülerinnen und Schüler ...

- **interpretieren** experimentelle, insbesondere auch gaschromatographische Daten und ziehen geeignete Schlussfolgerungen zur Deutung einer Reaktion auf Stoff- und Teilchenebene.
- **erarbeiten** in Partnerarbeit Hypothesen zur Redox-Reaktion auf Teilchenebene.

#### Kompetenzbereich Kommunikation

Die Schülerinnen und Schüler ...

- **diskutieren** in Partnerarbeit verschiedene Hypothesen zum Ablauf einer Redox-Reaktion.
- **nutzen** die aus bereitgestellten Materialien zu elaborierenden Indizien für eine Argumentationskette.
- **präsentieren** der Klasse ihre Arbeitsergebnisse mit den passenden Modellen.
- **argumentieren** sicher unter Anwendung der Fachsprache.
- **diskutieren** unterschiedliche Lösungsansätze.

### 6 Ausblick

Die Einheit wurde bereits in Kursen auf grundlegendem Niveau getestet und hat sich als probates Mittel zur Förderung der selbstständigen Erarbeitung des komplexen Sachverhaltes erwiesen. Die Unterstützung leistungsschwächerer Schülerinnen und Schüler durch Hilfefkarten gewährleistet den Kompetenzzuwachs für die gesamte Lerngruppe. Derartige auf selbstständigen Kompetenzerwerb abzielende Lernformen gilt es, nach Meinung der Verfasser, verstärkt im Unterricht zu etablieren.

Im Anschluss an die hier präsentierte Einheit bietet sich die Übertragung der innerhalb dieser Einheit gewonnen Erkenntnisse auf die Oxidation von sekundären Alkanolen zur Erschließung der Stoffklasse der Ketone an. Beide Stoffklassen lassen sich dann im Anschluss vertiefend behandeln. ■

#### Literatur

- [1] K. Wloka, *Verbrennung – (k)ein einfacher Vorgang? – Eine Hinführung zum Daltonschen Atommodell. Praxis der Naturwissenschaften* 56 (8), S. 39–45 (2007)

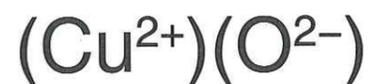
#### Anschrift der Verfasser

Janet Blankenburg und Dr. Klaus Wloka,  
Studienseminar Stadthagen, Industriestraße 2,  
31655 Stadthagen, E-Mail: Klaus.wloka@freenet.de

### Kopiervorlage 4

#### Hilfekarte 4: Informationen zur Reaktion

Bei der Reaktion von Propan-1-ol<sub>(l)</sub> mit Kupfer(II)-oxid<sub>(s)</sub> können keine H<sup>+</sup>-Ionen nachgewiesen werden.



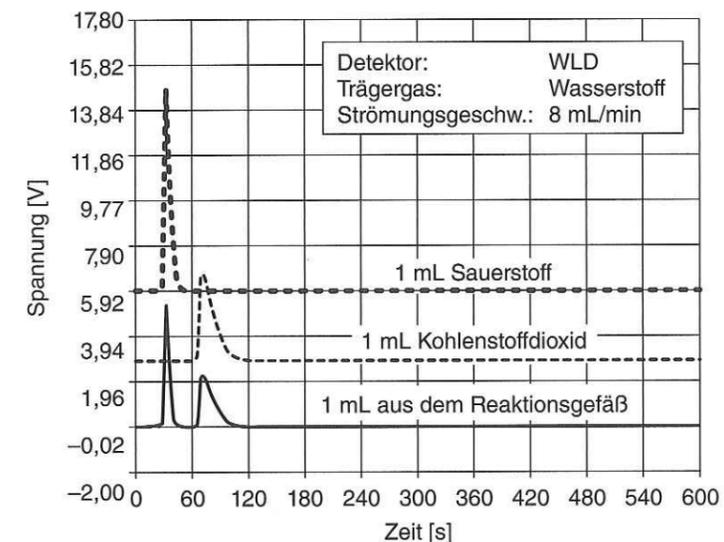
Kupfer(II)-oxid

#### Hilfekarte 1: Die Gaschromatographie

Die Gaschromatographie ist eine Methode zur Analyse von Gasen und Gasgemischen. Diese werden von einem Trägergas (z.B. Wasserstoff) durch ein Trägermaterial (z.B. Silicagel) in einer Trennsäule zum Ausgang der Säule transportiert. Aufgrund unterschiedlich starker Anziehungskräfte zwischen den jeweiligen Gasmolekülen und den Teilchen des Trägermaterials verweilen die unterschiedlichen Gasmoleküle verschieden lange in der Trennsäule. Wenn sie die Säule verlassen, spürt ein Detektor sie auf und liefert ein elektrisches Signal, das im Gaschromatogramm als Peak sichtbar wird. Anhand der Anzahl der Peaks kann somit auf die Anzahl der gasförmigen Komponenten im Gasgemisch geschlossen werden. Die Zeit, die ein Gas zum Durchlaufen der Säule benötigt, wird „Retentionszeit“ genannt. Bei gleichen Bedingungen ist es möglich, durch den Vergleich mit den Retentionszeiten bekannter Gase Indizien für die Identifizierung des Gases zu sammeln.

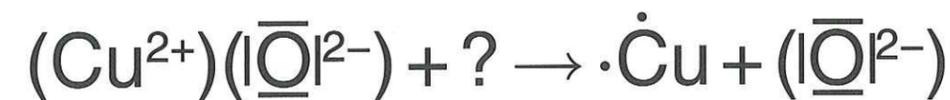
Ein Beispiel: In dem Chromatogramm sind in dem Gasgemisch aus dem Reaktionsgefäß offenbar Kohlenstoffdioxid und Sauerstoff enthalten, denn es entstehen zwei Peaks mit gleichen Retentionszeiten wie sie die Reinstoffe aufweisen.

#### GC: Verbrennung von Kohlenstoff



### Kopiervorlage 2

#### Hilfekarte 2: Reduktion

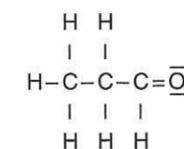
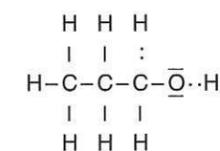


Überlegen Sie, wie der Platzhalter zu besetzen ist.

### Kopiervorlage 3

#### Hilfekarte 3: Oxidation

Als Oxidation wird die Abgabe von Elektronen bezeichnet. Legen Sie die Folien übereinander und überlegen Sie.



## Die Reaktion von Propan-1-ol(l) mit Kupfer(II)-oxid(s)

## Aufgabe 1

- 1.1 Erläutern Sie den Aufbau in M1. Formulieren Sie stoffliche Hypothesen zu möglichen Produkten der Reaktion.  
 1.2 Führen Sie das Experiment gemäß M2 durch. Ergänzen Sie Ihre formulierten Hypothesen.  
 Entwickeln Sie Experimente, mit denen Ihre Hypothesen getestet werden können (eine Überprüfung kann nach Rücksprache mit der Lehrperson durchgeführt werden).  
 1.3 Analysieren Sie das Gaschromatogramm in Verbindung mit den Informationen in M.3. Nutzen Sie Ihre Analyse zur Gewinnung weiterer Erkenntnisse über obige Reaktion.

