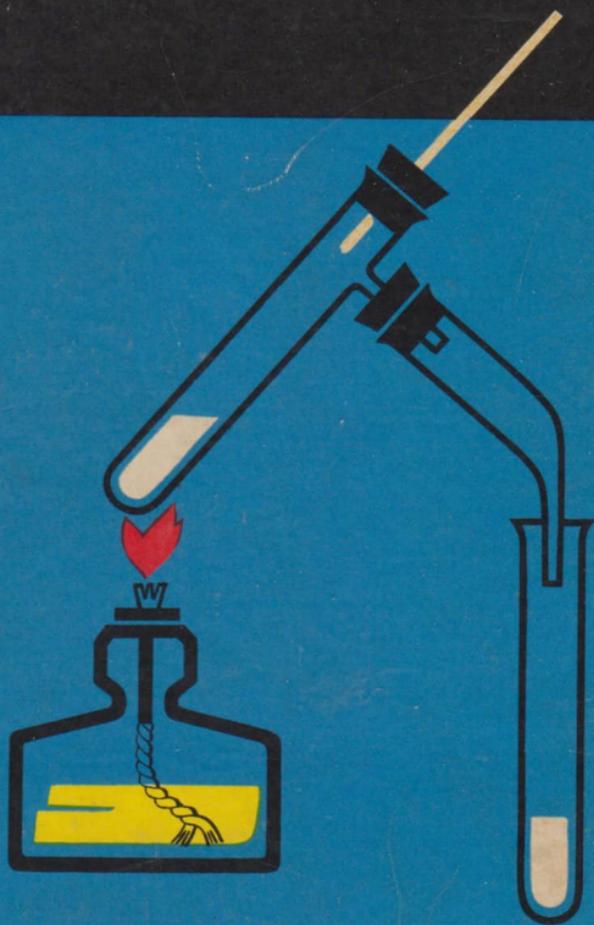
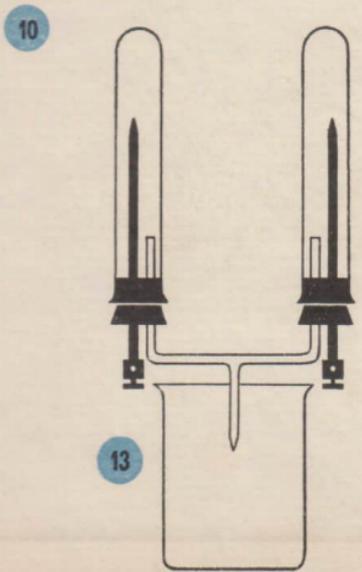
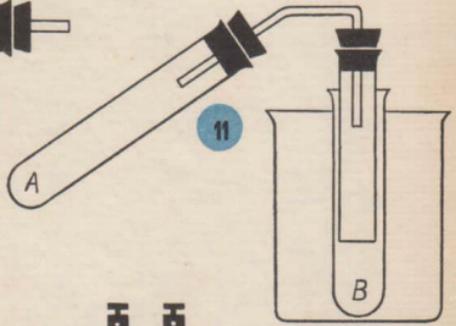
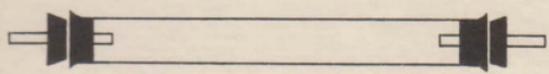
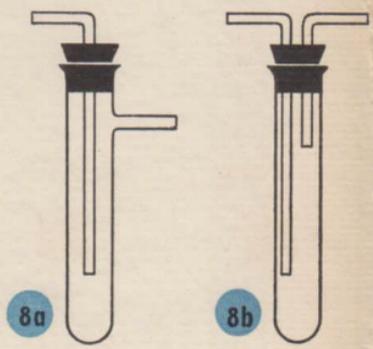
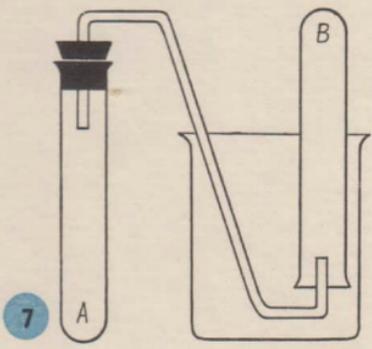
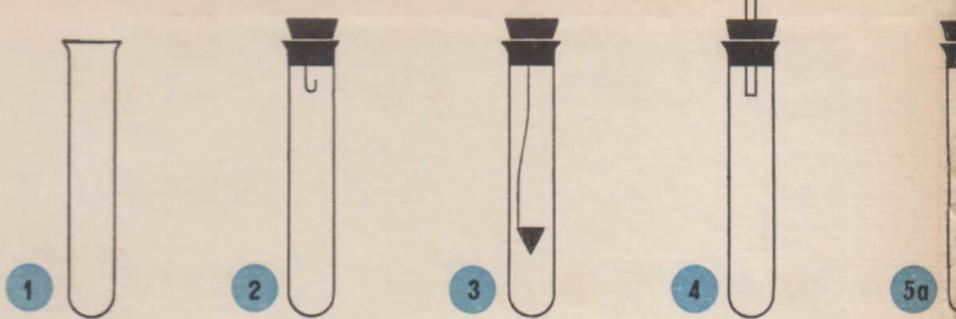
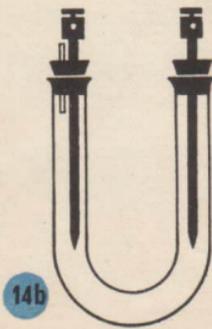
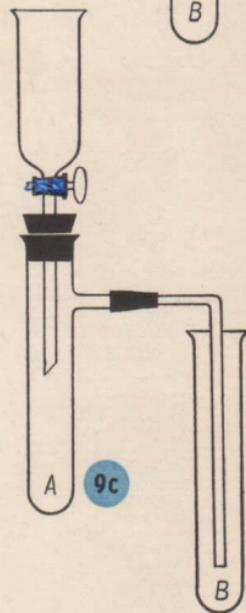
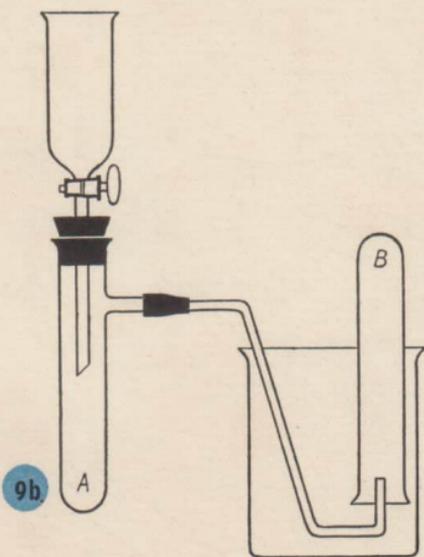
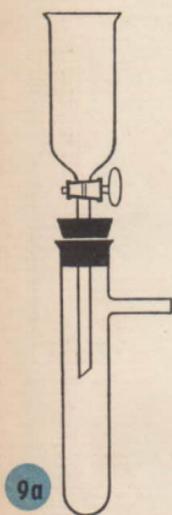
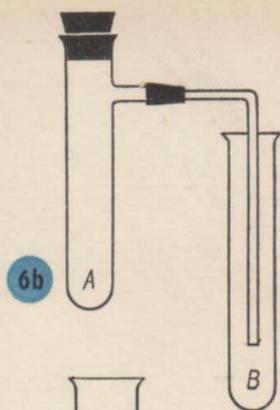
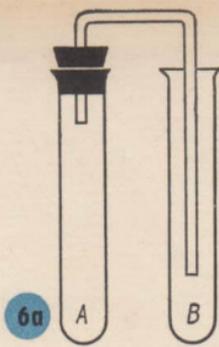
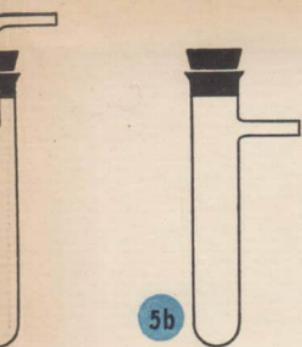


Einfache chemische Schülerversuche







Einfache chemische Schülerversuche

Eine Sammlung von Experimenten

Herausgegeben von Dipl.-Chem. Gerhard Meyendorf



VOLK UND WISSEN VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN

1961

Manuskripte für dieses Buch verfaßten:

Karl Bardl, Wolfgang Filbry, Karlheinz Fischer, Werner Franke, Herbert Gentsch, Alois Haucke, Dr. Charlotte Heyer, Dipl.-Ing. Albert Hradetzky, Günter Ickert, Bruno Janke, Kurt Jasch, Dipl.-Chem. Gerhard Meyendorf, Gerhard Neumann, Herbert Priemer, Armin Reinmuth, Dr. Eberhard Rossa, Klaus Saffian, Gerhard Sommer und Werner Strecke.

Redaktionelle Bearbeitung: Kurt Pittelkau und Klaus Theuser

Einband: Günther Klaus

ES 10 C · Bestell-Nr. 03012-1 · Lizenz Nr. 203/1000/60/E

Satz und Druck: Betriebsberufsschule Otto Grotewohl (III/18/3)

Inhalt

<i>Vorwort</i>	7
<i>Einleitung</i>	9
Schülerversuche im Chemieunterricht	9
Schülerversuche und Demonstrationsunterricht	9
Notwendigkeit der Schülerversuche	9
Arbeitsweisen bei Schülerversuchen	11
Einige methodische Hinweise	18
Ausstattung mit Geräten und Chemikalien	17
Geräte	17
Chemikalien	19
<i>Einführung in die Chemie</i>	21
Oxydation und Reduktion	21
Wasser-Wasserstoff	33
Wasser	33
Wasserstoff	36
Chemische Grundbegriffe und Grundgesetze	43
Basen - Säuren - Salze	53
<i>Anorganische Chemie</i>	65
Kohlenstoff-Silicium	65
Kohlenstoff	65
Silicium	77
Halogene	85
Elektrolyse - Ionentheorie	97
Chemisches Gleichgewicht	109
Stickstoffgruppe	118
Schwefel	129
Agrochemie	145
Metalle der 1. bis 4. Hauptgruppe	155
Nebengruppenelemente	163
Eisen - Stahl	163
Weitere Nebengruppenelemente	169
<i>Versuche in Halbmikrotechnik</i>	175
Vorbemerkungen	175
Experimente zur anorganischen Chemie in Halbmikrotechnik	177

Ausgewählte Versuche aus der qualitativen anorganischen Analyse in	
Halbmikrotechnik	187
Einzelreaktionen mit Anionen	187
Einzelreaktionen mit Kationen	190
Nachweis der Anionen mehrerer Salze nebeneinander	195
Untersuchung unbekannter einfacher Verbindungen und Salzgemische	196
<i>Organische Chemie</i>	201
Allgemeine Arbeitstechniken der organischen Chemie	201
Synthese organischer Verbindungen	201
Reinigung organischer Verbindungen	204
Qualitative Analyse organischer Stoffe	218
Aliphatische Kohlenwasserstoffe und ihre Abkömmlinge	219
Gesättigte Kohlenwasserstoffe	219
Ungesättigte Kohlenwasserstoffe	222
Derivate der kettenförmigen Kohlenwasserstoffe	228
Aromatische Kohlenwasserstoffe und ihre Abkömmlinge	249
Naturstoffe und davon abgeleitete Produkte	267
Kohlenhydrate	267
Fette - Seifen - Neutralwaschmittel	281
Eiweiße	289
Plaste und synthetische Fasern	297
Herstellung von Plasten	297
Eigenschaften der Plaste	304
Chemiefasern	309
<i>Sach- und Namenregister</i>	315



Gefahrenhinweis für Versuche, die besonders vorsichtig ausgeführt werden müssen.

Im Chemieunterricht unserer sozialistischen Schule haben die Schülerversuche große Bedeutung erlangt. Deshalb wurde die Herausgabe umfassender Veröffentlichungen zu diesem Thema für die Hand des Lehrers dringend erforderlich. Eine Anleitung zu den im Lehrplan obligatorisch geforderten Schülerversuchen ist bereits erschienen. Mit der hier vorliegenden Sammlung von Experimenten wollen wir darüber hinaus dem Lehrer umfangreicheres Material für seinen Unterricht zur Verfügung stellen.

Das Buch enthält Versuche, die ausnahmslos sehr einfache Geräte und Anordnungen erfordern. Aus der großen Zahl der beschriebenen Experimente können die für die Situation an der jeweiligen Schule besonders geeigneten ausgewählt werden.

Die Anordnung der Abschnitte im Buch folgt den Lehrplanthemen der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule. Es wurden jedoch auch Schülerexperimente für die erweiterte Oberschule mit einbezogen. Innerhalb der einzelnen Abschnitte entspricht die Reihenfolge der Versuche nicht ausschließlich methodischen Gesichtspunkten.

Da die Halbmikrotechnik im Chemieunterricht immer mehr angewendet wird, haben wir in einem besonderen Abschnitt Vorschläge für solche Experimente zusammengestellt.

Die Versuchsbeschreibungen sind straff gegliedert. Neben der Zielstellung, Angaben zu den notwendigen Geräten und Chemikalien, der Erläuterung der Versuchsausführung und knappen Hinweisen zur Auswertung werden analoge Versuche genannt, für die nur andere Chemikalien erforderlich sind. So ist beispielsweise für jede Art der Salzbildung nur ein Versuchsbeispiel ausführlich beschrieben. Ferner werden häufig Vorschläge zur Abwandlung der Versuchsanordnung gemacht. Das soll dem Lehrer helfen, die Experimente den materiellen Voraussetzungen an seiner Schule anzupassen.

Für viele Schülerversuche werden gleichartige Geräte benutzt. Diese Grundgeräte sind auf den farbigen Tafeln zu Beginn und am Ende des Buches dargestellt. Im Text wird auf die Geräte verwiesen, ohne sie nochmals im einzelnen zu beschreiben.

Die Versuchsbeschreibungen sind für den Lehrer bestimmt. Sie können nicht ohne weiteres als Anweisungen für die Schüler benutzt werden.

Neben den Versuchsbeschreibungen und im Anschluß an die Abschnitte wurde Raum für handschriftliche Ergänzungen frei gelassen.

Wir übergeben dieses Buch den Lehrern, um damit zur weiteren Verbesserung des Chemieunterrichts beizutragen. Zugleich aber bitten wir alle Fachkollegen, uns Hinweise und Erfahrungen zu übermitteln, die sie bei der Arbeit mit dem Buch sammeln.

Schülerversuche im Chemieunterricht

Schülerversuche und Demonstrationsunterricht

Im naturwissenschaftlichen Unterricht der sozialistischen Schule nimmt das Experiment eine hervorragende Stellung ein. Es ist daher verständlich, daß das Experiment und die Art seiner Durchführung die Unterrichtsstunde oder verschiedene Abschnitte derselben charakterisieren. So unterscheidet man nach Art der Durchführung Demonstrationsversuche und Schülerversuche. Die Demonstrationsversuche geben dem Demonstrationsunterricht das Gepräge. Im Demonstrationsunterricht wird die Einführung, Erarbeitung oder Festigung des Stoffes durch die vom Lehrer, Betreuer oder Schüler vorgeführten Experimente unterstützt. Bei Schülerversuchen führen alle Schüler einzeln oder in Gruppen unter Anleitung des Lehrers selbständig Untersuchungen durch und erwerben beziehungsweise festigen so Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten. Werden in einer Unterrichtsstunde Demonstrationsversuche und Schülerversuche im Wechsel eingesetzt, so spricht man vom verwebenden Verfahren.