## Aufgabe 2

- 2.1 Formulieren Sie auf der Basis Ihres Kenntnisstandes die Teilschemata der Oxidation und Reduktion.  
 2.2 Entwickeln Sie hiervon ausgehend das Gesamtschema der Reaktion in Strukturformeln.

## Aufgabe 3

- 3.1 Erstellen Sie eine angemessene Ergebnispräsentation.

## Materialien:

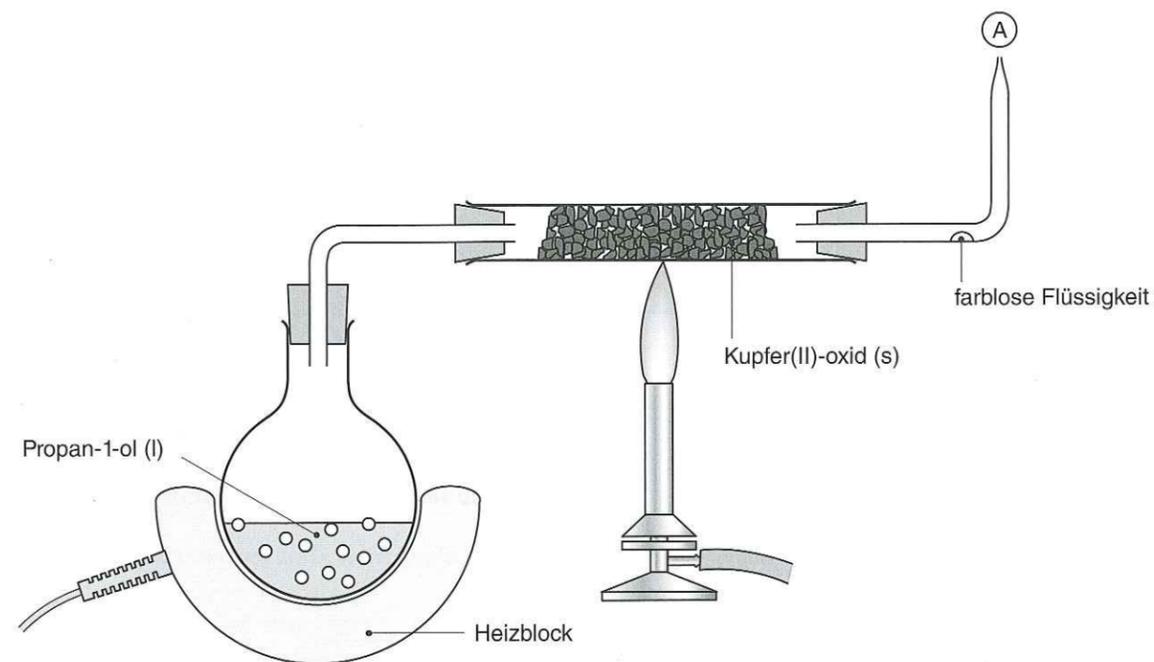
Material 1: Skizze eines experimentellen Aufbaus zur Durchführung  
 Material 2: Schülerexperiment (mit vereinfachtem Aufbau)  
 Material 3: Gaschromatogramm  
 Experimentiermaterial

## Arbeitsblatt 2

## Reaktion von Propan-1-ol(l) mit Kupfer(II)-oxid(s)

## Material 1: Experiment

Zur Untersuchung der Reaktion von Propan-1-ol(l) mit Kupfer(II)-oxid(s) wird folgender Aufbau gewählt:



## Beobachtungen

An Position A kann ein Gas mit einem etwas stechenden Geruch, der sich von dem ebenfalls vorhandenen Propan-1-ol-Geruch unterscheidet, wahrgenommen werden. Im gebogenen Glasrohr wird eine farblose Flüssigkeit sichtbar.

## Reaktion von Propan-1-ol(l) mit Kupfer(II)-oxid(s)

## Material 2: Schülerexperiment

Geräte: Bunsenbrenner, Vierfuß, Mineralfasernetz, Porzellantiegel, Tiegelzange, Becherglas (50 mL), 1 mL Spritze, feuerfeste Unterlage

Chemikalien: Propan-1-ol(l) (leicht entzündbar), Kupfer(II)-oxid-Stäbchen

## Durchführung:

- Der Boden des Porzellantiegels wird mit Kupfer(II)-oxid-Stäbchen bedeckt.
- Die Stäbchen im Porzellantiegel werden mit der rauschenden Flamme des Bunsenbrenners ca. 3 Minuten lang bis zum Glühen erhitzt.
- Nach dem Ausstellen des Brenners wird nacheinander tropfenweise Propan-1-ol(l) aus einer Spritze auf die glühenden Stäbchen gegeben. Nach jedem Tropfen werden die Stäbchen genau beobachtet und eine Geruchsprobe durchgeführt.
- Der heiße Tiegel wird mit der Tiegelzange vom Netz abgehoben und auf eine feuerfeste Unterlage gestellt. Zügig werden die Stäbchen vollständig mit Propan-1-ol(l) bedeckt (Vorsicht Spritzgefahr!).



## Arbeitsblatt 4

## Reaktion von Propan-1-ol(l) mit Kupfer(II)-oxid(s)

## Material 3: Gaschromatogramm

An Position A in Material 1 wurde 0,1 Milliliter Gas mittels einer Spritze aufgefangen und mit einem Gaschromatographen untersucht.

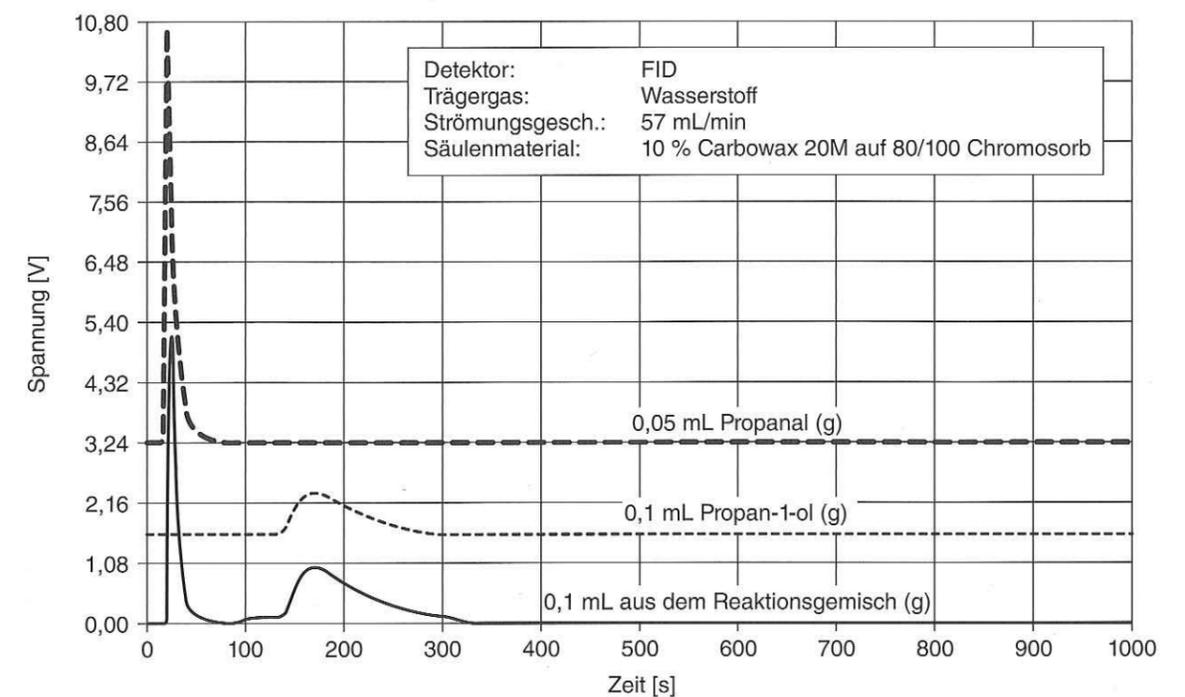
Durch den Vergleich der Retentionszeiten der Gemischkomponenten mit denen von Reinstoffen konnte die Zusammensetzung ermittelt werden.