Notwendigkeit der Schülerversuche im Chemieunterricht der sozialistischen Schule

Es ist ein Grundgesetz des Unterrichts, daß die Bildung und Erziehung der Schüler im Unterricht durch die gemeinsame Tätigkeit von Lehrer und Schülern erfolgt. Dieses Gesetz besagt letztlich, daß der Schüler nur dann Wissen und Können erwirbt, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Gewohnheiten entwickelt, seinen Willen stählt und seinen Charakter formt, wenn er selbst dabei aktiv tätig ist.¹⁾ Das wird auch durch Erkenntnisse der modernen Psychologie bestätigt. RUBINSTEIN schreibt dazu:

„So vollzieht sich die Entwicklung der psychischen Eigenschaften der Persönlichkeit in der Tätigkeit, deren Ziel es ist, die konkreten Lebens- und (Lern-) Aufgaben zu lösen, die dem Kind gestellt sind. Darum kann und muß dort, wo die Erziehung und Selbsterziehung zur Entwicklung und Formung der psychischen Eigenschaften der Persönlichkeit führen soll, dieses Resultat in der Tätigkeit erreicht werden, die unmittelbar auf die Lösung der Lebensaufgaben des heranwachsenden Menschen gerichtet ist.“²⁾

¹⁾ Klein, H.: Didaktische Prinzipien und Regeln, Diskussionsbeiträge zu Fragen der Pädagogik. Bd. 20, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1959, S. 34/35.

²⁾ Rubinstein, S. L.: Grundlagen der allgemeinen Psychologie. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1958, S. 204.

Dabei weist RUBINSTEIN nach, daß dieses Gesetz für die Entwicklung und Formung aller Seiten der Persönlichkeit gilt. Wir können im naturwissenschaftlichen Unterricht folglich nur dann zur Realisierung der Bildungs- und Erziehungsaufgaben der sozialistischen Schule beitragen, wenn wir bewußt und zielstrebig für die Schüler eine vielseitige manuelle und geistige Tätigkeit organisieren. Eines der wichtigsten Mittel dazu sind im Chemieunterricht die Schülerversuche.

In der praktischen Auseinandersetzung mit den Stoffen und Vorgängen bei den Schülerversuchen erfassen die Schüler mit verschiedenen Sinnesorganen den Versuchsablauf. Sie stellen gründliche und vielseitige Beobachtungen an, die die notwendigen Fakten für die sich anschließenden Denkprozesse bilden. Die gewonnenen Urteile und Schlüsse können durch weitere Schülerversuche unterstützt werden. Schließlich müssen die Ergebnisse der Denkopoperationen, wie Begriffe, Theorien oder Gesetze, durch Schülerversuche auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Bei einer solchen Gestaltung des Unterrichtsprozesses entstehen nicht nur gründliche und dauerhafte Kenntnisse, die Schüler werden zugleich auch in wissenschaftliche Denk- und Arbeitsgewohnheiten eingeführt. So unterstützen die Schülerversuche die Entwicklung wertvoller Fähigkeiten, wie das Vermögen, unvoreingenommen zu beobachten, auf der Grundlage des Begriffsystems der Chemie logisch zu denken, die Ergebnisse der Beobachtungen und Überlegungen knapp und klar zu formulieren und die gewonnenen Kenntnisse auch in der Produktion oder im täglichen Leben anzuwenden. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß intellektuelle Prozesse häufig aus praktischen Handlungen mit äußeren Gegenständen hervorgehen.¹⁾ Wir sind der Ansicht, daß den Schülern auf der Grundlage selbständigen Experimentierens im Unterricht und praktisch-produktiver Arbeit im sozialistischen Betrieb eine Reihe von Kenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten vermittelt werden können, die für sie ohne praktische Betätigung nur zum Teil oder gar nicht zugänglich wären.

Bei der Durchführung von Schülerversuchen überprüfen die Schüler eigene Vorstellungen und Begriffe. Das Erfassen der Zusammenhänge zwischen experimenteller Praxis und theoretischer Arbeit fördert das Verständnis für das Wesen der materialistischen Erkenntnistheorie. Die Experimente veranschaulichen den Schülern in der Natur vorhandene Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten. Daraus geht hervor, daß die Schülerversuche zur Entwicklung einer wissenschaftlichen Weltanschauung beitragen können.

Die Schülerversuche unterstützen die polytechnische Bildung und Erziehung der Schüler. Beim Aufbau von Versuchsapparaturen wird das planend-konstruktive Denken geschult. Schülerversuche können die chemische Hauptreaktion chemisch-technischer Prozesse veranschaulichen oder die Funktionsweise typischer Geräte und Apparaturen der chemischen Produktion verdeutlichen und so das Verständnis für chemisch-technische Prozesse vertiefen.

Auch zur moralischen Erziehung können Schülerversuche beitragen. So fördern sie wertvolle Charaktereigenschaften, wie Sorgfalt, Gewissenhaftigkeit und Sauberkeit. Sie veranlassen die Schüler zu disziplinierter Mitarbeit. Durch die Zusammenarbeit einzelner Schüler in kleinen Gruppen oder durch die gemeinsame Arbeit aller Gruppen innerhalb einer Klasse unterstützen sie die Kollektivbildung.

Die Schüler werden bei der Durchführung der Versuche mit den engen Wechselbeziehungen zwischen körperlicher und geistiger Tätigkeit vertraut. Sie sind dazu angehalten, manuelle Arbeiten geistig zu durchdringen. Damit leisten Schülerver-

¹⁾ Leontjew, A. N.: Theoretische Probleme der psychischen Entwicklung des Kindes. Informationsmaterial aus der pädagogischen Literatur der Sowjetunion und der volksdemokratischen Länder. Berlin 1958, Heft 22, S. 49.

suche ebenfalls einen gewissen Beitrag im Hinblick auf die Überwindung des Gegensatzes zwischen körperlicher und geistiger Arbeit.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß die Schülerversuche die Bildungs- und Erziehungsarbeit im Chemieunterricht entscheidend verbessern können. Daher sind sie in größerem Umfange als bisher einzusetzen. Die Schülerversuche müssen zum Wesensbestandteil des Chemieunterrichts werden. Das bedeutet jedoch nicht, daß Demonstrationsversuche nicht mehr anzuwenden sind. Auch sie besitzen unter bestimmten Bedingungen ihre Berechtigung und Bedeutung im Chemieunterricht, wenn zum Beispiel größere Gefahren bestehen, komplizierte Apparaturen erforderlich sind oder ein größeres Experimentiergeschick verlangt wird, als bei den Schülern der jeweiligen Altersstufe vorausgesetzt werden kann. Wir sind der Auffassung, daß im Experimentalunterricht der sozialistischen Schule dem verwebenden Verfahren große Bedeutung zukommt, in dem Schüler- und Demonstrationsversuche innerhalb einer Unterrichtsstunde miteinander sinnvoll kombiniert werden. Im Rahmen des verwebenden Verfahrens sollten die Schülerversuche einen möglichst breiten Raum einnehmen.

Arbeitsweisen bei Schülerversuchen

Im Verlauf der Entwicklung haben sich vor allem drei verschiedene Arbeitsweisen herausgebildet:

Schülerversuche in gleicher Front,
Schülerversuche in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise und
Schülerversuche in regelloser Arbeitsweise.

Schülerversuche in gleicher Front

Beim Arbeiten in gleicher Front führen alle Schüler oder Schülergruppen nach gemeinsamer gedanklicher Vorbereitung durch den Lehrer gleichzeitig denselben Versuch durch. Anschließend findet eine gemeinsame Auswertung der Beobachtungen statt. Diese Arbeitsweise wird in der sozialistischen Schule sehr häufig angewandt, weil sie der Lösung wichtiger Erziehungsaufgaben dient. Sie spielt vor allem im chemischen Anfangsunterricht eine große Rolle, findet aber auch in den folgenden Schuljahren vielfach Verwendung. Hier dient sie vor allem zur Erarbeitung von Stoffabschnitten, die sich die Schüler besonders gut einprägen müssen (z. B. chemische Grundbegriffe und Gesetze oder chemische Grundlagen volkswirtschaftlich wichtiger chemisch-technischer Prozesse). Die umfassenden Beobachtungen, die jeder Schüler beim selbständigen Experimentieren anstellen kann, bilden die sicherste Grundlage für die sich anschließenden Denkprozesse und die daraus resultierenden Erkenntnisse. Ferner erwerben alle Schüler bei dieser Arbeitsweise gemeinsam immer größere praktische Fertigkeiten und elementare Fähigkeiten im Beobachten chemischer Stoffe und Prozesse. Schließlich sei noch erwähnt, daß eine Klasse, die die Schülerversuche in gleicher Front durchführt, vom Lehrer leicht zu überschauen ist. Daher treten beim Arbeiten in gleicher Front die geringsten organisatorischen Schwierigkeiten auf.

Mit zunehmenden praktischen Fertigkeiten und wachsenden Kenntnissen und Fähigkeiten der Schüler kann die anleitende Tätigkeit des Lehrers allmählich zurücktreten, so daß der manuellen und geistigen Selbsttätigkeit der Schüler mehr Raum bleibt. Schließlich kann man dazu übergehen, den Schülern am Anfang der Unterrichtsstunde eine Aufgabe zu stellen, die sie weitgehend selbständig experimentell lösen sollen. Der Lehrer leitet sie dabei lediglich an und berät sie. Abschließend werden die Versuchsergebnisse mit allen Schülern gemeinsam gedanklich ausgewertet.

Bei reiferen Schülern nimmt das Interesse für das Arbeiten in gleicher Front allmählich ab. Es läßt sich nicht völlig vermeiden, daß schneller und geschickter arbeitende Schüler oder Schülergruppen mit dem Aufbau der Versuchsanordnung oder mit der Durchführung des Versuches schneller fertig werden als langsamer arbeitende. Das kann bei den letzteren zur Entmutigung oder gar zur Interesselosigkeit führen.¹⁾ Um das zu vermeiden, ist es ratsam, möglichst frühzeitig neben den Schülerversuchen in gleicher Front auch die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise anzuwenden und ihr immer mehr Raum zu geben.

Schülerversuche in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise

Bei dieser Methode führen einzelne Schüler oder Schülergruppen nach allgemeiner gedanklicher Vorbereitung durch den Lehrer verschiedene experimentelle Teilaufgaben einer größeren Aufgabe selbständig durch. Abschließend findet die zusammenfassende Auswertung im Rahmen der gesamten Klasse statt.

Man kann drei Variationen dieser Arbeitsweise unterscheiden. Wenn gleiche oder ähnliche Apparaturen verwendet und lediglich mit verschiedenen Stoffen analoge Untersuchungen durchgeführt werden, können die Schüler ihre unterschiedlichen Aufgaben gleichzeitig durchführen. Danach berichten sie der Klasse über die Ergebnisse. Auf diese Art ist es zum Beispiel möglich, in kurzer Zeit die verschiedenen Arten der Salzbildung zu erarbeiten.

Im Gegensatz zu diesen Versuchen vorwiegend qualitativer Art kann den Schülern auch die Aufgabe übertragen werden, einen chemischen Versuch quantitativ mit verschiedenen Stoffen, mit unterschiedlichen Mengen oder unter verschiedenen Bedingungen durchzuführen. So können in kurzer Zeit Gesetze durch eine Versuchsreihe bestätigt, oder funktionale Zusammenhänge herausgearbeitet werden. Nach dieser Methode ist zum Beispiel das Gesetz der konstanten Proportionen zu erarbeiten oder die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Konzentration der Reaktionspartner zu untersuchen.

Eine noch größere Selbständigkeit und in engem Zusammenhang damit auch eine höhere Verantwortung wird den Schülern beziehungsweise Schülergruppen übertragen, wenn sie im Rahmen einer gemeinsamen Aufgabe experimentelle Teilaufgaben zu lösen haben, die inhaltlich und in bezug auf die verwendeten Apparaturen stärker voneinander abweichen. In diesem Falle führt jede Gruppe nach gemeinsamer experimenteller Vorbereitung der Klasse ihren Versuch selbständig vor und erläutert ihn gleichzeitig. Bei dieser Art der getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitsweise handelt es sich um einen modifizierten Demonstrationsunterricht, in dem nicht der Lehrer, sondern die einzelnen Schülergruppen nacheinander die Verantwortung für Teilaufgaben des Unterrichts übernehmen.

¹⁾ Hoyer, Ch.: Schülerübungen im Chemieunterricht der allgemeinbildenden Schule. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1959, S. 35.

Die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise kann in besonders starkem Maße der Erziehung zum kollektiven Arbeiten dienen. Während durch die Schülerversuche in gleicher Front vorwiegend das kleine Gruppenkollektiv gefördert wird, trägt die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise darüber hinaus zur Entwicklung des Klassenkollektivs bei. Die Aufgaben der einzelnen Gruppen sind Teile der großen gemeinsamen Aufgabe. Diese kann nur gelöst werden, wenn jede Gruppe sorgsam arbeitet. Das gewissenhafte Bemühen, das gleiche Ziel zu erreichen, fördert die Herausbildung sozialistischer Eigenschaften bei den Schülern. Es gibt hier Ansätze für eine schulgemäße Form sozialistischer Gemeinschaftsarbeit.

Schülerversuche in regelloser Arbeitsweise

Beim Einsatz der regellosen Arbeitsweise führen die einzelnen Gruppen Versuche in unterschiedlicher Reihenfolge durch. Dabei werden einige Apparaturen von Gruppe zu Gruppe weitergegeben, bis alle die bestimmten Untersuchungen angestellt haben. Diese Arbeitsweise kann im Chemieunterricht nicht zur Erarbeitung neuen Stoffes eingesetzt werden. Es läßt sich dabei nicht umgehen, daß die Systematik des Unterrichtsablaufs durchbrochen wird oder daß einige Schüler schwierigere Versuche vor den leichteren durchführen müssen. Die regellose Arbeitsweise ist dagegen im Rahmen des anorganischen oder organischen Praktikums anwendbar, weil in diesen Praktika vorwiegend Wiederholungsversuche durchgeführt werden, für die die Schüler bereits theoretische Grundlagen vermittelt bekamen. Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz dieser Arbeitsweise sind größere praktische Erfahrungen der Schüler, die in mehrjähriger experimenteller Arbeit gesammelt wurden.

Einige methodische Hinweise

Einsatz der Schülerexperimente

Schülerversuche erfüllen im Chemieunterricht verschiedene Aufgaben:

- a) Sie unterstützen wirkungsvoll den Erkenntnisprozeß der Schüler.¹⁾
- b) Sie können der Erläuterung und Veranschaulichung des mitgeteilten Stoffes dienen.
- c) Sie tragen zur Festigung des behandelten Stoffes bei.

Da Versuche, die den Erkenntnisprozeß der Schüler unterstützen, den stärksten erzieherischen Einfluß ausüben, soll auf ihren methodischen Einsatz genauer eingegangen werden. Dabei sei vor allem darauf verwiesen, daß das Experiment an der richtigen Stelle in die Denkopoperationen der Schüler einzufügen ist.

Zur Einführung in einen neuen Stoffabschnitt kann man die Schüler vor ein Problem stellen, so beispielsweise in der 7. Klasse: Ist die Luft an der Verbrennung der Metalle beteiligt? Ist Wasser ein Element oder eine Verbindung? Untersuche die Einwirkung von Schwefelsäure auf Metalle! Die Schüler werden aufgefordert, Vermutungen zur Lösung des Problems anzustellen und auf Grund ihrer Kenntnisse und

¹⁾ Rossa, E.: Das naturwissenschaftliche Experiment als Mittel der Erziehung, Diskussionsbeiträge zu Fragen der Pädagogik. Bd. 10, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1959, S. 52 ff.

experimentellen Erfahrungen Versuche vorzuschlagen, die der Lösung des Problems dienen. Im Unterrichtsgespräch wird ein geeigneter Versuch ausgewählt, die dafür notwendige Apparatur erörtert und anschließend eine Versuchsskizze an die Tafel gezeichnet. Dann bespricht man mögliche Gefahrenquellen und die daraus resultierenden Sicherheitsmaßnahmen. Erst wenn jeder Schüler der Klasse genau weiß, was bei der Durchführung des Versuches zu beachten ist, darf mit dem Aufbau der Apparaturen begonnen werden. Zuweilen ist es notwendig, die Apparaturen zu kontrollieren, bevor das Experiment begonnen wird. Während des Versuchs darf der Lehrer grundsätzlich keine Mitteilungen, Fragen oder Anforderungen an die ganze Klasse richten, weil er damit die Aufmerksamkeit der Schüler von ihrer experimentellen Arbeit ablenkt und so die Unfallgefahr erhöht. Er geht durch die Reihen, beaufsichtigt die experimentellen Arbeiten, korrigiert falsche Handgriffe und gibt einzelnen Schülern Ratschläge. Nachdem der Versuch beendet und sämtliche Geräte aus der Hand gelegt wurden, formulieren die Schüler ihre Beobachtungen. Dann wird mit Hilfe weiterer gedanklicher Operationen begründet, erklärt oder verallgemeinert. Die geforderten Denkoperationen müssen dem Abstraktionsvermögen der Schüler entsprechen. Bei der gedanklichen Auswertung treten häufig neue Probleme auf, die mit Hilfe weiterer Versuche gelöst werden können.