Die Abbildung zeigt die aufgearbeiteten Gaschromatogramme: Zur besseren Übersichtlichkeit wurden die Chromatogramme von Propan-1-ol und Propanal nach oben verschoben. Sie beginnen selbstverständlich auch im Nullpunkt.

## Informationen

- Die Summenformel von Propanal ist:  $C_2H_4O$ .
- O-H-Bindungen treten nicht auf.
- Das Molekül weist keine Ringstruktur auf.

## GC: Reaktion von Propan-1-ol(l) mit Kupfer(II)-oxid (s)



# Chlorkalk

## Eigenschaften experimentell erkundet

J. Lätsch und B. Duvinage

Chlorkalk wurde im Verlauf der Geschichte aufgrund seiner zerstörenden Wirkung bei Farbpigmenten und der bakterienabtötenden Wirkung vielfältig verwendet. Diese Eigenschaften von Chlorkalk können Schüler im Chemieunterricht mit folgenden Experimenten erkunden und einen Zusammenhang zwischen Eigenschaften und Verwendung ableiten.

Stichworte: Chlorkalk, Oxidation, Bleichmittel

### 1 Zerstörende Wirkung von Farbpigmenten – Bleichen

Zunächst wurden Garn-, Leinen- und Baumwollgewebe mit Chlorkalk gebleicht. Später wurde Chlorkalk zum Bleichen von Wachs, zur Darstellung von weißen Zeichnungen auf gefärbten Stoffen, zum Entfernen von kleinen Flecken aus Leinen- und Baumwollgeweben und zum Weißmachen von gelbgewordenem, altem Papier eingesetzt.

#### 1.1 Bleichen einer Leinwand

Geräte: Halbmakroreagenzglas, Stopfen mit Kanüle, Einwegspritze (20 mL), Mikropatell, Wägeschälchen, Becherglas (100 mL), Pinzette, Papiertuch, Reagenzglasständer, Waage

Chemikalien: Chlorkalk (0,2 g), destilliertes Wasser (~2 mL), Leinwand (1 cm<sup>2</sup>)

Experimentieranordnung (Abb. 1)

Durchführung: Die Spritze mit 2 mL destilliertem Wasser befüllen. Halbmakroreagenzglas mit dem Leinen und dem Chlorkalk darauf beschicken. Das Reagenzglas mit dem Stopfen verschließen, die Spritze aufsetzen und das Wasser hinzugeben. Durch vorsichtiges Schütteln kann der Vorgang beschleunigt werden, trotzdem sollte sich die Leinwand mindestens zehn Minuten in der Chlorkalklösung befinden.

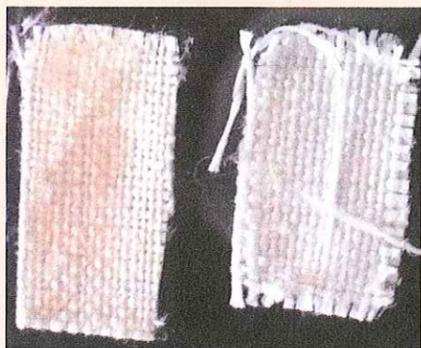


Abb. 2: gebleichte Leinwand und Vergleichsprobe

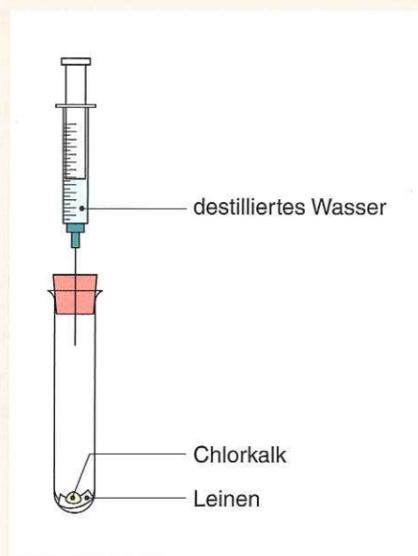


Abb. 1

Im Anschluss das Leinen mit einer Pinzette entnehmen, in destilliertem Wasser spülen und auf einem Papiertuch trocknen.

Beobachtung:

- Die Flüssigkeit im Reagenzglas ist milchig-trüb.
- Es befinden sich Chlorkalkrückstände im Reagenzglas.
- Die Leinwand erscheint im nassen Zustand minimal heller als zuvor.
- Im trockenen Zustand ist die Leinwand deutlich heller als die Vergleichsprobe (Abb. 2).

Auswertung: Die Farbpigmente werden zerstört. Chlorkalk wirkt bleichend. Der Vorgang des Bleichens erfolgt in zwei Schritten: 1. Oxidation und 2. Auflösung des Pigments an den Fasern. Die Oxidation erfolgt durch den abgegebenen Sauerstoff. Des Weiteren können in geringem Maß atomarer Sauerstoff und Chlor bleichend wirkend, die durch die Reaktion von Chlorkalk mit Wasser und dem Kohlenstoffdioxid aus der Luft entstehen.

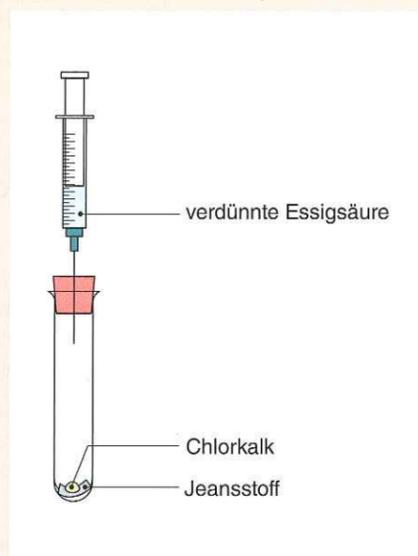
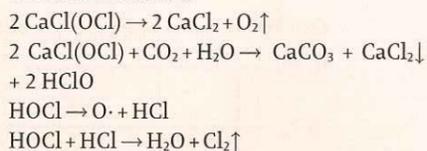


Abb. 3

Chemische Reaktion:



Arbeitsschutz: Einwegspritze zum Auffangen der entstehenden Gase

Entsorgung: Chlorkalklösung: anorganisch, basisch, schwermetallfrei, halogenhaltig, Leinwand: mit Chemikalien verunreinigte Betriebsmittel

#### 1.2 Bleichen von Jeansstoff

Geräte: Halbmakroreagenzglas, Stopfen mit Kanüle, Einwegspritze (20 mL), Mikropatell, Wägeschälchen, 2 Bechergläser (100 mL), Pinzette, Papiertuch, Reagenzglasständer, Waage

Chemikalien: Chlorkalk (0,1 g), destilliertes Wasser (~10 mL), Essigsäure (3 mL, ~1,2%ig), Jeansstoff (1 cm<sup>2</sup>)

Experimentieranordnung (Abb. 3)

Durchführung: Die Spritze mit 3 mL verdünnter Essigsäure befüllen. Halbmakro-

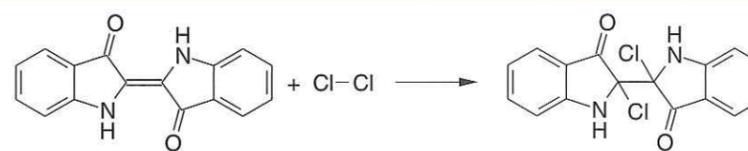


Abb. 4

reagenzglas mit dem Jeansstoff und dem Chlorkalk darauf beschicken. Das Reagenzglas mit dem Stopfen verschließen, die Spritze aufsetzen und die Säure hinzugeben. Danach soll zunächst beobachtet werden, bevor der Vorgang durch Schütteln beschleunigt wird. Die Einwirkzeit beträgt mindestens fünf Minuten.

Im Anschluss den Jeansstoff mit einer Pinzette entnehmen, in einem Becherglas mit destilliertem Wasser spülen und auf einem Papiertuch trocknen.

Beobachtung:

- Nach Zugabe der Essigsäure ist ein gelber Rand rund um den Chlorkalk zu sehen und eine geringe Bläschenbildung zu beobachten.
- Der Teil des Stoffes auf dem sich der Chlorkalk befindet, scheint nach einiger Zeit heller.
- Es befinden sich geringe Chlorkalkrückstände im Reagenzglas.
- Spätestens nach zehn Minuten ist der blaue Jeansstoff deutlich heller. Einige Stellen sind weiß-gelblich, andere sind noch etwas blau. Es ist ein deutlicher

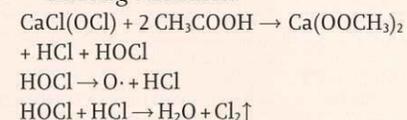
Unterschied zur Vergleichsprobe zu beobachten.

Auswertung: Chlorkalk hat eine bleichende Wirkung. In diesem Fall reagiert Chlorkalk mit Essigsäure, wobei hypochlorige Säure entsteht. Die freie hypochlorige Säure wird zügig zersetzt, dabei entsteht atomarer Sauerstoff, der stark bleichend wirkt. Außerdem reagiert die hypochlorige Säure mit der entstehenden Salzsäure, wobei freies Chlor entsteht.

Es kommt zur Unterbrechung des konjugierten Doppelbindungssystems vom Indigo durch die Addition von Chlor.

Chemische Reaktion:

Bildung von Chlor:



Oxidation des Indigos (Abb. 4)

Arbeitsschutz: Einwegspritze zum Auffangen der entstehenden Gase

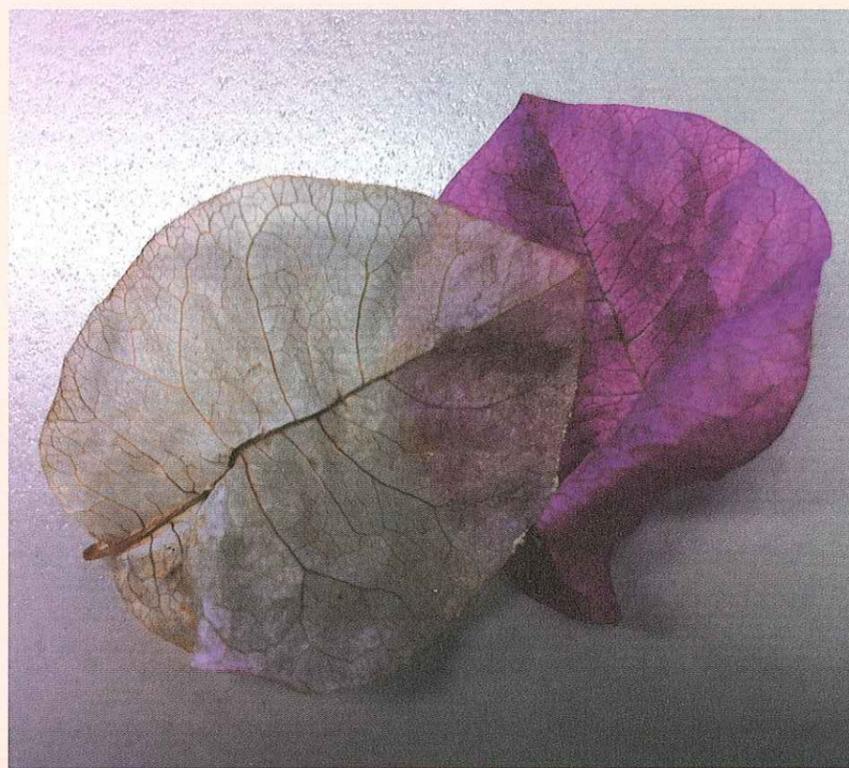


Abb. 5: gebleichte Blüte

Entsorgung: Chlorkalksäure-Gemisch: organisch, sauer, schwermetallfrei, halogenhaltig, Jeansstoff: mit Chemikalien verunreinigte Betriebsmittel

### 1.3 Bleichen eines Kaffeefilterpapiers

Geräte: Halbmakroreagenzglas, Stopfen mit Kanüle, Einwegspritze (20 mL), Mikropatell, Wägeschälchen, 2 Bechergläser (100 mL), Pinzette, Papiertuch, Reagenzglasständer, Waage

Chemikalien: Chlorkalk (0,1 g), destilliertes Wasser (~10 mL), Essigsäure (1 mL, ~6%ig), Kaffeefilterpapier (1 cm<sup>2</sup>)

Durchführung: Der Versuchsaufbau erfolgt wie unter Abbildung 1 und 3 gezeigt. Die Spritze mit 1 mL verdünnter Essigsäure befüllen. Halbmakroreagenzglas mit dem Filterpapier und dem Chlorkalk darauf beschicken. Das Reagenzglas mit dem Stopfen verschließen, die Spritze aufsetzen und die Säure hinzugeben. Danach soll zunächst beobachtet werden, bevor der Vorgang durch Schütteln beschleunigt wird, wobei dies nicht zwingend notwendig ist. Im Anschluss das Filterpapier mit einer Pinzette entnehmen, in einem Becherglas mit destilliertem Wasser spülen und auf einem Papiertuch trocknen.