Als Schülerversuche werden vor allem solche Versuche ausgewählt, die möglichst schnell, zumindest aber innerhalb einer Unterrichtsstunde, zu einem klar erkennbaren Ergebnis führen. Die Endprodukte der Versuche sollen sich deutlich von den Ausgangsstoffen unterscheiden und die Apparaturen möglichst einfach sein.

Die Chemikalien werden nach Möglichkeit in so kleinen Mengen verwendet, daß die Reaktion gerade noch erkennbar ist. Dadurch erzieht man die Schüler zu sauberem und exaktem Arbeiten und genauem Beobachten. Ferner wird der Verbrauch der benötigten Chemikalien so auf ein Minimum herabgesetzt, Zeit eingespart und die Unfallgefahr wesentlich verringert.¹⁾ Nach Beendigung der Versuche sind die Ergebnisse zweckmäßig in einem Versuchsprotokoll zusammenzufassen. Diesem Protokoll kann folgendes Schema zugrunde liegen:

1. Aufgabe,
2. Durchführung (mit Skizze der verwendeten Apparatur),
3. Beobachtungen,
4. Schlußfolgerungen (nach Möglichkeit werden dabei die beobachteten chemischen Prozesse in Gleichungen zusammengefaßt).

Auch das Versuchsprotokoll soll weitgehend selbsttätig von den Schülern entwickelt werden. Führt man mehrere Schülerversuche in einer Stunde durch, so wird zweckmäßig nur ein besonders wichtiger ausführlich protokolliert.

Damit die Schüler möglichst selbständig tätig sind, ist es notwendig, an Kenntnisse und Erfahrungen der Schüler aus dem vorausgegangenen Unterricht anzuknüpfen und auch Erfahrungen und Kenntnisse aus den Nachbarfächern und dem Unterrichtstag in der sozialistischen Produktion zu nutzen.

¹⁾ Vollrath, S.: Die Anwendung der Halbmikromethode in Schülerübungen. Chemie in der Schule, Heft 9/1957, S. 409 und Heft 10/1957, S. 455.

Anforderungen an Lehrer und Schüler¹⁾

Bei der Vorbereitung und Durchführung einer Unterrichtsstunde mit Schülerexperimenten muß der Lehrer im wesentlichen folgendes beachten:

- a) Eine gründliche fachliche Vorbereitung ist notwendige Voraussetzung für das Gelingen jeder Unterrichtsstunde.
- b) Auf Grund der fachlichen Voraussetzungen und einer Analyse der experimentellen und gedanklichen Leistungsfähigkeit der Klasse sind die Schülerversuche auszuwählen und mit Hilfe methodischer Überlegungen in eine logische Gedankenfolge einzuordnen. Im Zusammenhang mit der Fixierung des vermutlichen Unterrichtsverlaufs sind unter anderem auch die Kenntnisse und Erfahrungen der Schüler aus dem Unterrichtstag in der sozialistischen Produktion einzubeziehen.
- c) Jeder Schülerversuch muß vorher mit den Chemikalien und den Geräten durchprobiert werden, die der Schüler in der Unterrichtsstunde verwendet. Der Lehrer sollte bestrebt sein, gute Fachkenntnisse und umfangreiche experimentelle Erfahrungen zu erlangen, damit er alle Gefahrenquellen der Versuche übersehen, die Ursachen von Fehlern beim Experimentieren der Schüler sofort erkennen und mögliche Nebenreaktionen berücksichtigen kann.
- d) Während einer Unterrichtsstunde mit Schülerversuchen hat der Lehrer eine umfangreiche organisatorische, methodische und erzieherische Arbeit zu leisten. So ist es notwendig, die Gruppenarbeit der Schüler zu organisieren, die Experimente unter aktiver Mitarbeit der Schüler gedanklich sorgfältig vorzubereiten, auf Unfallquellen hinzuweisen, die fachgerechte Durchführung der Experimente zu überwachen und dabei die Schüler zu sauberem, gewissenhaftem, ehrlichem Arbeiten anzuhalten. Ferner muß der Lehrer nötigenfalls praktische Unterstützung beim Experimentieren geben, anhand der Beobachtungen die gedankliche Tätigkeit der Schüler lenken und für das Säubern und die ordnungsgemäße Abgabe der Geräte sorgen.

Von Beginn des Chemieunterrichts müssen die Schüler an eine straffe Ordnung gewöhnt werden. Folgende Ordnungsprinzipien sollten sie sich vor allem einprägen:

- a) Die benötigten Geräte und Chemikalien werden an einer bestimmten Stelle des Chemieraumes in einer festgelegten Reihenfolge in Empfang genommen und am Schluß der Stunde in gereinigtem Zustand wieder abgegeben.²⁾
- b) Mit den Geräten und Chemikalien darf erst gearbeitet werden, wenn die gedankliche Vorbereitung abgeschlossen ist und jeder Schüler weiß, was er zu tun und zu beobachten hat.
- c) Bei der Auswertung der Versuchsergebnisse werden sämtliche Geräte aus der Hand gelegt.
- d) Mit Geräten und Chemikalien muß sorgfältig und sparsam umgegangen werden.

Diese und ähnliche Forderungen können in Schülerregeln³⁾ zusammengefaßt und den Schülern erläutert werden. Ihre strenge Einhaltung in jeder Chemiestunde ist vom Lehrer immer wieder zu kontrollieren.

¹⁾ Vgl. dazu auch Meyendorf, G.: Praxis chemischer Schülerversuche. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1960, S. 13.

²⁾ Unter bestimmten räumlichen Bedingungen kann es auch erforderlich werden, die Geräte nach dem Unterricht von Schülerhelfern reinigen zu lassen.

³⁾ Osterwald, R.: Zur Durchführung von Schülerübungen, Chemie in der Schule, Heft 5/1956, S. 234. Heyer, Ch., a. a. O., S. 29.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise in ihrer ausgeprägten Form höhere Anforderungen an Lehrer und Schüler stellt als das Arbeiten in gleicher Front. So ist es notwendig, bei der Auswahl der Teilaufgaben für die einzelnen Schüler oder Schülergruppen die Leistungsfähigkeit jedes Schülers zu analysieren und bei der Verteilung von Aufgaben neben der Leistungsfähigkeit unter Umständen auch besondere persönliche Interessen der Schüler zu berücksichtigen. Ferner ist der Verlauf der Unterrichtsstunde sorgfältig zu durchdenken, der gesamte Unterrichtsprozeß straff zu organisieren, um ein hohes Maß an Konzentration von seiten der Schüler zu gewährleisten. Auch die Schüler müssen sich auf diese Stunden gründlich vorbereiten und bei den Versuchen rege mitarbeiten.

Die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise sollte im Chemieunterricht der sozialistischen Schule mehr berücksichtigt werden, weil sie der schöpferischen Selbsttätigkeit der Schüler großen Raum gibt und damit besonders wirkungsvoll zur Realisierung des sozialistischen Bildungs- und Erziehungszieles beiträgt.

Ausstattung mit Geräten und Chemikalien

Die Durchführung von Schülerversuchen erfordert bestimmte materielle Voraussetzungen, wie geeignete Unterrichtsräume und eine Ausstattung mit Geräten und Chemikalien. In zahlreichen bereits erschienenen Veröffentlichungen kommt übereinstimmend zum Ausdruck, daß jedoch viele Schülerexperimente schon mit verhältnismäßig einfachen Mitteln durchführbar sind. Es ist möglich, jederzeit mit Schülerexperimenten zu beginnen und die materiellen Grundlagen allmählich zu erweitern und zu vervollkommen. Hier soll nur kurz auf einige Probleme eingegangen werden, die beim Arbeiten mit der folgenden Versuchssammlung zu beachten sind.¹⁾

Geräte

Eine umfassende Aufstellung der für den Chemieunterricht mit Schülerexperimenten notwendigen Geräte ist in der vom Ministerium für Volksbildung herausgegebenen Schrift „Verbindliche Schülerübungen für den Chemieunterricht“ enthalten. Hier sei lediglich darauf hingewiesen, daß diese Ausstattung stufenweise erweitert werden kann. Viele der anschließend beschriebenen Versuche lassen sich bereits mit einer Minimalausstattung durchführen, die aus 5 Reagenzgläsern, 1 Spiritusbrenner, einigen passenden Gummistopfen, etwas Glasrohr, einem unter Umständen selbstgebauten Reagenzglasständer und einem Reagenzglashalter besteht. Diese Materialien können ergänzt werden durch die Anschaffung von weiteren Reagenzgläsern, auch solchen mit seitlichem Ansatzrohr, hohen Bechergläsern mit 100 ml Inhalt und flachen mit 600 ml Inhalt und von Tropftrichtern, Glasrichtern, Pipetten, Tiegeltangen, Objektträgern, Abdampfschalen, Kolben und anderem.

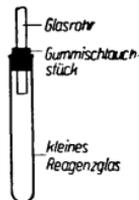
Die Geräte sollten weitgehend genormt sein, weil dadurch die Arbeit wesentlich erleichtert wird. Es werden besonders Geräte mit folgenden Abmessungen empfohlen:

Reagenzgläser	..... 14 mm × 130 mm	Filtertrichter	..... ø 55 mm
	bzw. 12 mm × 100 mm	Tropftrichter	
Reagenzglas mit seitlichem		(zylindrische Form)	..... 50 ml
Ansatzrohr	..... 18 mm × 180 mm	Uhrgläser	..... ø 70 mm
Erlenmeyerkolben	..... 100 ml	Mörser mit Pistill	..... ø 50 mm
Stehkolben	..... 100 ml	Kristallisierschale	..... ø 50 mm
Becherglas (hoch)	..... 100 ml	Bürette	
Becherglas (flach)		mit Schellbachstreifen	..... 25 ml
als pneumatische Wanne	... 600 ml	Vollpipette	..... 10 ml
Abdampfschale	..... ø 50 mm	Meßzylinder	..... 10 und 100 ml

Die Maßangaben stellen nur Richtwerte dar. Die Abmessungen können auch in gewissen Grenzen abweichen. Bei den Versuchsbeschreibungen in den folgenden Kapiteln sind jedoch die angegebenen Größen zugrunde gelegt. Nur dort, wo in einzelnen Fällen

¹⁾ Ausführlichere Hinweise sind zu finden bei: Heyer, Ch.: Schülerversuche im Chemieunterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1958, S. 16–28. Meyendorf, G.: Praxis chemischer Schülerversuche. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1960, S. 26–43.

Abb. 1 Gummischlauchverbindung Glasrohr-Reagenzglas



andere Gerätegrößen erforderlich sind, wurden diese in der Zusammenstellung „Geräte“ besonders vermerkt.

Bei den Reagenzgläsern sind zwei verschiedene Größen zur Wahl gestellt. Die Gläser 14 mm × 130 mm erfordern zum Anschluß der Rohre Gummistopfen. Da viele Rohre an Apparaturen, die fertig geliefert werden, 8 mm Durchmesser haben, wird vorgeschlagen¹⁾, generell Rohre dieser Abmessung zu benutzen. In diesem Falle erweisen sich Reagenzgläser 12 mm × 100 mm als zweckmäßig, weil man auf die Benutzung von Stopfen verzichten kann. Rohre können in den Gläsern befestigt werden, indem man auf sie ein Gummischlauchstück von 6 mm lichter Weite und 1,5 mm Wandstärke schiebt und das Rohr entsprechend der Abbildung 1 aufsetzt. Für einige Versuche werden jedoch außerdem Reagenzgläser größerer Abmessungen benötigt.

Die Ausstattung der Schulen mit Stativmaterial ist sehr unterschiedlich. Neben normalen Eisenstativen mit entsprechendem Zubehör sind für Schülerversuche andere Lösungen gefunden worden. Um dieser Situation Rechnung zu tragen, wird bei den folgenden Versuchsbeschreibungen unter „Geräte“ in allen Fällen, in denen normalerweise ein Stativ mit Kreuzmuffe und Klemme erforderlich wäre, nur „Stativ“ angegeben. Der Lehrer muß den gegebenen Bedingungen entsprechend die notwendigen Stativteile auswählen.

Bei dem größten Teil der Versuche kann als Wärmequelle ein Spiritusbrenner benutzt werden. Sind bei einigen Versuchen höhere Temperaturen erforderlich, so ist die Anwendung des Bunsenbrenners direkt verlangt. Wenn bei einigen Versuchen in der Gerätezusammenstellung das Vorhandensein einer Schutzbrille gefordert wird, so sollen alle Schüler der Gruppe damit ausgestattet sein.

Bestimmte Gerätekombinationen werden bei Schülereperimenten häufig benötigt. Diese werden hier als Grundgeräte zusammengestellt. In den Versuchsbeschreibungen sind nur die nummerierten Grundgeräte angeführt. Es wird empfohlen, die für die Grundgeräte notwendigen Bauteile, vor allem die Rohrverbindungen, von den Schülern bei der Glasbearbeitung herstellen zu lassen, mit Stopfen beziehungsweise Gummischlauchstücken zu versehen und der Ausstattung der einzelnen Gruppen beizugeben. Vor dem Experimentieren haben die Schüler die Teile nur noch zusammenzusetzen. Das erspart viel Zeit. Der Aufbau der Grundgeräte geht aus den farbigen Tafeln zu Beginn und am Ende des Buches hervor:

- | | |
|---|---|
| 1 Reagenzglas | 8 Gaswaschgeräte |
| 2 Reagenzglas mit Stopfen und Haken für die Verbrennung von Substanzen | 9 Gasentwickler (9b mit pneumatischer Wanne, 9c mit Gaseinleitungsrohr) |
| 3 Reagenzglas mit Verbrennungslöffel. Den Löffel kann man aus Blech biegen. | 10 Verbrennungsrohr |
| 4 Reagenzglas mit Düse | 11 Destilliergerät |
| 5 Reagenzglas mit Gasableitungsrohr | 12 Elektrolysezelle |
| 6 Reagenzglas mit Gaseinleitungsrohr | 13 Wasserzersetzungsgesetz |
| 7 Gerät zum pneumatischen Auffangen von Gasen | 14 Elektrolysegerät (14a mit Überlauf, 14b und c mit Gasableitungen) |

¹⁾ Hradetzky, A.: Vorschläge zur Normung von Geräten für den experimentellen Chemieunterricht. Chemie in der Schule. Heft 8/1980, S. 320.

Chemikalien

Auch die Chemikalienausstattung¹⁾ kann stufenweise erweitert werden. Zunächst sollte man solche Substanzen beschaffen, die häufig bei Schülerexperimenten einzusetzen sind. Für die anorganische Chemie (7. bis 9. Klasse) wären das:

Flüssigkeiten:

1 kg²⁾ Salzsäure konz.
1 kg Schwefelsäure konz.
1 kg Salpetersäure konz.
1 kg Natronlauge konz.
1 kg. Ammoniaklösung konz.
500 g Kalkwasser (aus Calciumoxyd herstellen)
500 g Wasserstoffperoxyd
200 g Lackmüslösung

Feststoffe:

500 g Natriumchlorid
200 g Natriumcarbonat (Soda)
1 kg Calciumcarbonat (teilw. Marmor)
200 g Kaliumpermanganat
100 g Kupfer(II)-oxyd
100 g Zinkoxyd
200 g Magnesiumspäne
200 g Schwefelblüte
500 g Seesand
ferner Metallabfälle: Kupfer, Zink, Aluminium, Eisen sowie Kohle

Diese Ausstattung ließe sich weiter ergänzen durch die Beschaffung von:

200 g Alkalisulfat	200 g Silbernitratlösung
200 g Alkalisulfid	200 g Bariumchloridlösung
200 g Alkalinitrat	200 g Kupfersulfat
200 g Alkaliphosphat	200 g Eisensulfat
100 g Braunstein	500 g Phosphorsäure konz.
200 g Natriumhydrogencarbonat	

Später kann die Ausstattung durch sämtliche noch benötigte Chemikalien erweitert werden.

Es hat sich als zweckmäßig und zeitsparend erwiesen, wenn alle häufig benötigten Stoffe in kleinen Vorratsflaschen für jede Schülerarbeitsgruppe bereitstehen. Das sollte in allen Schulen angestrebt werden. Für Feststoffe sind Vorratsflaschen mit weitem Hals und einem Inhalt von 30 bis 50 ml ausreichend. Für Flüssigkeiten verwendet man meist Flaschen mit 50 ml Inhalt und engem Hals.

Besonders bewährt haben sich Pipettenflaschen. Sie ermöglichen einen sehr sparsamen Umgang mit den Substanzen und gestatten tropfenweisen Zusatz bei bestimmten Reaktionen (z. B. Nachweisreaktionen, Neutralisationen). Bei den Versuchen in Halbmikrotechnik wird vorausgesetzt, daß alle Flüssigkeiten in solchen Pipettenflaschen bereitstehen. Ist das nicht der Fall, so muß der Lehrer bei der Geräteausgabe für jede Flüssigkeit je Gruppe eine Pipette vorsehen.

¹⁾ Umfassende Zusammenstellungen der notwendigen Chemikalien sind enthalten in:

Verbindliche Schülerübungen für den Chemieunterricht. Herausgegeben vom Ministerium für Volksbildung. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1960, S. 23.

Meyendorf, G.: Praxis chemischer Schülerversuche. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1960, S. 75–91.

²⁾ Die Mengenangaben beziehen sich auf den Bedarf einer Schule mit jeweils einer Klasse in jedem Schuljahr. Aus den konzentrierten Lösungen sind verdünnte unter Beachtung der entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen herzustellen und ebenfalls bereitzuhalten.

Die den Schülern zur Verfügung stehenden Vorratsflaschen für Chemikalien sind den Normen entsprechend zu beschriften. Die Aufschrift muß Namen und Formel enthalten. Die Farbe der Beschriftung hat den Bestimmungen des Giftgesetzes zu entsprechen. Alle im Giftgesetz nicht genannten Stoffe werden in Flaschen aufbewahrt, die ein Etikett mit schwarzer Schrift auf weißem Grund tragen. Gifte der Abteilung 3 werden durch rote Schrift auf weißem Grund und zusätzlicher Aufschrift „Gift“ gekennzeichnet. Gifte der Abteilungen 1 und 2 dürfen nicht in die Hand der Schüler gegeben werden.

Bei den Versuchsbeschreibungen sind die Konzentrationen von Lösungen meist in Prozenten angegeben. Damit sind Gewichtsprozent¹⁾ gemeint:

$$\text{Gew.-%} = \frac{\text{g Substanz}}{100 \text{ g Lösung}}.$$

Will man beispielsweise eine 2%ige Bariumchloridlösung herstellen, so sind 2 g Bariumchlorid zu 100 g Lösung mit destilliertem Wasser aufzufüllen. Es müßten folglich 98 g Wasser, das sind 98 ml, zugefügt werden.

Für einige Versuche, besonders bei Titrationen, benötigt man Normallösungen. Das sind Lösungen, die einander äquivalent, also in ihrem Wirkungsgrad gleichwertig sind. In 1 Liter einer Normallösung (1 n Lösung) ist immer ein Grammäquivalent eines Stoffes gelöst. Eine 1 n Salzsäure enthält also 36,5 g Chlorwasserstoff, eine 1 n Natronlauge 40 g Natriumhydroxyd im Liter. Gleiche Volumina beider Lösungen neutralisieren sich genau. Eine 1 n Schwefelsäure enthält nur 0,5 Mol Schwefelsäure, also 49 g, in 1 Liter Lösung, da sie zweibasisch ist. Bei Redox titrationen wird das Äquivalentgewicht auf die oxydative Wertigkeit bezogen. 0,2 Mol Kaliumpermanganat sind in saurer Lösung beispielsweise 1 Mol Eisen(II)-sulfat äquivalent. Für die Umsetzung gilt die Gleichung:



Eine 1 n Kaliumpermanganatlösung enthält dementsprechend für das Arbeiten in saurer Lösung 0,2 Mol oder 31,6 g Kaliumpermanganat im Liter.

In der Praxis werden häufig 0,1 n Lösungen verwendet, die dann 0,1 Grammäquivalent eines Stoffes in 1 Liter Lösung enthalten. Zur Herstellung solcher Normallösungen werden zweckmäßig Testal-Urtitersubstanzen²⁾ benutzt, die in Ampullen die genaue Menge des jeweiligen Stoffes enthalten. Die Ampulle wird in einem dazugehörigen trichterförmigen Gefäß, das auf einen 1 l-Meßkolben aufgesetzt wird, an zwei Stellen zertrümmert und die Substanz mit destilliertem Wasser in den Kolben gespült. Danach füllt man auf 1 Liter auf.

Ohne Verwendung solcher Testal-Urtitersubstanzen müßte die genaue Stoffmenge auf einer analytischen Waage abgewogen werden. Das ist aber nur bei wenigen Substanzen mit ausreichender Genauigkeit möglich. Deshalb wägt man meist die Substanzmenge nur annähernd genau ein und ermittelt anschließend einen Korrekturfaktor. Stellt man solche Lösungen für Schülerversuche her, die nur der Übung dienen, so kann man zur Vereinfachung der Arbeit gewisse Ungenauigkeiten hinnehmen und auf die Berücksichtigung von Korrekturfaktoren verzichten. Bei quantitativen Untersuchungen sollten auch im Schülerversuch Korrekturfaktoren benutzt werden. Vorschriften für die Herstellung der Lösungen sind den Lehr- und Übungsbüchern für das anorganisch-chemische Praktikum zu entnehmen.

¹⁾ Dieser Begriff wird heute noch ausschließlich verwendet, obwohl eigentlich der prozentuale Anteil einer Masse angegeben werden soll.

²⁾ Die Substanzen werden von der Feinchemie KG, Sebnitz (Sa.), geliefert.

Oxydation und Reduktion

Versuch 1: Erhitzen von Kupfer

Ziel des Versuches. Die Brennbarkeit von Metallen soll erkannt und das Verbrennungsprodukt geprüft werden.

Geräte: *Tiegelzange, Spiritusbrenner, Messer*

Chemikalien: *Kupferblech (Schablonenblech)*

Ausführung. Das Kupferblech wird in der Flamme geglüht. Nach dem Abkühlen erkennt man auf dem Blech eine schwarze Kruste, die leicht mit einem Messer abgekratzt werden kann. Man prüft, ob sich die schwarze Schicht auch abwischen läßt.

Auswertung. Kupferblech überzieht sich in der Flamme mit einer schwarzen Schicht, die man wohl abkratzen, nicht aber abwischen kann. Folglich besteht der Überzug nicht aus Ruß. Das Kupfer wurde oxydiert. Die Umsetzung mit Sauerstoff erfolgt verhältnismäßig langsam; Kupfer hat zu ihm geringes Bindungsbestreben.

Analoger Versuch. Erhitzen eines Silberstückes. Dieses bleibt auch bei längerem Glühen unverändert, das Bindungsbestreben zu Sauerstoff ist also noch geringer als bei Kupfer. Zu beachten ist, daß bei Verwendung von Stadtgas auf Grund des manchmal vorhandenen Schwefelwasserstoffgehaltes schwarzes Silbersulfid Ag_2S entstehen kann.

Versuch 2: Verbrennung von Magnesium

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß Metalle verbrennen können. Die unterschiedlichen Eigenschaften des Metalles und seines Verbrennungsproduktes sind zu vergleichen.

Geräte: *Spatel, Bunsen- oder Spiritusbrenner, feuerfeste Unterlage (z. B. Fliese), flacher Holzklötz*

Chemikalien: *Magnesiumgrieß*

Ausführung. Die Schüler werden zunächst aufgefordert, äußerlich wahrnehmbare Eigenschaften des Metalles Magnesium zu ermitteln. Dann wird das Holzstück so unter den Brenner gelegt, daß dieser etwas schräg steht. Verwendet man einen Spiritusbrenner, so ist besondere Vorsicht geboten. Er soll nur höchstens bis zur Hälfte mit Brennstoff gefüllt sein, damit in der schrägen Stellung kein Spiritus ausläuft. Der Brenner wird nun angezündet. In die Flamme

streut man etwas Magnesiumgrieß. Das Verbrennungsprodukt wird auf der feuerfesten Unterlage aufgefangen und betrachtet.



Bei der Verbrennung von Magnesium sollen die Schüler nicht in die Flamme schauen. Nach Möglichkeit sind dunkle Schutzbrillen oder Sonnenbrillen zu benutzen.

Auswertung. Magnesium verbrennt unter heller Lichterscheinung zu einem weißen Pulver. Die schnelle Reaktion läßt auf ein großes Bindungsstreben zu Sauerstoff schließen.

Analoge Versuche. Verbrennung von Aluminium, Zink oder entfetteten Eisenfeilspänen.

Abwandlung des Versuches. Es können auch Magnesiumband oder grobe Magnesiumspäne mit der Tiegelzange in die Flamme gehalten und verbrannt werden. Desgleichen kann man Stahlwolle in der Flamme glühen und das entstehende blauschwarze Eisen(II, III)-oxyd gewinnen. Will man aus der Lebhaftigkeit der Reaktion Rückschlüsse auf das Bindungsbestreben zu Sauerstoff ziehen, so ist zu beachten, daß die Reaktionsgeschwindigkeit vom Verteilungsgrad abhängig ist. Man sollte in diesem Falle die Metalle möglichst in gleichem Verteilungsgrad, als Grieß oder als Feilspäne verwenden.

Versuch 3: Verbrennen von Kohlenstoff

Ziel des Versuches. Der Versuch kann zur Vertiefung der bei der Verbrennung von Metallen gewonnenen Erkenntnisse dienen. Es soll festgestellt werden, daß auch Nichtmetalle Verbrennungsprodukte bilden, die allerdings teilweise gasförmig sind.

Geräte: Grundgerät 3, Spiritusbrenner

Chemikalien: Holzkohle

Ausführung. Ein etwa erbsengroßes Stück Holzkohle wird auf dem Verbrennungslöffel entzündet und in das Reagenzglas eingeführt. Nachdem die Holzkohle verbrannt ist, führt man die Geruchsprobe durch.

Auswertung. Kohlenstoff verglimmt in Luft langsam. Dabei entsteht gasförmiges geruchloses Kohlendioxyd.

Analoge Versuche. Verbrennen von geringen Mengen Schwefel oder rotem Phosphor. Bei den Versuchen kann an Stelle des Reagenzglases auch ein Stehkolben (100 ml) benutzt werden.



Roter Phosphor muß hier und bei allen folgenden Versuchen von giftigem gelbem Phosphor frei sein. Er darf keine mit Schwefelkohlenstoff extrahierbaren Bestandteile enthalten.

Versuch 4: Erhitzen eines Kupferbriefes

Ziel des Versuches. Es soll erkannt werden, daß die Anwesenheit von Luft die wesentlichste Bedingung für die Verbrennung ist. Gleichzeitig ist zu prüfen, welchen Einfluß die direkte Berührung mit

der Flamme und die Einwirkung von Wärme für das Entstehen der Oxyde haben.

Geräte: *Tiegelzange, Spiritusbrenner, Sandpapier, Reagenzglas, Reagenzglashalter*

Chemikalien: *3 Kupferblechstücke*

Ausführung. Ein Stück Kupferblech ist durch Abreiben mit Sandpapier zu reinigen. Dann läßt man es bis zur nächsten Unterrichtsstunde bei Raumtemperatur an der Luft liegen. Ein zweites Stück Kupferblech wird im Reagenzglas erhitzt. Das dritte Stück Kupferblech faltet man zuerst in der Mitte und dann an den Rändern, so daß der Zutritt von Luft an die Innenflächen verhindert wird. Diesen „Kupferbrief“ glüht man in der Flamme des Brenners einige Minuten kräftig durch und faltet ihn nach dem Erkalten wieder auseinander. Das Verhalten des direkt in der Flamme erhitzten Kupferbleches soll mit dem Verhalten des ohne direkte Berührung mit der Flamme erwärmten Bleches und des nicht erhitzten Bleches verglichen werden.

Auswertung. An der Luft entsteht auf dem Kupferblech bereits bei Raumtemperatur eine dünne Oxydschicht. Rascher tritt jedoch bei dem im offenen Reagenzglas erhitzten Kupfer Oxydation ein. Auf dem Kupferbrief bildete sich beim Glühen in der Flamme eine dichte Oxydschicht, während die Innenseiten keine Oxydbildung aufweisen (Anlauffarben beachten!). Die Oxydation ist also nur bei Anwesenheit von Luft möglich. Sie wird durch Wärmeeinwirkung begünstigt.

Abwandlung des Versuches. Die Untersuchungen können auch mit Eisen- oder Zinkblech durchgeführt werden. Der Effekt ist dabei allerdings wesentlich schlechter zu beobachten.

Analoge Teilversuche. Man stülpt über eine brennende Kerze ein Becherglas. Die Kerze erlischt bald infolge Sauerstoffmangels.— Kupferblech wird unter Paraffinöl oder geschmolzenem Stearin im Reagenzglas erhitzt. Das Kupfer verändert sich nicht, da durch das geschmolzene Paraffin der Zutritt von Luft verhindert wird. Bei dem Experiment ist eine Schutzbrille zu tragen.



Versuch 5: Die Masse verbrannter Stoffe ist größer als die Masse der unverbrannten Ausgangsstoffe

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß die Masse der verbrennenden Stoffe durch die Verbindung mit Sauerstoff zunimmt.

Geräte: *Spiritusbrenner, Hornschalenwaage, Asbestdrahtnetz*

Chemikalien: *Stahlwolle*

Ausführung. Die eine Waagschale der Hornschalenwaage wird durch ein kleines Asbestdrahtnetz ersetzt. Darauf legt man einen kleinen Bausch Stahlwolle und tariert die Waage aus. Nun wird das Metall kräftig durchgeglüht und das Verhalten der Waage betrachtet.

Auswertung. Beim Verbrennungsvorgang verbindet sich die Stahlwolle mit dem Sauerstoff der Luft. Daher nimmt die Masse auf dem Asbestdrahtnetz im Verlaufe der Reaktion zu.

Hinweis. Es muß beachtet werden, daß beim Erhitzen keine Stahlwolle von der Waage fallen darf.

Abwandlung des Versuches. Man kann über der einen Schale am Waagebalken einen Magneten befestigen, den man zuvor in Eisenpulver getaucht hat. Dann wird austariert und das Eisenpulver erhitzt.

Versuch 6: Verbrennung von Eisen im abgeschlossenen Luftraum

Ziel des Versuches. Die quantitative Zusammensetzung von Luft soll festgestellt werden.

Geräte: Spiritusbrenner, Verbrennungsrohr, Gummistopfen ohne Bohrung, Stopfen mit Verbrennungslöffel (wie bei Grundgerät 3), Becherglas (600 ml), Holzspan, Gothaplast

Chemikalien: Eisenpulver

Ausführung. Auf dem Verbrennungslöffel, dessen Stiel durch einen Stopfen geschoben ist, wird etwas Eisenpulver entzündet. Dann führt man den Löffel in das senkrecht in ein wassergefülltes Becherglas gestellte, einseitig geschlossene Verbrennungsrohr ein (Abb. 2a). Wenn das Eisenpulver durchgeglüht ist, wird das untere Ende unter Wasser geöffnet; dies steigt empor. Der Wasserstand wird mit dem Streifen Gothaplast markiert. Nun ist das obere Ende zu öffnen und ein brennender Holzspan in das Restgas einzuführen.