Beobachtung:

- Nach Säurezugabe ist eine geringe Bläschenbildung zu beobachten.
- Das zunächst braune Filterpapier ist weiß.
- Es ist ein deutlicher Unterschied zur Vergleichsprobe zu beobachten.

Auswertung: Chlorkalk hat eine bleichende Wirkung. In diesem Fall reagiert Chlorkalk mit Essigsäure, wobei hypochlorige Säure entsteht. Die freie hypochlorige Säure wird zügig zersetzt, dabei entsteht atomarer Sauerstoff, der stark bleichend wirkt. Außerdem reagiert die hypochlorige Säure mit der entstehenden Salzsäure, wobei freies Chlor entsteht. Kaffeefilter bestehen aus Cellulose. In Rohcellulose enthaltene Huminsäure ist verantwortlich für die Braunfärbung. Huminsäuremoleküle werden durch das Chlor oxidativ zerstört.

Arbeitsschutz: Einwegspritze zum Auffangen der entstehenden Gase

Entsorgung: Chlorkalksäuregemisch: organisch, sauer, schwermetallfrei, halogenhaltig

### 1.4 Bleichen von Blüten

Geräte: Halbmakroreagenzglas, Stopfen mit Kanüle, Einwegspritze (20 mL), Mikropatell, Wägeschälchen, 2 Bechergläser (100 mL), Pinzette, Papiertuch, Reagenzglasständer, Waage

**Chemikalien:** Chlorkalk (0,05 g), destilliertes Wasser (~10 mL), Essigsäure (1 mL, ~12%ig), Blütenblatt (1 cm<sup>2</sup>). (Es sollten möglichst keine dickfleischigen Blütenblätter verwendet werden. Die Blüten der Fuchsie und Bougainvillea haben sich als geeignet erwiesen, die Blütenblätter einer Gerbera und die eines Weihnachtssterns als ungeeignet.)

**Durchführung:** Der Versuchsaufbau erfolgt wie unter Abbildung 1 und 3 gezeigt. Die Spritze mit 1 mL verdünnter Essigsäure befüllen. Halbmakroreagenzglas mit dem Blütenblatt und dem Chlorkalk darauf beschicken. Das Reagenzglas mit dem Stopfen verschließen, die Spritze aufsetzen und die Säure hinzugeben. Bei diesem Experiment ist Schütteln nicht notwendig, da zwei Minuten Einwirkzeit im Allgemeinen ausreichend sind.

Im Anschluss das Blütenblatt mit einer Pinzette entnehmen, in einem Becherglas mit destilliertem Wasser spülen und auf einem Papiertuch abtupfen.

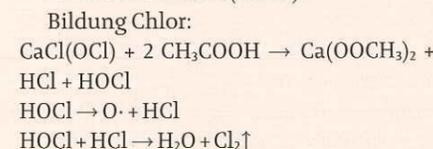
#### Beobachtung:

- Nach Säurezugabe ist eine geringe Bläschenbildung zu beobachten.
- Ein zunehmend gelber Rand um den Chlorkalk herum ist zu beobachten.
- Nach einer Minute erscheint das Blütenblatt blasser und nach zwei Minuten ist das Blütenblatt deutlich heller.
- Im trockenen Zustand wirkt das Blütenblatt nahezu weiß und durchsichtig. Es ist ein deutlicher Unterschied zur Vergleichsprobe zu beobachten (Abb. 5).

**Auswertung:** Chlorkalk hat eine bleichende Wirkung. In diesem Fall reagiert Chlorkalk mit Essigsäure, wobei hypochlorige Säure entsteht. Die freie hypochlorige Säure wird zügig zersetzt, dabei entsteht atomarer Sauerstoff, der stark bleichend wirkt. Außerdem reagiert die hypochlorige Säure mit der entstehenden Salzsäure, wobei freies Chlor entsteht.

Es kommt zur Unterbrechung des konjugierten Doppelbindungssystems von Betanin durch die Addition von Chlor. Der eigentliche Blütenfarbstoff ist das sogenannte Bougainvillein. Betanin und Bougainvillein sind Vertreter der Betacyane.

#### Chemische Reaktion (Abb. 6):



**Arbeitsschutz:** Einwegspritze zum Auffangen der entstehenden Gase

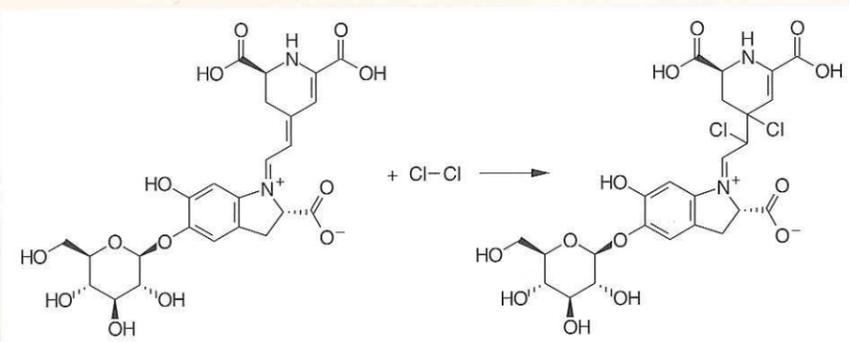


Abb. 6: Oxidation des Betanin

Indikator	Farbverlauf nach Zugabe einer Mikrospatelspitze Chlorkalk (5–10 Granulatstückchen)	Farbe nach 1%iger Essigsäurezugabe (5–10 Tropfen)
3 Tropfen Methylrot	kräftig rot; orange; gelb	keine gelbe Farbe, nicht klar, sondern trüb.
3 Tropfen Bromthymolblau	orange-rot; blau; grün; zitronengelb (nach 2 Minuten schütteln)	blass-gelb, klar und farblos (nach langem Stehen, minimaler Gelbstich zu erahnen)
3 Tropfen Unisol 113	braun-grün; blau; grün; orange	blass gelb, klar (z. T. schwach trüb, je nach Chlorkalkmenge)
1 Tropfen Methylenblau	blau; blau; nach langem Stehen: farblos und grau-blau um den Chlorkalk	grünliche Lösung mit blauen Partikeln, nach 2–3 Minuten Schütteln und Stehenlassen fast farblos und klar
1 Tropfen Erythrosin-lösung	pink; pink-rot mit perlmutt-artiger Oberfläche, nach langem Stehen: Farbe von dem Chlorkalk aufgesogen	pink-rote Partikel steigen wie auf einem Ölfilm am Reagenzglasrand auf und setzen sich auf einer nahezu farblosen, klaren Flüssigkeit ab; wird die Flüssigkeit geschüttelt, wird sie gelb und Partikel setzen sich nach langem Stehen am Boden ab
1 Tropfen Neutralrot	weinrot; gelber Rand; orange-gelb (rote Partikel)	farblos (nach etwas Stehen), klar (z. T. schwach trüb, je nach Chlorkalkmenge)