Auswertung. Ein Fünftel der im Glasrohr vorhandenen Luft wurde zur Oxydation des Eisens verbraucht. Dieser Bestandteil ist der Sauerstoff, der verbliebene Rest unterhält die Verbrennung nicht. Er besteht aus Stickstoff.

Abwandlungen des Versuches. Statt des Verbrennungsrohres kann auch ein Reagenzglas benutzt werden. Man befestigt eine Eisenrinne mit einem Draht an einem zum Reagenzglas passenden Gummistopfen und gibt Eisenpulver

oder Magnesiumspäne auf die Eisenrinne. Dann wird das Metall entzündet und in das Reagenzglas gebracht (Abb. 2b). Nachdem es im abgeschlossenen Luftraum verbrannt ist, wird der Stopfen unter Wasser gelöst. Das Wasser dringt in das Reagenzglas ein und füllt es zu einem Fünftel seines Volumens.

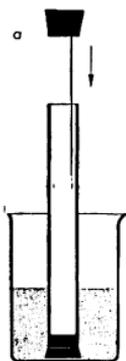


Abb. 2 Ermitteln der Zusammensetzung der Luft durch Verbrennen von Eisenpulver im abgeschlossenen Luftraum

Es gibt noch eine weitere Möglichkeit, den Versuch abzuwandeln. Hierbei wird ein 5 cm langes Stück Magnesiumband an einem dünnen Holzstab von 3 cm Länge befestigt, den man in den Stopfen steckt. Dann wird das Magnesiumband entzündet und in das Reagenzglas eingeführt.

Versuch 7: Verbrennung von Kupfer im abgeschlossenen Luftraum

Ziel des Versuches. Die quantitative Zusammensetzung der Luft ist zu ermitteln.

Geräte: 2 Kolbenprober, 10 cm langes Glasrohr (\varnothing 8 mm), Spiritusbrenner, Stativ, Gummischlauchstücke, Glasstab

Chemikalien: Kupferpulver, Asbestwolle

Ausführung. In das Glasrohr bringt man etwa 2 cm von einem Ende entfernt einen Asbestwollepfropfen (1 cm lang) und drückt ihn mit dem Glasstab etwas fest. Dann füllt man in das Rohr zu 4 cm seiner Länge Kupferpulver ein und verschließt es auch von der anderen Seite mit einem Asbestwollepfropfen. Beide Enden des Rohres werden mit Kolbenprobern (Abb. 3) verbunden. Einer der Kolbenprober ist mit Luft gefüllt, der andere befindet sich in Saugstellung. Das Kupferpulver wird nun erhitzt und die Luft durch Bewegen der Kolben mehrmals über das glühende Metall gedrückt. Nachdem die Apparatur abgekühlt ist, wird festgestellt, wieviel Luft der Kolbenprober noch enthält.

Auswertung. Bei der Oxydation des Kupfers wird ein Fünftel der Luft verbraucht. Die restlichen vier Fünftel der Luft können noch beliebig oft über das glühende Kupfer geleitet werden, ohne daß eine Volumenabnahme zu bemerken ist.

Analoge Versuche. Anstelle von Kupfer läßt sich auch eine Eisenfeilspänefüllung verwenden.

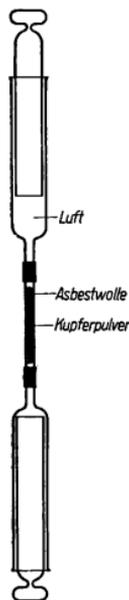


Abb. 3 Ermitteln der Zusammensetzung der Luft durch Verbrennen von Kupferpulver im abgeschlossenen Luftraum

Versuch 8: Darstellung von Sauerstoff-Spanprobe

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine Methode zur einfachen und billigen Darstellung von Sauerstoff kennenlernen und ihn durch die Spanprobe nachweisen.

Geräte: Grundgerät 9a, Spatel, 6 Reagenzgläser mit Stopfen, Stativ, Holzspan, Spiritusbrenner

Chemikalien: 3%ige Wasserstoffperoxydlösung, Braunstein (möglichst gekörnt)

Ausführung. In das Reagenzglas bringt man eine Spatelspitze Braunstein und läßt vorsichtig Wasserstoffperoxydlösung zutropfen. Das entstehende Gas wird pneumatisch in Reagenzgläsern aufgefangen, die man mit den bereitgelegten Stopfen verschließt. Dann wird der Holzspan entzündet und wieder ausgeblasen. Sein glimmendes Ende führt man schnell in eines der Reagenzgläser ein, das man vorher rasch öffnet.

Auswertung. Aus Wasserstoffperoxyd wird bei Anwesenheit von Braunstein Sauerstoff frei, der die Verbrennung stark fördert und deshalb mit der Spanprobe nachgewiesen werden kann.

Abwandlung des Versuches. Die Wirkung des Braunsteins als Katalysator kann noch deutlicher herausgearbeitet werden. Dazu sind folgende weitere Untersuchungen notwendig: In ein Reagenzglas bringt man einige Milliliter Wasserstoffperoxydlösung und hält einen glimmenden Holzspan dicht über die Flüssigkeitsoberfläche, nachdem man vorher etwas geschüttelt hat. Er glüht auf. Wasserstoffperoxyd gibt also auch ohne Anwesenheit von Braunstein Sauerstoff ab.— Man gießt in zwei Reagenzgläser etwas Wasserstoffperoxyd und gibt in eines eine Spatelspitze Braunstein, in das zweite etwas Zigarettenasche. In beiden setzt heftige Gasentwicklung ein. Die stärkere Sauerstoffabgabe ist also nicht unbedingt an das Vorhandensein von Braunstein gebunden, sie tritt auch bei Zugabe anderer Stoffe auf.

Versuch 9: Eigenschaften des Sauerstoffs

Ziel des Versuches. Es sollen einige Eigenschaften des Sauerstoffs ermittelt werden.

Geräte: 5 Reagenzgläser mit Sauerstoff, Reagenzglasständer, Holzspan, Verbrennungslöffel (wie bei Grundgerät 3), Spiritusbrenner
Chemikalien: Schwefelpulver

Ausführung. Das erste mit Sauerstoff gefüllte Reagenzglas wird zur Bestimmung von Farbe, Geruch, Geschmack und Aggregatzustand benutzt. In einem weiteren Reagenzglas weist man Sauerstoff mittels der Spanprobe nach. Dann wird auf dem Verbrennungslöffel eine linsengroße Menge Schwefel entzündet und dieser schnell in ein drittes Reagenzglas eingeführt. Mit dem Sauerstoff in den beiden letzten Reagenzgläsern soll ermittelt werden, ob das Gas leichter oder schwerer als Luft ist. Eines der Gläser wird mit der Öffnung nach oben, das andere mit der Öffnung nach unten gehalten, nachdem die Stopfen entfernt wurden. Nach zwei Minuten ist in beiden Reagenzgläsern die Spanprobe auszuführen.

Hinweis. Für diesen Versuch sind möglichst weite Reagenzgläser zu verwenden, da aus engen Gläsern der Sauerstoff zu langsam entweicht.

Auswertung. Sauerstoff ist ein farbloses, geruchloses und geschmackfreies Gas, das die Verbrennung fördert, selbst aber nicht brennt. Es ist schwerer als Luft.

Analoge Teilversuche. Man kann auch Eisendraht in Sauerstoff verbrennen. Dieses Experiment ist sehr geeignet um nachzuweisen, daß Sauerstoff die Verbrennung fördert. Dazu wird ein Stück Blumen draht an einem für ein Reagenzglas passenden Gummistopfen befestigt und spiralenförmig zusammengedreht. An seiner Spitze ist ein Streichholzkopf zu befestigen. Nach Entzündung des Streichholzkopfes wird der Draht sofort in ein sauerstoffgefülltes Reagenzglas getaucht. Das Eisen brennt unter lebhaftem Funkensprühen ab. Statt des Reagenzglases kann auch ein kleiner Erlenmeyerkolben benutzt werden. — Man kann die verbrennungsfördernde Wirkung des Sauerstoffs ferner veranschaulichen, indem man ein Stückchen Holzkohle am Draht befestigt, in der Flamme glüht und in ein Gefäß mit Sauerstoff taucht.

Versuch 10: Ableitung brennbarer Gase aus dem Flammenkern

Ziel des Versuches. Es soll erkannt werden, daß Flammen brennende Gase sind. Eine Verbrennung kann nur stattfinden, wenn solche Gase vorhanden sind.

Geräte: Kerze, Zündhölzer, 5 bis 8 cm langes, möglichst dünnes Glasrohr, Tiegelzange

Ausführung. Die Kerze wird entzündet und das Glasrohr nach ein bis zwei Minuten mit der Tiegelzange so in die Flamme gehalten, daß sich das untere Ende nahe dem Docht befindet. Das abgeleitete Gas kann am oberen Ende des Glasrohres entzündet werden.

Auswertung. Das Kerzenparaffin wird vor der Verbrennung zunächst in brennbare Dämpfe übergeführt. Der blaue Flammenkern der Kerze besteht aus unverbrannten Gasen.

Analoge Versuche. Auch die Spiritus- oder die Gasflamme kann wie beschrieben untersucht werden. Da dies mit geringem Zeitaufwand möglich ist, empfiehlt es sich, alle drei Versuche durchzuführen.

Versuch 11: Trockene Destillation von Holz

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erfahren, daß sich manche festen Brennstoffe bei höheren Temperaturen zersetzen, wobei brennbare Gase abgegeben werden.

Geräte: Reagenzglashalter, Grundgerät 4, Spiritusbrenner
Chemikalien: Sägespäne

Ausführung. Das Reagenzglas wird etwa zur Hälfte mit trockenen Sägespänen gefüllt und mit dem Stopfen verschlossen, in dem sich ein zur Spitze ausgezogenes Glasrohr befindet. Dann wird das Reagenzglas erhitzt. Nach einiger Zeit entstehen übelriechende Gase, die an der Düse entzündet werden können.

Auswertung. Organische Stoffe werden bei der trockenen Destillation zersetzt. Zu den Zersetzungsprodukten gehörten brennbare Gase.

Analoger Versuch. Statt der Sägespäne kann auch Kohle verwendet werden.

Versuch 12: Reduktion von Zinkoxyd durch Magnesium

Ziel des Versuches. Der Begriff „Reduktion“ soll erarbeitet werden. Die Ableitung der Metallreihe wird mit diesem Versuch vorbereitet.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, kleiner Spatel, Spiritusbrenner, Stopfen, Holzspan
Chemikalien: Zinkoxyd, Magnesiumgrieß

Voruntersuchung. Etwa 5 g Zinkoxyd werden im Reagenzglas bis zum Glühen erhitzt. Anschließend führt man die Spanprobe durch.

Ergebnis. Die Spanprobe fällt negativ aus, da Zinkoxyd durch Erhitzen nicht gespalten wird. Zink besitzt zum Sauerstoff also ein größeres Bindungsbestreben als Quecksilber. Analoge Versuche sind mit Kupferoxyd, Eisenoxyd und Magnesiumoxyd möglich.

Ausführung. Man gibt zunächst etwa zehn Körnchen Magnesiumgrieß in das Reagenzglas und fügt eine gehäufte Spatelspitze Zinkoxyd dazu. Das Reagenzglas wird kräftig geschüttelt, in den Reagenzglashalter gespannt und dann in der Spiritusflamme erhitzt. Das Zinkoxyd färbt sich zunächst in der Hitze gelb, und nach einigen Minuten glüht der Inhalt des Reagenzglases hell auf. Nun wird die Spiritusflamme gelöscht und das Reagenzglas betrachtet.

Auswertung. An der Wandung des Reagenzglases hat sich grauer Zinkstaub niedergeschlagen. Oftmals kann man auch am Boden des Glases einen Zinkspiegel beobachten. Magnesium reduziert Zinkoxyd auf Grund seines größeren Bindungsbestrebens zu Sauerstoff. Man läßt die Reaktionsgleichung aufstellen.



Es dürfen nur kleine Substanzmengen verwendet werden, da das gebildete Zink sonst explosionsartig verbrennt (größere Hitzeentwicklung). Ein Überschuß von Zinkoxyd verlangsamt den Ablauf der Reaktion, so daß diese in der angegebenen Weise gefahrlos durchgeführt werden kann.

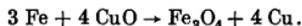
Versuch 13: Reduktion von Kupfer(II)-oxyd durch Eisen

Ziel des Versuches. Es wird ein weiteres Beispiel für die „Reduktion“ gegeben. Auch dieser Versuch kann dazu dienen, die Ableitung der Metallreihe vorzubereiten.

Geräte: Reagenzglasständer, Reagenzglashalter, Reagenzglas, Spiritusbrenner, Stopfen, Lupe, Spatel
Chemikalien: Kupfer(II)-oxyd, Eisenpulver

Ausführung. Man füllt in das Reagenzglas etwa 1 cm hoch Kupfer(II)-oxyd ein und gibt darauf etwa 1,5 cm hoch Eisenpulver. Dann wird das Reagenzglas mit dem Stopfen verschlossen und so lange kräftig geschüttelt, bis beide Stoffe gut vermischt sind. Das Gemisch wird mit einer Lupe betrachtet (Farbe!) und über dem Brenner kräftig erhitzt. Nach der Reaktion wird wiederum die Farbe der Produkte mit der Lupe untersucht.

Auswertung. Beim Erhitzen glüht das Gemenge auf, die Reaktion läuft dann ohne weitere Energiezufuhr ab. Das Eisen reduziert Kupfer(II)-oxyd. Dabei bildet sich aus dem schwarzen Oxyd rotes Kupfer und blauschwarzes Eisen(II,III)-oxyd:



Abwandlung des Versuches. Vor der Zugabe des Eisens kann das Kupfer(II)-oxyd erhitzt und mit einem Holzspan auf Sauerstoffabgabe geprüft werden. Die Probe fällt negativ aus; das Bindungsbestreben von Kupfer zum Sauerstoff ist größer als das von Quecksilber.

Analoge Versuche. Reduktion von Kupfer(II)-oxyd durch Zink. Der Versuch wird entsprechend obiger Beschreibung durchgeführt, die Reaktion verläuft allerdings wesentlich heftiger. Deshalb sind nur kleine Substanzmengen (Spatelspitze) zu verwenden. Auf Grund der verschiedenen Färbung sowohl der Ausgangs- als auch der Endstoffe ist dieser Versuch noch anschaulicher. Die Untersuchung mit der Lupe kann hier unterbleiben.

Vor der Verwendung anderer Gemische muß gewarnt werden, da die Reaktionen häufig unter starker Lichtentwicklung und Explosionserscheinung verlaufen. 

Versuch 14: Reduktion von Wasserdampf durch Magnesium, Eisen oder Zink

Ziel des Versuches. Es soll erkannt werden, daß Wasser ein Oxyd ist und durch einige Metalle reduziert werden kann.

Geräte: Grundgerät 7, Stativ, Spiritusbrenner, Spatel, Reagenzglasstände, Reagenzgläser, Stopfen, Holzspan, feuerfeste Unterlage
Chemikalien: Wasser, Sand, Zinkpulver

Ausführung. In das Reagenzglas A wird etwa 1 ml Wasser gefüllt und so viel Sand hinzugegeben, bis das Wasser aufgesaugt ist. Auf den Sand schüttet man einen Spatel Zinkpulver. Dann ist das Reagenzglas A mit der Gasableitung zu versehen und an das Stativ zu spannen. Nun erhitzt man zunächst das Zinkpulver, indem man mit der Brennerflamme die Reagenzglaswandung nahe dem Zinkpulver befächelt. Anschließend wird auch der feuchte Sand durch Fächeln erhitzt. Nachdem die Luft aus der Apparatur durch die beginnende Gasentwicklung verdrängt ist, fängt man das Gas pneumatisch im Reagenzglas B auf. Sobald dieses gefüllt ist, wird es unter Wasser mit einem Stopfen verschlossen und herausgenommen.