Tab. 1

**Entsorgung:** Chlorkalksäure-Gemisch: organisch, sauer, schwermetallfrei, halogenhaltig

Blüte: mit Chemikalien verunreinigte Betriebsmittel

### 1.5 Bleichen von Indikatoren (Farbstoffen)

**Geräte:** 6 Halbmakroreagenzgläser, 6 Stopfen mit Kanüle, 6 Einwegspritzen (20 mL), Mikrospatel, Wägeschälchen, Reagenzglasständer, Becherglas (100 mL)

**Chemikalien:** Chlorkalk, Essigsäure (1%ig), Methylrot, Bromthymolblau, Unisol 113, Methylenblau, Erythrosinlösung, Neutralrot

**Durchführung:** Der Versuchsaufbau erfolgt wie unter Abbildung 1 und 3 gezeigt. Die Spritze mit 2 mL verdünnter Essigsäure befüllen. Halbmakroreagenzglas mit einem (Methylenblau, Erythrosinlösung und Neutralrot) bzw. drei Tropfen (Methylrot, Bromthymolblau, Unisol 113) des jeweiligen Indikators und einer Mikrospatelspitze (5–10 Granulatstückchen) Chlorkalk beschicken. Das Reagenzglas

mit dem Stopfen verschließen, die Spritze aufsetzen.

Bevor 5–10 Tropfen Säure in das Reagenzglas gespritzt werden, soll die Indikatorlösung beobachtet werden. Das Reagenzglas kann nach dem Experiment beiseite gestellt und später erneut betrachtet werden.

#### Beobachtung (Tab. 1)

- Die Beobachtungen variieren zum Teil, wenn Chlorkalk und Indikatorlösung längere Zeit stehengelassen werden, bevor die Säurezugabe erfolgt.
- Stehen die Flüssigkeiten länger, treten zusätzlich Veränderungen auf. Schwach gelbe und zum Teil trübe Flüssigkeiten sind dann farblos und klar.
- Die Trübung ist von der Chlorkalkmenge abhängig. Je mehr Chlorkalk verwendet wurde, desto eher bleibt die Flüssigkeit trüb.
- Die Chlorkalkmenge muss auf das Volumen der Indikatorlösung abgestimmt werden. Bei einem Tropfen Indikator muss weniger Chlorkalk hinzugegeben werden, als bei 3 Tropfen, damit der In-

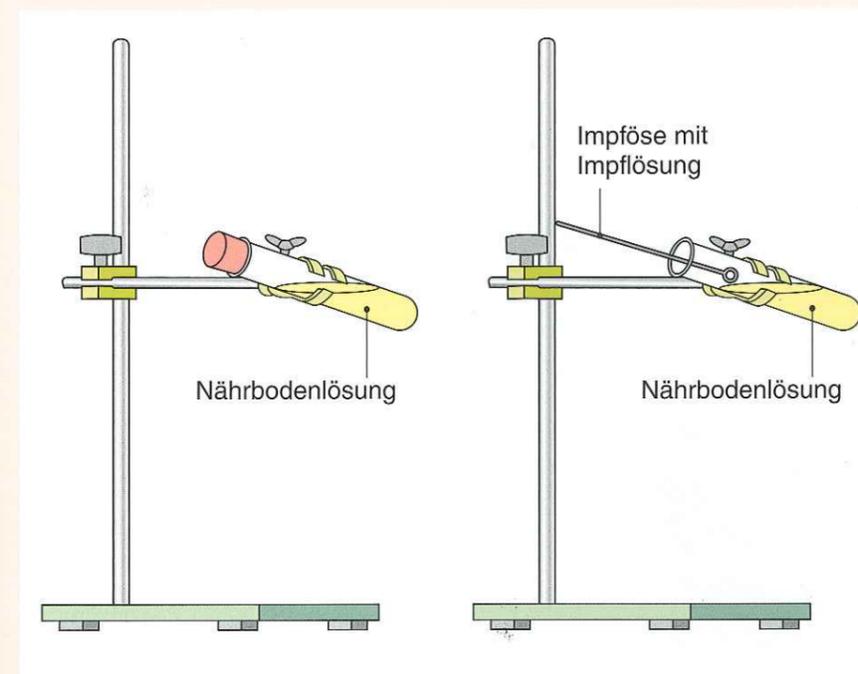


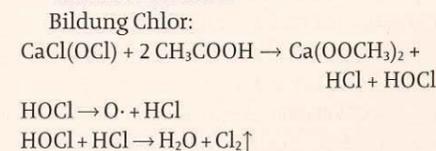
Abb. 7

ikator nicht sofort aufgesogen wird, die Flüssigkeit sollte überwiegen.

**Auswertung:** Chlorkalk wirkt bleichend. In diesem Fall reagiert Chlorkalk mit Essigsäure, wobei hypochlorige Säure entsteht. Die freie hypochlorige Säure wird zügig zersetzt, dabei entsteht atomarer Sauerstoff, der stark bleichend wirkt. Außerdem reagiert die hypochlorige Säure mit der entstehenden Salzsäure, wobei freies Chlor entsteht.

Irreversible Indikatoren wie Methylrot, Bromthymolblau, Unisol, Methylenblau, Erythrosinlösung und Neutralrot werden durch das Chlor oxidativ zerstört.

#### Chemische Reaktion:



**Arbeitsschutz:** Einwegspritze zum Auffangen der entstehenden Gase

**Entsorgung:** Indikatorchlorkalkessigsäuregemisch: organisch, sauer, schwermetallfrei, halogenhaltig

### 2 Chlorkalk als Desinfektionsmittel

Chlorkalk wurde auf Grund seiner bakterienabtötenden und fäulnishemmenden Wirkung insbesondere zur Reinigung von Latrinen und lange nicht entleerten Kloaken, zum Sterilisieren von Trinkwasser und zum Desinfizieren von Krankenhäusern verwendet.

### 2.1 Desinfizieren einer Blumenwasseraufschlammung

#### Geräte:

**I Blumenwasseraufschlammung und Herstellung der Impflüssigkeiten:** 2 Bechergläser (250 mL), Becherglas (100 mL), Glasstab, Papiertücher, Filtriergestell, Trichter (Ø 10 cm), Filterpapier (passend zum Trichter, Ø 18,5 cm), Mikrospatel, Wägeschälchen

**II Nährbodenherstellung:** 6 Makroreagenzgläser, 3 Stative, 6 Klemmen, 6 Muffen, Einwegpipette, 2 Bechergläser (250 mL), Becherglas (100 mL), Reagenzglasständer, 6 Makroreagenzglasstopfen, Glasstab, Papiertücher, Filtriergestell, Trichter, Filterpapier (passend zum Trichter), Heizplatte, 2 Wägeschälchen, Spatel

**III Impfen der Nährböden und Aufbewahrung:** Impföse (Ø 2 mm) Brenner, Feuer, Trockenschrank

**IV Entsorgung der Nährböden:** Becherglas (250 mL), Becherglas (1 L), Wägeschälchen, Glasstab, Spatel, Filtriergestell, Trichter (Ø 10 cm), Filterpapier (Ø 18,5 cm, passend zum Trichter)

**Chemikalien:** Wasser, destilliertes Wasser, Ethanol (~5 mL, 96%, vergällt), Erde (keine gekaufte Erde, sondern möglichst Erde aus einem Beet mit wenig großen Rückständen wie Steinen und Wurzeln), Agar (2 g), Instanthühnerbrühe (3 g), Chlorkalk (0,51 g)

#### Experimentieranordnung (Abb. 7)

#### Durchführung:

**Blumenerdeaufschlammung und Herstellung der Impflüssigkeiten:**

25 g Erde mit 100 mL Wasser in einem 250-mL-Becherglas vermengen und mit einem Glasstab kräftig rühren, sodass ein sehr flüssiger Schlamm entsteht. Den Schlamm einige Minuten stehen lassen und im Anschluss abfiltrieren. 5 mL in ein 20-mL-Becherglas überführen, mit 0,01 g Chlorkalk vermengen und kräftig rühren.