Das aufgefangene Gas kann für die Untersuchungen in den Versuchen 28 und 29 dienen.



Bevor das Erhitzen beendet wird, muß die Gasableitung aus dem Wasser genommen werden, da dieses sonst in das Reagenzglas zurücksteigt und das Glas zerspringen läßt.

Auswertung. Wasserdampf wird in der Hitze von dem Metall Zink reduziert. Dabei entstehen Zinkoxyd und ein Gas, Wasserstoff. Wasser ist also eine Verbindung, in der die Elemente Wasserstoff und Sauerstoff enthalten sind.

Abwandlung des Versuches. Anstelle von Zinkpulver kann die gleiche Menge Eisenpulver, Magnesiumspäne oder Magnesiumband benutzt werden. Bei Verwendung von Eisenpulver muß jedoch wesentlich stärker erhitzt werden. Der Einsatz von Magnesium erfordert hingegen Vorsicht beim Erhitzen, da das Reagenzglas während des Versuches leicht zerspringt. Die Oxydation des Metalls ist jedoch am Magnesium besonders gut zu beobachten.

Die Versuche können auch ohne Sand durchgeführt werden. Man gibt hierbei sehr wenig Wasser direkt zu dem Metallpulver. Dazu sind aber entsprechend größere Mengen der Metalle nötig. Aus diesem Grunde erscheint ein derartiges Vorgehen nachteilig.

Zur Aufstellung der Metallreihe („Reduktion“) können nach obiger Anleitung Versuche mit mehreren Metallen nebeneinander ausgeführt werden. Der Schüler erkennt so das unterschiedliche Bindungsbestreben der Metalle zu Sauerstoff.

Versuch 15: Wasserdampf wird durch Kupfer nicht reduziert

Ziel des Versuches. Es soll der Versuch zur Reduktion von Kupfer(II)-oxyd durch Wasserstoff vorbereitet werden.

Geräte: Grundgerät 7, Reagenzglashalter oder Stativ, Spiritusbrenner, Spatel

Chemikalien: Wasser, Sand, Kupferspäne

Ausführung. In ein Reagenzglas wird etwa 1 ml Wasser gefüllt und Sand hinzugegeben, der das Wasser aufsaugt. Auf den Sand schüttet man einige Kupferspäne und verschließt das Glas mit der Gasableitung. Dann wird das Glas schräg an das Stativ gespannt und das Kupfer von der Seite stark erhitzt. Nach etwa zwei Minuten beginnt man durch Fächeln mit dem Brenner aus dem feuchten Sand Wasser zu verdampfen. Dabei aus dem Reagenzglas entweichendes Gas wird pneumatisch aufgefangen.



Bevor man das Erhitzen beendet, zieht man die Gasableitung wieder aus dem Wasser, weil sonst Wasser ins Glas zurücksteigt.

Auswertung. Wasser wird auch durch stark erhitztes Kupfer nicht reduziert. Die geringe Verfärbung der Kupferspäne ist auf die im Glas enthaltene Luft zurückzuführen. Das pneumatisch aufgefangene Gas erweist sich bei einer Spanprobe ebenfalls als Luft, die beim Erhitzen verdrängt wurde.

Versuch 16: Reduktion von Kupfer(II)-oxyd durch Wasserstoff

Ziel des Versuches. Die reduzierende Wirkung des Wasserstoffs soll erarbeitet werden.

Ausführung a

Geräte: Reagenzglas mit Stopfen und gebogenem Glasrohr, Stativ, Spatel, Pappstreifen, Spiritusbrenner (möglichst zwei), Holzspan

Chemikalien: Wasser, Sand, Eisenpulver, Kupfer(II)-oxyd

Ausführung b

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter oder Stativ, Spatel, zwei Spiritusbrenner, doppelt gebogenes Glasrohr, durchbohrter Stopfen

Chemikalien: Wasser, Sand, Zinkpulver, Kupfer(II)-oxyd

Ausführung a. In das Reagenzglas wird etwa 1 ml Wasser gefüllt und zum Aufsaugen Sand hinzugegeben. Nun führt man eine Papprinne in das waagrecht gehaltene Glas, auf die zuvor zwei Spatel Eisenpulver und etwa 1 cm näher zur Mündung wenig Kupfer(II)-oxyd aufgehäuft wurden (Abb. 4a). Dann dreht man die Rinne um ihre Längsachse und lagert so beide Stoffe getrennt vor dem Sand ab. Ohne das Glas aufzurichten, wird es in den Halter oder an das Stativ gespannt und durch den Stopfen mit Düse verschlossen. Anschließend werden das Kupfer(II)-oxyd und das Eisen gleichzeitig von der Seite stark erhitzt. Dazu sollten möglichst zwei Brenner verwendet werden. Etwas später wird durch Fächeln mit dem Brenner aus dem feuchten Sand gleichmäßig Wasser verdampft.

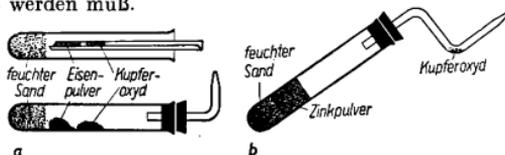
Bei der Ausführung a darf Eisenpulver auf keinen Fall gegen Zink- oder Magnesiumpulver ausgetauscht werden. Vermischen sich diese durch unvorsichtiges Arbeiten mit dem Kupferoxyd, so kann es beim Erhitzen zu heftigen Detonationen kommen.

Ausführung b. Etwa 2 ml Wasser werden in das Reagenzglas gefüllt und zum Aufsaugen Sand hinzugegeben. Auf den Sand schüttet man zwei Spatelspitzen Zinkpulver. Das Kupfer(II)-oxyd wird in das zweimal gebogene Glasrohr (Abb. 4b) gegeben. Man verbindet dieses mit dem Reagenzglas, das fast waagrecht in den Halter oder an das Stativ eingespannt wird. Mit je einem Brenner werden dann das Zink und das Kupfer(II)-oxyd von der Seite stark erhitzt. Sobald das Zink genügend heiß ist, verdampft man durch Fächeln mit dem Brenner das Wasser aus dem feuchten Sand.

Auswertung. Das Kupfer(II)-oxyd wird bei der Ausführung a teilweise und in der Ausführung b bei genügend langer Versuchsdauer vollständig zu Kupfer reduziert. Kalte Glasteile beschlagen hinter dem reduzierten Kupfer mit Wassertröpfchen.

Analoge Versuche. Anstelle des Kupfer(II)-oxyds können auch andere Metalloxyde (PbO , Fe_3O_4 , Fe_2O_3) reduziert werden. Diese Versuche sind jedoch schwieriger durchzuführen, da wesentlich stärker erhitzt werden muß.

Abb. 4
Reduktion von
Kupfer(II)-
oxyd durch
Wasserstoff



Wasser—Wasserstoff

Wasser

Versuch 17: Die Löslichkeit fester Stoffe in Wasser

Ziel des Versuches. Einige Stoffe sollen nach ihrer Löslichkeit in Wasser unterschieden werden.

Geräte: 4 (8) Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel, Glasstab, Objektträger, Spiritusbrenner. Stopfen

Chemikalien: Zucker, Natriumchlorid, reiner Sand, Kohlepulver, destilliertes Wasser, verschiedene Düngemittel (Kali, Ammonsulfat, Düngekalk, Superphosphat)

Ausführung. Die Reagenzgläser werden zu etwa einem Drittel mit destilliertem Wasser gefüllt. Dann gibt man jeweils eine Spatelspitze der festen Stoffe hinein, verschließt die Gläser und schüttelt kräftig.

Auswertung. Zucker, Natriumchlorid, Kali und Ammonsulfat lösen sich im Wasser auf, die anderen festen Stoffe nicht.

Weiterführung des Versuches. Wenige Tropfen der Lösungen werden mit dem Glasstab auf je einen Objektträger gebracht und durch vorsichtiges Erhitzen eingedampft, indem man diesen mehrmals durch die Flamme des Spiritusbrenners zieht oder über die Sparflamme des Bunsenbrenners hält. Als Kontrollversuch werden nach dem Absetzen der unlöslichen Stoffe Tropfen der überstehenden Lösungen in gleicher Weise eingedampft.

Auswertung. Durch Eindampfen können die festen Stoffe aus ihren Lösungen zurückgewonnen werden. Die über den unlöslichen Stoffen stehende Flüssigkeit verdampft ohne deutlichen Rückstand. *Abwandlungen des Versuches.* Es können auch andere lösliche und unlösliche Stoffe benutzt werden.

Versuch 18: Herstellen und Verdünnen einer gesättigten Kochsalzlösung

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Einteilung der Lösungen nach der Menge der gelösten Stoffe kennenlernen.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel

Chemikalien: Natriumchlorid, Wasser

Ausführung. Ein Reagenzglas wird zu etwa zwei Dritteln mit Wasser gefüllt. Dann wird eine Spatelspitze Natriumchlorid hinzugegeben und kräftig geschüttelt. Die Salzzugabe und das Schütteln werden wiederholt, bis sich trotz Schüttelns ein Bodensatz bildet. Anschließend füllt man die Hälfte der gesättigten Lösung in das zweite Glas und verdünnt mit wenig Wasser. Von dieser ungesättigten Lösung gibt man etwa einen Milliliter in das dritte Glas, füllt mit Wasser auf und schüttelt. Zum Schluß wird bei allen drei Lösungen die Geschmacksprobe durchgeführt.

Auswertung. Die drei Lösungen unterscheiden sich in ihrer Konzentration, die erste ist gesättigt, die beiden anderen sind ungesättigt. Wie die Geschmacksprobe ergibt, ist Lösung 2 jedoch erheblich konzentrierter als Lösung 3.

Versuch 19: Erwärmen und Abkühlen einer Kaliumchloridlösung

Ziel des Versuches. Es ist deutlich zu machen, daß die Löslichkeit fester Stoffe von der Temperatur des Lösungsmittels abhängt.

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spatel, Spiritusbrenner*
Chemikalien: *Kaliumchlorid oder Kalidüngesalz, Wasser*

Ausführung. Man füllt ein Reagenzglas etwa zur Hälfte mit Wasser und gibt unter Umschütteln so viel Kaliumchlorid hinzu, daß gerade ein deutlich sichtbarer Bodensatz verbleibt. Dann wird das Reagenzglas erwärmt. Ist die Substanz vollständig gelöst, so läßt man wieder abkühlen. Durch Schwenken des Glases in kaltem Wasser kann das Abkühlen beschleunigt werden. Erwärmen und Abkühlen werden mehrmals wiederholt.

Auswertung. Bei Temperaturerhöhung nimmt die Löslichkeit des untersuchten festen Stoffes zu, beim Abkühlen verringert sie sich.

Abwandlung des Versuches. Man kann auch andere Stoffe für den beschriebenen Versuch verwenden, bei denen die Löslichkeit mit der Temperatur steigt (Kaliumnitrat, Alaun).

Versuch 20: Nachweis von gelösten Stoffen in Gebrauchswasser

Ziel des Versuches. In Leitungs- oder Brunnenwasser sollen gelöste Stoffe nachgewiesen werden. Zum Vergleich werden auch destilliertes Wasser und Regenwasser auf gelöste Stoffe untersucht.

Geräte: *Glasstab, 3 Objektträger, Spiritusbrenner*

Chemikalien: *Leitungs- oder Brunnenwasser, Regenwasser, destilliertes Wasser*

Ausführung. Auf die gut gesäuberten Objektträger bringt man mit dem Glasstab jeweils einen Tropfen der verschiedenen Wässer und dampft über der Flamme des Spiritusbrenners vorsichtig ein.

Auswertung. Leitungs- und Brunnenwasser enthalten gelöste feste Stoffe, die beim Eindampfen als Rückstand verbleiben. Sie unter-

scheiden sich dadurch vom destillierten Wasser und Regenwasser (natürliche Destillation).

Hinweis. Bei Regenwasser kann durch den Gehalt an Staub manchmal ebenfalls ein Rückstand auftreten.

Versuch 21: Das Verhalten flüssiger Stoffe in Wasser

Ziel des Versuches. Flüssigkeiten sollen nach ihrer Mischbarkeit mit Wasser unterschieden werden.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer

Chemikalien: Öl, Brennspritus, Wasser

Ausführung. In je ein Reagenzglas gibt man etwa 1 ml Öl und 1 ml Brennspritus. Dann werden in beide Gläser je 5 ml Wasser gegossen und geschüttelt.

Auswertung. Öl läßt sich nur für die Dauer des Schüttelns im Wasser emulgieren. Danach trennt es sich wieder vom Wasser und sammelt sich an der Oberfläche, Brennspritus mischt sich dagegen mit Wasser.

Weiterführung des Versuches. Man gibt zum Gemisch Spiritus—Wasser weiteren Brennspritus.

Auswertung. Spiritus ist in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar.

Abwandlung des Versuches. Anstelle des Öls können auch andere Flüssigkeiten verwendet werden (z. B. Glycerin, Petroleum).

Versuch 22: Schütteln von Selterswasser

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß in Selterswasser Gas gelöst ist.

Geräte: Reagenzglas

Chemikalien: frisches Selterswasser

Ausführung. Einige Milliliter frisches Selterswasser werden in ein Reagenzglas gegeben und geschüttelt.

Auswertung. Beim Schütteln entweichen Gasblasen; Selterswasser enthält also ein gelöstes Gas.

Abwandlung des Versuches. Zum gleichen Ergebnis können die Schüler beim Öffnen einer Selterswasserflasche gelangen. Hierbei wird besonders deutlich, daß das Gas unter Druck im Wasser gelöst ist und bei Verminderung des Druckes entweicht.¹⁾

Versuch 23: Temperaturabhängigkeit des Lösevermögens von Wasser für Gase

Ziel des Versuches. Es ist nachzuweisen, daß die Löslichkeit von Gasen in Wasser bei Temperaturerhöhung abnimmt.

¹⁾ Es empfiehlt sich, eine entsprechende experimentelle Hausaufgabe zu stellen.

Ausführung a

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner

Chemikalien: abgestandenes Selterswasser

Ausführung b

Geräte: wie bei Ausführung a

Chemikalien: Leitungs- oder Brunnenwasser

Ausführung a. Abgestandenes Selterswasser wird im Reagenzglas vorsichtig erwärmt. Dabei dürfen noch keine Wasserdampfblasen entstehen!

Ausführung b. Ein Reagenzglas wird etwa zu zwei Dritteln mit Leitungs- oder Brunnenwasser gefüllt und vorsichtig erwärmt.

Auswertung. An der Innenwand der Gläser scheiden sich bei vorsichtigem Erwärmen kleine Gasblasen ab, da die Lösbarkeit von Gasen in Wasser bei Temperaturerhöhung abnimmt. Es wird erkennbar, daß Wasser stets etwas gelöste Luft enthält, die durch Erwärmen ausgetrieben werden kann.

Versuch 24: Durchführung einer Destillation

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß man durch Destillation Wasser gewinnen kann, das frei von gelösten festen Stoffen ist. Die Bedeutung der Destillation zur Herstellung von chemisch reinem Wasser ist hervorzuheben.

Geräte: Grundgerät 11, Stativ, Spiritusbrenner

Chemikalien: gefärbtes Wasser, Siedesteinchen¹⁾

Ausführung. In das Reagenzglas A des Grundgerätes 11 gibt man bis etwa zur Hälfte gefärbtes Wasser und einige Siedesteinchen. Das Becherglas wird mit Kühlwasser gefüllt. Nun erhitzt man die Flüssigkeit im Reagenzglas A vorsichtig zum Sieden.

Hinweis. Die Aufmerksamkeit der Schüler muß besonders auf den Raum zwischen den Wandungen der beiden Gläser B gelenkt werden.

Auswertung. Im Reagenzglas B sammelt sich farbloses, chemisch reines Wasser an.

Wasserstoff



Bei Versuchen mit Wasserstoff besteht die Gefahr der Knallgasexplosion. Daher sollten Versuche, in deren Verlauf Wasserstoff in geschlossenen Gefäßen zu erhitzen oder ein Wasserstoffstrom, der mit dem Gasentwickler in Verbindung steht, zu entzünden ist, als Schülerversuche grundsätzlich nicht durchgeführt werden. Bei allen anderen Versuchen mit Wasserstoff sollen die Schüler Schutzbrillen tragen.

¹⁾ Hinweise dazu enthält der Abschnitt „Direktes Erhitzen“ im Kapitel „Allgemeine Arbeitstechniken der organischen Chemie“.

Versuch 25: Wasser ist nicht brennbar

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß sich das Wasser wie andere Oxyde verhält (Vorbereitung der Reduktionsversuche).

Geräte: *feuerfeste Unterlage (Fliese, Dachziegel), Spiritusbrenner, Spatel, Tropfpipette*

Chemikalien: *Magnesium, Brennspritus, Magnesiumoxyd, Kupfer(II)-oxyd, Wasser*

Ausführung. Auf der feuerfesten Unterlage versucht man nacheinander Magnesium, Magnesiumoxyd, Kupfer(II)-oxyd, einige Tropfen Brennspritus und etwas Wasser zu entzünden.

Auswertung. Von den untersuchten Stoffen brennen nur das Magnesium und der Brennspritus. Die anderen drei Stoffe lassen sich auch durch längeres Erhitzen nicht entzünden. Das Verhalten des Wassers ist wie das von Magnesiumoxyd und Kupferoxyd auf die chemische Zusammensetzung zurückzuführen.

Abwandlung des Versuches. Es können auch andere leicht entzündliche feste Stoffe, brennbare Flüssigkeiten und Oxyde als Vergleichssubstanzen verwendet werden.

Versuch 26: Reduktion von Wasserdampf (Analyse von Wasser)

Ziel des Versuches. Es soll die Annahme bestätigt werden, daß das Wasser ein Oxyd ist. Durch die Reduktion von Wasserdampf ist von den Schülern zu ermitteln, aus welchen Elementen das Wasser besteht.

Ausführung wie bei Versuch 14, Seite 29.

Versuch 27: Reduktion von Wasser

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß bestimmte Metalle Wasser bereits bei Raumtemperatur reduzieren.

Ausführung a

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglasständer, Spatel, Spiritusbrenner, Holzspan*

Chemikalien: *Calciumspäne, Wasser*

Ausführung b

Geräte: *Grundgerät 7, Stativ, Spatel, Spiritusbrenner, Holzspan, Stopfen*

Chemikalien: *wie bei Ausführung a*

Ausführung c

Geräte: *Grundgerät 9b, Reagenzgläser mit Stopfen, Spatel, Spiritusbrenner, Holzspan*

Chemikalien: *wie bei Ausführung a*

Ausführung a. Man füllt in das Reagenzglas etwa 1 ml Wasser und stellt es in den Reagenzglasständer. Dann gibt man einige Calciumspäne in das Wasser, verschließt die Mündung des Glases mit dem Daumen und wartet, bis der Druck des sich entwickelnden Gases

genügend groß ist. Schließlich wird das Gas mit einem brennenden Holzspan entzündet.

Ausführung b. Man spannt das Reagenzglas A von Grundgerät 7 an ein Stativ und gibt etwa 1 ml Wasser und einige Calciumspäne hinein. Nun wird sofort das Gasableitungsrohr aufgesetzt und der entweichende Wasserstoff pneumatisch im Reagenzglas B aufgefangen. Ist dieses gefüllt, so verschließt man es unter Wasser mit einem Stopfen.

Ausführung c. In das Reagenzglas mit seitlichem Ansatzrohr von Grundgerät 9 b werden Calciumspäne, in den Tropftrichter etwas Wasser gefüllt. Dann läßt man das Wasser langsam auf das Calcium tropfen. Nachdem die ersten lufthaltigen Gasblasen entwichen sind, fängt man den Wasserstoff pneumatisch in fünf Reagenzgläsern auf und verschließt diese. Das aufgefangene Gas kann für die Versuche 28 und 29 benutzt werden.

Auswertung. Calcium reduziert Wasser bereits bei Raumtemperatur. Dabei wird Wasserstoff frei. Man läßt die Reaktionsgleichung aufstellen.

Hinweis. Die Umsetzung des Calciumoxyds zu Calciumhydroxyd kann im Stoffgebiet Wasser—Wasserstoff noch nicht erörtert werden.

Versuch 28: Verbrennung von Wasserstoff (Synthese des Wassers)

Ziel des Versuches. Die bei der Analyse ermittelte Zusammensetzung des Wassers soll durch eine einfache Synthese bestätigt werden. Die genaue Untersuchung der bei der Synthese entstehenden Flüssigkeit ist im Schülerversuch jedoch nicht möglich, da hierzu mit zu großen Wasserstoffmengen gearbeitet werden müßte.

Geräte: Wasserstoffentwickler und Reagenzglas mit Stopfen oder mit Wasserstoff gefülltes Reagenzglas von Versuch 26 oder 27, Reagenzglasständer, kleiner Rundkolben

Chemikalien: Wasser

Ausführung. Das Reagenzglas wird pneumatisch mit Wasserstoff gefüllt und in den Rundkolben kaltes Wasser gegeben. Dann trocknet man den Kolben außen ab, entfernt den Stopfen vom Reagenzglas, zündet den entweichenden Wasserstoff an und hält sofort den Kolben nahe über die Mündung des Glases, so daß die Wasserstoffflammen gegen ihn schlagen können.

Auswertung. Wasserstoff verbindet sich beim Verbrennen mit dem Sauerstoff der Luft zu Wasser. Daher ist an der Innenwand des Reagenzglases ein Wasserbeschlag zu erkennen. Einen feuchten Beschlag erkennt man ebenfalls am Rundkolben, wenn man den Versuch genügend sorgfältig durchführt.

Versuch 29: Untersuchung der Eigenschaften von Wasserstoff

Ziel des ersten Teilversuches. Es soll geprüft werden, ob Wasserstoff brennbar ist.

Geräte: Reagenzglas (mit Wasserstoff gefüllt, von Versuch 26 oder 27), Reagenzglasständer, Spiritusbrenner, Holzspan

Ausführung a. Man hält über die Mündung des Reagenzglases einen brennenden Holzspan, entfernt den Stopfen und entzündet den entweichenden Wasserstoff.

Ausführung b. Das Reagenzglas wird dem Ständer entnommen und umgedreht. Dann entfernt man den Stopfen und verschließt mit dem Daumen. Nun wird die Mündung des Glases dem Brenner genähert und kurz vor der Flamme freigegeben.

Auswertung. Wasserstoff verbrennt mit kaum sichtbarer, sehr heißer Flamme zu Wasser. Dieses setzt sich teilweise als Beschlag an der Innenwand des Glases ab. Für die Reaktion läßt man die Gleichung aufstellen.

Ziel des zweiten Teilversuches. Die Schüler sollen lernen, die Knallgasprobe durchzuführen.

Geräte: Wasserstoffentwickler (s. Versuch 14), 3 Reagenzgläser, Spiritusbrenner, Spatel, Stopfen

Chemikalien: Sand, Zink, Wasser

Ausführung. Man entwickelt Wasserstoff und fängt ihn in Reagenzgläsern auf. Im Gegensatz zu den Arbeitshinweisen, die bei den vorherigen Versuchen gegeben wurden, ist bereits die erste Blase des entweichenden Gases aufzufangen. Jeweils wenn ein Reagenzglas gefüllt ist, verschließt man es und gibt die Mündung an der Flamme des Spiritusbrenners frei. Der Inhalt der drei Reagenzgläser wird nacheinander in dieser Weise geprüft.

Auswertung. Die erste Probe verpufft meist mit pfeifendem Geräusch, während die folgenden in der Regel bereits ruhig abbrennen. Das pfeifende Geräusch weist darauf hin, daß dem Wasserstoff Sauerstoff beigemischt war.

Ziel des dritten Teilversuches. Es soll die Erkenntnis vermittelt werden, daß Wasserstoff leichter ist als Luft.

Geräte: zwei mit Wasserstoff gefüllte, verschlossene Reagenzgläser von Versuch 26 oder 27, Reagenzglasständer, Stativ, Spiritusbrenner, Holzspan

Ausführung. Man spannt eines der Reagenzgläser mit der Mündung nach unten an das Stativ, das zweite läßt man im Reagenzglasständer stehen. Dann werden möglichst gleichzeitig die Stopfen von beiden Gläsern entfernt. Nach zwei bis drei Minuten (aus Reagenzgläsern entweicht der Wasserstoff viel langsamer als aus Standzylindern) versucht man, den Wasserstoff in beiden Reagenzgläsern mit dem Holzspan zu entzünden.

Auswertung. In dem im Reagenzglasständer stehenden Reagenzglas läßt sich kein Wasserstoff nachweisen, während das mit der Mündung nach unten gehaltene Glas noch Wasserstoff enthält. Wasserstoff ist also leichter als die Luft.

Ziel des vierten Teilversuches. Dem Schüler soll gezeigt werden, daß Wasserstoff im Gegensatz zu Sauerstoff die Verbrennung nicht unterhält.

Geräte: mit Wasserstoff gefülltes Reagenzglas von Versuch 26 oder 27, Stativ, Spiritusbrenner, Holzspan oder sehr dünne Kerze

Ausführung. Das mit Wasserstoff gefüllte und mit einem Stopfen verschlossene Reagenzglas wird mit der Mündung nach unten in das Stativ gespannt. Dann entzündet man den Holzspan, entfernt den Stopfen und führt den brennenden Span von unten bis zum Boden in das Glas ein.

Abwandlungen des Versuches. Die Spitze des Spanes kann vor dem Entzünden in Brennspritus getaucht werden. Nachdem der Span im Glas erloschen ist, zieht man ihn sofort wieder heraus. Der Versuch ist auch mit einer sehr dünnen Kerze durchführbar. Sie wird nach dem Verlöschen ebenfalls sofort wieder herausgezogen.

Auswertung. Der brennende Span entzündet an der Öffnung des Reagenzglases den Wasserstoff, erlischt aber im Glas. Folglich ist Wasserstoff wohl brennbar, unterhält jedoch die Verbrennung nicht. In den Abwandlungen des Versuches entzünden sich, solange der Wasserstoff brennt, der getränkte Span beziehungsweise die Kerze beim Herausziehen wieder an der Wasserstoffflamme.

ERGÄNZUNGEN

Chemische Grundbegriffe und Grundgesetze

Versuch 30: Herstellung, Untersuchung, Trennung und chemische Umsetzung eines Eisen-Schwefel-Gemenges

Ziel des Versuches. Das Experiment dient der Erarbeitung der Begriffe „Element-Verbindung-Gemenge“.

Geräte: *Reibschale mit Pistill, Spatel, festes Kartonstück, Lupe, Spiritusbrenner, Magnet, 2 Reagenzgläser*
Chemikalien: *Eisenpulver, Schwefelpulver, Brennspritus, Wasser*

Ausführung. In eine Reibschale werden ein gehäufte Spatel Eisenpulver und zwei gehäufte Spatel Schwefelpulver gegeben und mit dem Pistill oder dem Spatel innig gemischt. Das Gemenge wird in drei gleiche Teile getrennt. Eine Probe gibt man auf ein Stück Karton und betrachtet sie mit der Lupe. Dann berührt man sie mit einem Magneten. Der mitgerissene Schwefel wird durch Klopfen entfernt. Die zweite Probe wird in ein Reagenzglas gefüllt und mit Wasser, dem man einige Tropfen Brennspritus zugesetzt hat, kräftig geschüttelt. Dann läßt man absetzen. Der Rest des Gemenges ist in ein Reagenzglas zu schütten, das man an das Stativ spannt. Mit dem Brenner wird der Boden des Reagenzglases so lange erhitzt, bis das Gemisch aufglüht. Nun entfernt man die Flamme. Nach beendigter Umsetzung läßt man die glühende Masse etwas erkalten, zerschlägt dann das Reagenzglas in der Reibschale und zerpulvert einen Teil des neuen Stoffes. Proben des Pulvers werden wie das Ausgangsgemisch mit der Lupe betrachtet und mit einem Magneten sowie einem Brennspritus-Wasser-Gemisch untersucht.

Hinweis. Eisen hat das Atomgewicht 55,85 und die Dichte $7,87 \text{ g/cm}^3$; Schwefel das Atomgewicht 32,066 und die Dichte $2,056 \text{ g/cm}^3$. Für die benötigte stöchiometrische Mischung sind also etwa 7 Mengenteile Eisen und 4 Mengenteile Schwefel beziehungsweise 1 Raumteil Eisen und 2 Raumteile Schwefel erforderlich.

Auswertung. Mit der Lupe ist deutlich erkennbar, daß die Eisenpartikelchen und die Schwefelteilchen im Gemenge unverbunden nebeneinander enthalten sind. Das Gemenge kann daher durch einen Magneten leicht getrennt werden. Beim Behandeln mit Wasser, dem etwas Brennspritus als Flotationsmittel zugesetzt wurde, ist die Abtrennung des Schwefels ebenfalls möglich, da er im Schaum an die Wasseroberfläche steigt.

Beim Erhitzen des Eisen-Schwefel-Gemenges entsteht ein neuer

Stoff mit neuen Eigenschaften, eine chemische Verbindung. Diese erscheint auch unter der Lupe völlig einheitlich und kann weder durch den Magneten, noch durch Wasser mit Brennsprituzusatz getrennt werden. Man läßt die Wortgleichung für den chemischen Vorgang aufstellen.

Analoge Versuche. Zur Erarbeitung des Begriffs „Gemeenge“ kann man auch andere Stoffe benutzen, wie Kohlepulver und Sand, Kohlepulver und Eisenfeilspäne, Sägespäne und Sand, Kochsalz und Sand, lösliche Düngesalze und Sand. Die Bestandteile dieser Gemische sind ebenfalls mit der Lupe zu unterscheiden. Die Trennung kann je nach den Eigenschaften der Partner durch Berühren mit dem Magneten (Eisenfeilspäne), durch Aufschlänmen (Kohlepulver) oder durch Herauslösen eines Bestandteils erfolgen (Kochsalz, Düngesalze).

Versuch 31: Feste Stoffe sind teilbar

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß sich ein fester Stoff weitgehend zerteilen läßt. Der Versuch dient der Vorbereitung des Molekülbegriffs.

Geräte: *Reibschale mit Pistill, schwarzes Papier*

Chemikalien: *Kreidestück*

Ausführung a. Ein Kreiderest wird zerbröckelt und teilweise zerpulvert.

Ausführung b. Auf dem schwarzen Papier wird ein kräftiger Kreidestrich gezogen. Dieser wird mit dem Finger immer mehr verbreitert, bis schließlich die Sichtbarkeitsgrenze erreicht und unterschritten wird.

Auswertung. Die Kreide kann in immer kleiner werdende Stücke zerteilt werden. Bei der Ausführung b sind die einzelnen Kreideteilchen schließlich mit dem Auge nicht mehr erkennbar.

Analoge Versuche. Es können auch andere feste Stoffe zerkleinert werden.

Versuch 32: Lösliche Stoffe verteilen sich im Lösungsmittel

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß sich lösliche feste Stoffe in einem Lösungsmittel verteilen und daß ihre Eigenschaften erhalten bleiben, obwohl die Einzelteilchen nicht mehr sichtbar sind. Die Tatsache, daß sich die Teilchen des gelösten Stoffes zwischen denen des Lösungsmittels befinden, gestattet die Schlußfolgerung, daß Stoffe keine einheitlichen Gebilde sind, sondern aus kleinsten Teilchen aufgebaut sein müssen. Damit ist die Ableitung des Molekülbegriffs möglich.

Geräte: *Reagenzglas, Spatel, Glasröhre oder Tropfpipette*

Chemikalien: *Zucker, Wasser*

Ausführung. Ein Spatel Zucker wird im Reagenzglas mit Wasser übergossen und bis zur völligen Auflösung geschüttelt. Dann entnimmt man mit der Glasröhre oder Pipette in verschiedener Höhe (Boden, Mitte, Oberfläche) Proben. Jede Probe wird betrachtet und gekostet.