**Nährbodenherstellung:** Sechs Makroreagenzgläser beschriften. Die Makroreagenzgläser mit Ethanol ausspülen; dazu sind 3–5 Tropfen pro Reagenzglas ausreichend. Die Reagenzgläser mit einem Stopfen verschließen und in einen Reagenzglasständer stellen. Pro Stativ zwei Muffen und Klemmen befestigen und zur Vorbereitung schräg, zunächst locker einspannen.

3 g Instantbrühe mit 120 mL destilliertem Wasser in einem 250-mL-Becherglas vermengen und mit Hilfe einer Heizplatte zum Sieden bringen. Die Brühe im Anschluss filtrieren (Vorsicht: Becherglas heiß!), für das Filtrat ein neues 250-mL-Becherglas verwenden. Zum Filtrat 2 g Agar geben und erneut auf der Heizplatte zum Sieden bringen. Dabei ständig rühren, damit das Agar nicht am Boden anbrennt. Nach fünf Minuten die mit Ethanol ausgespülten Reagenzgläser zügig, 6,5 cm (halb voll) hoch mit der zähen Nährbodenlösung befüllen, mit einem Stopfen verschließen und schräg am Stativ einspannen, sodass eine möglichst große Oberfläche entsteht. Dieser Vorgang wird mit sechs Reagenzgläsern wiederholt (die angegebenen Mengen sind für acht Nährböden ausreichend).

Die Nährböden über Nacht fest werden lassen. Eine erste feste Konsistenz der Nährböden zeigt sich bereits nach einer Stunde. Die Reagenzgläser dürfen jedoch nicht zur Öffnung geneigt oder gedreht werden.

**Impfen der Nährböden und Aufbewahrung:** Zwei Nährböden nur mit dem Blumenerdefiltrat und zwei weitere mit einem mit Chlorkalk versetztem Blumenerdefiltrat beimpfen. Hierzu die Impföse kurz in die Flamme halten, anschließend in die jeweilige Impflüssigkeit tauchen und in Zick-Zack-Bewegungen über den Nährboden ziehen. Es ist vollkommen ausreichend, wenn die Öse mit Flüssigkeit benetzt ist. Es soll keine überschüssige Flüssigkeit im Reagenzglas bleiben, da die Impfspur sonst verwischt. Die Nährböden sind eine Woche im Trockenschrank bei 37°C aufzubewahren.

Zwei Nährböden nicht impfen.

#### Beobachtung:

- Die Nährböden, die mit Chlorkalk behandelten Filtrat geimpft wurden,

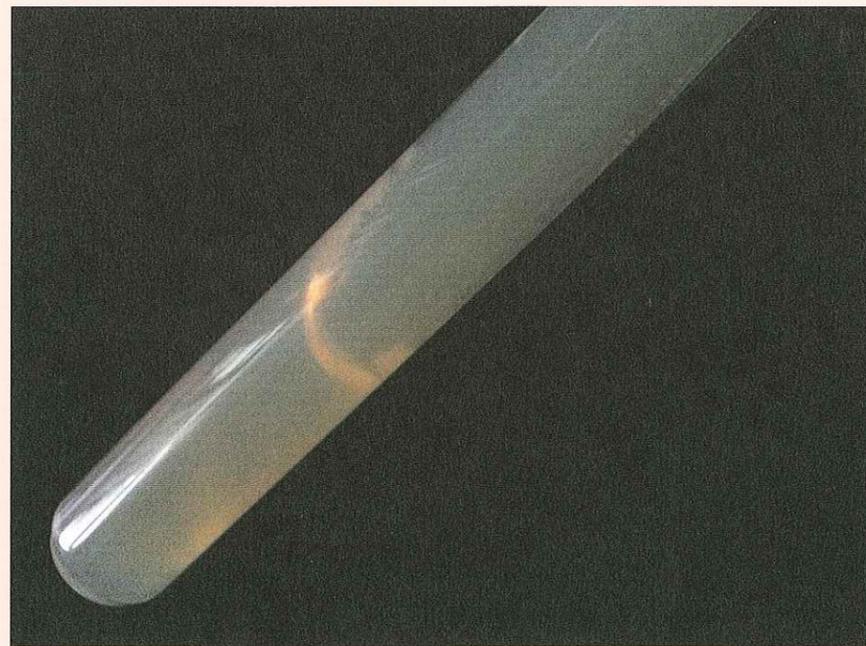


Abb. 8: Nährboden mit Chlorkalk geimpft



Abb. 9: Nährboden mit Blumenerdefiltrat

weiße Schleier auf den Nährböden, die mit Chlorkalk behandeltem Filtrat auftreten, kann durch die Wärme im Trockenschrank, die im gewissen Maße ein Eindampfen der Chlorkalklösung zur Folge hat, hervorgerufen werden.

**Arbeitsschutz:** Chlorkalkzugabe zum Blumenerdefiltrat, Impfung und Entsorgung erfolgt durch den Lehrer unter dem Abzug.

**Entsorgung:** Reagenzgläser mit den Nährböden werden mit Chlorkalklösung (0,5 g Chlorkalk und 100 mL Wasser) befüllt, anschließend geschüttelt (Achtung: Gasentwicklung, Stopfen lösen) und die Nährböden mit Hilfe eines Spatels aus den Reagenzgläsern entfernt. Dazu können ein 1 L Becherglas und ein Sieb verwendet werden, um die Rückstände zu trennen.

**Chlorkalklösung:** anorganisch, basisch, schwermetallfrei, halogenhaltig

**Nährböden:** mit Chemikalien verunreinigte Betriebsmittel. ■

#### Literatur

- [1] D. H. Wichelhaus, *Vorlesung über chemische Technologie*. Berlin: Verlag von Georg Siemens, 1906
- [2] K. Winnacker und L. Küchler, *Chemische Technologie*, S. 643 f, Carl Hanser Verlag, München, 1958.
- [3] E. F. Podach, *Ignaz Philipp Semmelweis. Volk und Wissen Verlags GmbH Berlin/Leipzig*, 1948.
- [4] H. Ost und B. Rassow, *Lehrbuch der chemischen Technologie*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1965
- [5] D. H. Schwarz, *Praktische Anleitung zu Maaßanalysen (Titrimethode) besonders in ihrer Anwendung auf die Bestimmung des technischen Wertes der chemischen Handelsprodukte wie Potasche, Soda, Ammoniak, Chlorkalk, Iod, Brom, Braunstein, Säuren, Arsen, Chrim, Eisen, ... Braunschweig: Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, 1853.*
- [6] H. A. Wilbrandt, *Sterilisation von Trinkwasser mittels Chlorkalk*. Rostock: Inaugural-Dissertation, Rats- und Universitätsbuchdruckerei von Adlers Erben, 1914
- [7] D. G. Girtler, *Der Chlorkalk in chemischer, technischer und anderweitiger Beziehung*. Wien: Bey J. B. Wallishauser, 1829.
- [8] J. Lätsch und B. Duvinage, *Chlorkalk im Wandel der Zeit: PdN-ChiS*, 61(5), 41–46 (2012)

#### Anschriften der Verfasserinnen

apl. Prof. Dr. Brigitte Duvinage, Universität Potsdam, Didaktik der Chemie, Karl-Liebknecht-Str. 24–25, 14476 Potsdam-Golm, E-Mail: duvinage@uni-potsdam.de und Juliane Lätsch, Distelfeld 4, 13591 Berlin, E-Mail: juleberlin@web.de

weisen nach einigen Tagen keine bzw. kaum Veränderungen auf (Abb. 8). Es kann mehrfach ein weißer Schleier auf der Nährbodenoberfläche beobachtet werden. Durch die Chlorkalkbehandlung des Filtrats treten wenige bis keine Kolonien auf den Nährböden auf.

- Auf den Nährböden, die mit dem Blumenerdefiltrat geimpft wurden, sind nach einer Woche zum Teil mehrere und große Kolonien gewachsen (Abb. 9).
- Auf den nicht geimpften Nährböden können nach einer Woche keine Veränderungen beobachtet werden.

- Zum Teil treten Feststoffrückstände vom Agar auf, die nicht mit Kolonien verwechselt werden dürfen.
- In den Reagenzgläsern bildet sich Kondenswasser, welches die Beobachtungen etwas erschweren, aber auch durch späteres Einfüllen der Nährbodenflüssigkeit nicht reduziert werden kann.

**Auswertung:** Chlorkalk wirkt desinfizierend. Durch die Chlorkalkbehandlung des Filtrats treten wenige bis keine Kolonien auf den Nährböden auf, da Bakterien und Keime abgetötet werden. Der

# Klug zu Fragen ist schwieriger als klug zu antworten\* – KFA-Konzept

Ein erprobtes Konzept zur Förderung der schriftlichen Kommunikationskompetenz unter Erzielung nachhaltiger individueller Lernerfolge der fachlichen Inhalte (nach einer Idee von StD Ernst Harder)

## T. Plapp

Der Unterrichtsalltag zeigt, dass Schüler den Erwartungshorizont einer Aufgabe häufig nicht korrekt erkennen können. Diesem Defizit an Kommunikationskompetenz wird unter individueller Förderung durch die Einführung von Operatoren entgegnet.

**Stichwörter:** Kommunikationskompetenz, Operatoren, individuelle Förderung,

### 1 Einleitung

Die internationalen Vergleichsstudien TIMS und PISA haben deutlich gemacht, dass die in Deutschland vorrangige Inputorientierung des Unterrichts nicht zu den gewünschten Bildungszielen führt [1]. Die daraufhin von der Kultusministerkonferenz ausgearbeitete Kompetenzorientierung des Unterrichts gilt es nun im Schulalltag umzusetzen.

Nach der Definition der Bundeszentrale für politische Bildung bezeichnet die Kommunikationskompetenz den Austausch von Informationen zwischen zwei oder mehreren Personen [2]. Neben der verbalen Kommunikation, die im Unterricht häufig Beachtung findet, spielt die schriftliche Kommunikation eine entscheidende Rolle für das erfolgreiche Absolvieren der Schullaufbahn. Insbesondere da die Leistungsbeurteilung zum Großteil auf der Grundlage schriftlicher Kommunikation stattfindet. Das korrekte

Erfassen des Anforderungsprofils einer Aufgabe ist für die Schüler daher fächerübergreifend von größter Bedeutung.

Nach dem hier vorgestellten Konzept wird die Wichtigkeit von Operatoren in Aufgabenstellungen verdeutlicht, sowie die konkrete Bedeutung ausgewählter Operatoren eingeführt. Die Umsetzung geschieht am Beispiel des Anfangsunterrichts Chemie, wodurch neben der Förderung der Kommunikationskompetenz auch das Fachwissen nachhaltig im Gedächtnis verankert wird.

### 2 Das pädagogische Konzept

Wie viele Arten von Kristallen kennst du? Welcher Unterschied besteht zwischen dem Teilchenmodell und dem Atommodell? [3] Weshalb hat Wasser eine größere Oberflächenspannung als z. B. n-Hexan? [4]

Bei Fragen wie diesen ist es den Schülern nicht möglich einzuschätzen, wie umfangreich die Antwort ausfallen soll. Dies führt zu Kommunikationsschwierigkeiten, da der Antwortende die Intention des Fragenden nicht zweifelsfrei erfassen kann.

Um den Erwartungshorizont einer Aufgabe erfassen zu können, muss diese mit einem Operator gestellt sein. Operatoren sind Handlungsaufforderungen, die Schülertätigkeiten initiieren, lenken und strukturieren. Der Erfolg dieser Kommunikation zwischen Fragendem und Antwortendem hängt maßgeblich davon ab, ob der Antwortende den Operator entschlüsseln und damit dem Erwartungshorizont gerecht werden kann [5].

Bei der Anwendung des KFA-Konzeptes wird für jeden Schüler eine Note ermittelt, die sich aus zwei gleichwertigen Bestandteilen zusammensetzt; 50% der Note ent-

Aufgaben	Antworten
Erkläre was notwendig ist, um einen Stoff zu charakterisieren.	Um einen Stoff zu charakterisieren, benötigt man mehrere Stoffeigenschaften.
Nenne die Bedeutung der Abkürzungen Smt und Sdt.	Smt bedeutet Schmelztemperatur, Sdt bedeutet Siedetemperatur.
Erkläre was die Dichte, elektrische Leitfähigkeit und Schmelztemperatur sind.	Alles sind Stoffeigenschaften.
Beschreibe was das Symbol T bedeutet.	Das Symbol T bedeutet, dass ein Stoff giftig ist.
Erkläre, warum man im Chemieraum nicht essen darf.	Im Chemieraum arbeitet man mit Chemikalien. Manche Chemikalien sind giftig und man könnte beim Essen etwas Giftiges mitessen.

Tab. 1: Kommunikationskompetenz Niveau 2 (weiterentwickeltes Niveau)

Fragen	Antworten
Was braucht man, um einen Stoff zu charakterisieren?	Stoffeigenschaften
Was ist Smt und Sdt?	man kann sich vergiften
Was sind die Dichte elektrische Leitfähigkeit und Smt?	giftig
Was bedeutet „T“?	Kombination von Stoffeigenschaften
Warum darf man im Chemieraum nicht essen?	Schmelztemperatur, Siedetemperatur

Abb. 1: Kommunikationskompetenz Niveau 1 (Ausgangsniveau).

Verschiedene Stricharten verdeutlichen unterschiedliche Antwortmöglichkeiten