Auswertung. Alle entnommenen Proben schmecken gleich süß. Der Zucker hat sich also gleichmäßig im gesamten Lösungsmittel verteilt. Mit dem Auge können die Zuckerteilchen nicht mehr wahrgenommen werden.

Hinweis. Es liegt nahe, anstelle von Zucker Kochsalz zu benutzen. Da dieses als Elektrolyt aber in der Lösung nicht in Form von Molekülen, sondern in Ionen dissoziiert vorliegt, sollte man hier auf seine Verwendung verzichten.

Versuch 33: Herstellen einer Verdünnungsreihe

Ziel des Versuches. Die bei den Versuchen 31 und 32 gewonnenen Erkenntnisse sollen bestätigt und vertieft werden.

Geräte: 6 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel
Chemikalien: Kaliumpermanganat, destilliertes Wasser

Ausführung. In einem Reagenzglas löst man einige Kaliumpermanganatkristalle in viel Wasser. Von der Lösung gibt man etwa 1 ml in ein zweites Glas, füllt mit Wasser auf und mischt gleichmäßig durch Umschütteln. In der angegebenen Weise wird die Lösung weiter verdünnt.

Auswertung. Man erhält immer stärker verdünnte Kaliumpermanganatlösungen. Schließlich ist keine Färbung mehr sichtbar. Somit ist bestätigt, daß ein fester Stoff weitgehend in einem Lösungsmittel verteilt werden kann.

Analoge Versuche. Es können auch andere intensiv färbende Stoffe, insbesondere Farbstoffe wie etwa Eosin, verwendet werden.

Versuch 34: Gase verteilen sich in der Luft

Ziel des Versuches. Die in den vorherigen Versuchen gewonnene Erkenntnis soll auf Gase ausgedehnt werden.

Geräte: Reagenzglas, Stopfen, Tropfpipette
Chemikalien: Brennspritus

Ausführung. In ein Reagenzglas wird mit der Tropfpipette ein Tropfen Brennspritus gegeben. Dann verschließt man das Glas mit dem Stopfen und schüttelt. Wenn die Flüssigkeit verdunstet ist, entfernt man den Stopfen und führt die Geruchsprobe durch.

Auswertung. Der Geruch von Brennspritus ist an der Öffnung des Glases und später auch in seiner Umgebung wahrnehmbar.



Analoge Versuche. Es können auch andere, schnell verdunstende, gut erkennbare Flüssigkeiten (z. B. Tetrachlorkohlenstoff, jedoch nur sehr geringe Mengen, da die Dämpfe giftig sind) verwendet werden. Dabei sind jedoch alle leicht brennbaren Stoffe, besonders solche, die mit Luft hochexplosive Gemische bilden (Äther, Petroläther, Benzin) zu meiden. Ähnliche Versuche lassen sich auch mit stark riechenden festen Stoffen, wie zum Beispiel Naphthalin, ausführen. Man kann auch eine experimentelle Hausaufgabe, etwa mit Mottenpulver, stellen.

Versuch 35: Ableitung des Gesetzes von der Erhaltung der Masse

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß bei der Verbrennung die Masse aller beteiligten Stoffe unverändert bleibt.

Geräte: Waage mit Tarierschrot oder Wägesatz, Spiritusbrenner, trockener Lappen, Reagenzglas, Stopfen und etwas Draht, Reagenzglashalter
Chemikalien: Kupferspäne

Ausführung. In das Reagenzglas werden einige Kupferspäne gegeben. Man verschließt das Glas mit einem festsitzenden, gut-schließenden Stopfen (schlechtsitzende Stopfen müssen durch einen Draht gesichert werden), säubert es außen und tariert sorgfältig auf der Waage. Dann wird das Kupfer im Reagenzglas stark erhitzt. Nach der Umsetzung läßt man abkühlen, säubert das Glas erneut und legt es auf die tarierte Waage.

Auswertung. Die Masse aller beteiligten Stoffe ist nach der Verbrennung unverändert. Das Metall wird beim Verbrennen wohl um eine bestimmte Masse Sauerstoff schwerer, da es an der Oberfläche oxidiert wird. Der verbrauchte Sauerstoff wird jedoch der im Reagenzglas befindlichen Luft entzogen, die man vor der Reaktion mitgewogen hat.

Abwandlung des Versuches. Da ein Reagenzglas nur wenig Sauerstoff enthält, wird nur wenig Metalloxyd gebildet. Es ist deshalb auch möglich, kleine Kolben zu verwenden. — Ferner können andere Stoffe, wie Eisen und Zink, im Reagenzglas erhitzt werden. Man kann dabei die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise anwenden. In jedem Falle muß darauf geachtet werden, daß die Reagenzgläser luftdicht verschlossen sind. Besonders gut eignen sich für die Versuche Gläser, in die Metallstücke eingeschmolzen sind.

Versuch 36: Vertiefung des Gesetzes von der Erhaltung der Masse

Ziel des Versuches. Das Gesetz von der Erhaltung der Masse soll an weiteren Beispielen verallgemeinert werden.

Geräte: Waage mit Tarierschrot oder Wägesatz, Reagenzglas, Glühröhrchen oder Backaromafläschchen, Stopfen, Draht
Chemikalien: Kochsalzlösung, Silbernitratlösung

Ausführung. In das Reagenzglas werden 2 ml Kochsalzlösung und in das Glühröhrchen einige Tropfen Silbernitratlösung gegeben. Dann läßt man das kleine Röhrchen langsam in das Reagenzglas gleiten, verschließt mit dem Stopfen und befestigt das Reagenzglas mit einer Drahtschlinge an der Waage. Die Apparatur wird nun auf der Waage sorgfältig tariert. Dann bringt man die Flüssigkeiten durch Schwenken des Reagenzglases zur Reaktion und wägt nochmals.

Auswertung. Die chemische Umsetzung der beiden Lösungen ist an der Fällung deutlich erkennbar. Die Wägung beweist, daß sich auch bei diesem chemischen Vorgang die Masse aller beteiligten Stoffe nicht verändert hat.

Hinweis. Die Reaktion zwischen Natriumchlorid und Silbernitrat kann den Schülern an dieser Stelle noch nicht erklärt werden. Es empfiehlt sich daher, nur mit den Begriffen „Ausgangsstoffe“ und „Endstoffe“ zu arbeiten. Das sichere Erkennen der chemischen Umsetzung ist bei diesem Versuch gewährleistet. Experimentelle Schwierigkeiten treten nicht auf. Man muß lediglich beachten, daß keine Lösungsanteile verschüttet werden.

Analoge Versuche. Es können auch andere Fällungen sowie Farbreaktionen ausgeführt werden.

Versuch 37: Untersuchung des Mengenverhältnisses bei der Umsetzung von Schwefel und Eisen

Ziel des Versuches. Durch Parallelversuche soll qualitativ nachgewiesen werden, daß Stoffe in bestimmten Mengenverhältnissen reagieren. Der Versuch dient der Vorbereitung quantitativer Untersuchungen zur Bestätigung des Gesetzes von den konstanten Proportionen. Er bietet den Vorteil, daß keine Waagen erforderlich sind.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Reibschale, Spatel, Spiritusbrenner, Lupe, Magnet
Chemikalien: Eisenpulver, Schwefelpulver

Ausführung. Eisenpulver und Schwefelpulver werden in drei verschiedenen Verhältnissen¹⁾ gemischt:

- a) zwei Spatelspitzen Eisen und eine Spatelspitze Schwefel,
- b) eine Spatelspitze Eisen und vier Spatelspitzen Schwefel,
- c) ein stöchiometrisches Eisen-Schwefel-Gemenge (z. B. aus 7 g Eisen und 4 g Schwefel bzw. einem Spatel Eisen und zwei Spateln Schwefel).

Die drei Mischungen werden in verschiedene Reagenzgläser gegeben und durch Erhitzen zur Reaktion gebracht. Nach der Umsetzung zerschlägt man die Gläser und untersucht die Reaktionsprodukte mit der Lupe und dem Magneten.

Hinweis. Für diesen Versuch sollten nach Möglichkeit für andere Zwecke nicht mehr verwendbare Reagenzgläser benutzt werden.

¹⁾ Man kann die Schüler getrennt-gemeinschaftlich arbeiten lassen.

Auswertung. Im ersten Reagenzglas erkennt man neben wenig Eisensulfid nicht umgesetztes Eisen, im zweiten neben wenig Eisensulfid nicht umgesetzten Schwefel (entweicht, schlägt sich an den kälteren Reagenzglasanteilen nieder, brennt, wenn das Glas heiß zerschlagen wird). Lediglich im dritten Glas haben sich beide Stoffe vollständig zu Eisensulfid umgesetzt. Es kann gefolgert werden, daß Eisen und Schwefel sich nur dann vollständig umsetzen, wenn sie in einem bestimmten Mengenverhältnis vorliegen.

Versuch 38: Brenndauer zweier Kerzen in verschieden großen Luftvolumen

Ziel des Versuches. Auch dieses Experiment soll das Gesetz der konstanten Proportionen bestätigen.

Geräte: *Becherglas (100 ml), Becherglas (600 ml), Zündhölzer*
Chemikalien: *zwei gleich starke Kerzen, Wasser*

Ausführung. Beide Kerzen werden entzündet. Dann stülpt man gleichzeitig über die brennenden Kerzen zwei verschieden große Bechergläser und ermittelt mit einer Uhr oder durch leises Zählen¹⁾ die Zeit bis zum Verlöschen der Kerzen. Anschließend wird festgestellt, wie oft das Volumen des kleinen Becherglases im großen enthalten ist. Das gefundene Verhältnis der Volumina ist mit der Brenndauer der Kerzen zu vergleichen.

Auswertung. Im großen Glas verlöscht die Kerze später als im kleinen. Das Verhältnis der Kerzenbrennzeiten entspricht etwa dem Verhältnis der Volumina beider Gläser.

Hinweis. Eine gewisse Genauigkeit ist jedoch nur gewährleistet, wenn die Kerzen gleiche Durchmesser und gleiche Dochtlängen besitzen.

Abwandlung des Versuches. Man kann auch mit einer Kerze arbeiten. Die Teilversuche mit den verschieden großen Gläsern werden dabei nacheinander durchgeführt. Es ist ferner möglich, daß die einzelnen Schülergruppen Bechergläser unterschiedlicher Größe benutzen.

Versuch 39: Neutralisation verschiedener Volumina einer Base

Ziel des Versuches. Das Gesetz der konstanten Proportionen soll bestätigt werden.

Geräte: *4 gleich große Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipette*
Chemikalien: *verdünnte Natronlauge, verdünnte Schwefelsäure, Lackmuslösung*

Ausführung. In ein Reagenzglas werden 1 ml, in das zweite 2 ml verdünnte Natronlauge gegeben. Dazu gibt man noch je 3 Tropfen Lackmuslösung. Die beiden anderen Gläser werden gleich hoch mit

¹⁾ Wenn vorhanden, kann in der Klasse ein Metronom aufgestellt werden, das ein Zählen im gleichen Rhythmus ermöglicht.

verdünnter Schwefelsäure gefüllt (etwa 3 ml). Man neutralisiert die Lauge im ersten Glas, indem man mit der Tropfpipette Säure aus dem einen Reagenzglas zugesetzt wird. Anschließend ist die Lauge im zweiten Glas mit Säure aus dem anderen Reagenzglas zu neutralisieren. Der Säureverbrauch in beiden Fällen wird verglichen.

Auswertung. Zur Neutralisation der doppelten Menge Lauge ist auch die doppelte Menge Säure notwendig.

Abwandlung des Versuches. Es können auch andere Laugen, Säuren und Indikatoren verwendet werden.

Versuch 40: Quantitative Reduktion von Kupfer(II)-oxyd

Ziel des Versuches. Das Experiment soll das Gesetz der konstanten Proportionen bestätigen.

Geräte: Grundgerät 8, Grundgerät 10, Porzellanschiffchen, Reagenzglas, Reagenzglasständer, Stativ, Spatel, Bunsenbrenner, Schutzbrille, Waage mit Wägesatz (Genauigkeit mindestens $\pm 0,01$ mg)

Chemikalien: Kupfer(II)-oxyd, Stadtgas

Ausführung. Das Verbrennungsrohr ist waagrecht in das Stativ einzuspannen und mit dem Grundgerät 8 zu verbinden, in dem sich Natronlauge befindet (Abb. 5). Nun wird das Porzellanschiff-

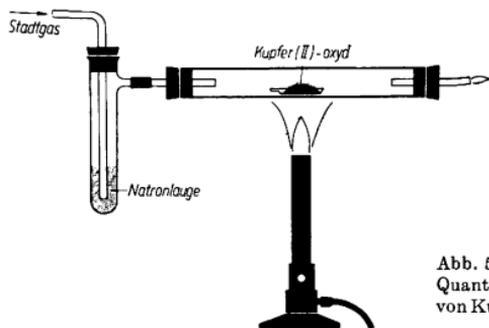


Abb. 5
Quantitative Reduktion
von Kupfer(II)-oxyd

chen zunächst leer und darauf mit etwa $0,5 \text{ cm}^3$ Kupfer(II)-oxyd gewogen. Aus beiden Werten ermittelt man, wieviel Kupfer(II)-oxyd das Schiffchen enthält. Dann wird es in das Verbrennungsrohr eingeführt und Stadtgas durch die Apparatur geleitet. Das ausströmende Gas entzündet man, nachdem die Knallgasprobe ein negatives Ergebnis zeigte. Jetzt wird das Kupfer(II)-oxyd stark erhitzt. Man läßt im Stadtgasstrom erkalten und wägt dann das Schiffchen mit der Substanz.

Auswertung. Kupfer(I)-oxyd wird durch Wasserstoff aus dem Stadtgas reduziert. Dafür ist die Gleichung aufzustellen. Dann

werden die Wägungen ausgewertet. Die Differenz der letzten gegenüber der zweiten Wägung entspricht der bei der Reduktion abgegebenen Sauerstoffmenge, die gegenüber der ersten gibt das reduzierte Kupfer an. Kupfer und Sauerstoff sind im Kupfer(II) oxyd im Mengenverhältnis 4 : 1 verbunden. Bei mehreren Parallelversuchen tritt stets das gleiche Verhältnis auf.

Hinweise. Vielfach wird empfohlen, das Kupfer(II)-oxyd mit Wasserstoff zu reduzieren, den man aus Zink und verdünnter Salzsäure in der Grundapparatur 9 erzeugt. Da das nicht ungefährlich ist, sollte jedoch im Schülerversuch nicht in dieser Weise gearbeitet werden. Auch bei der Verwendung von Stadtgas ist Vorsicht geboten. Der Lehrer muß sich bei allen Schülergruppen von dem negativen Ergebnis der Knallgasprobe überzeugen, bevor das ausströmende Gas entzündet werden darf. Das Waschgefäß mit Natronlauge wurde vor das Verbrennungsrohr gesetzt, damit Reste von Schwefelverbindungen aus dem Gas entfernt werden. Diese können die Bildung von Kupfersulfid verursachen. Wurde in Vorversuchen festgestellt, daß das Gas keine Schwefelverbindungen enthält, so kann das Waschgefäß fortgelassen werden.

Analoge Versuche. In der gleichen Apparatur können auch andere Oxyde (wie Bleioxyd, Eisenoxyd) reduziert werden. Dabei muß jedoch meist wesentlich stärker erhitzt werden.

Versuch 41: Quantitative Bildung von Kupfer(I)-sulfid

Ziel des Versuches. Das Experiment soll das Gesetz der konstanten Proportionen bestätigen.

Geräte: Porzellantiegel, Stativ mit Ring oder Dreifuß, Asbestdrahtnetz, Spiritusbrenner, Waage mit Wägesatz (Genauigkeit mindestens $\pm 0,01$ g)
Chemikalien: Schwefelblume, Kupferblech

Ausführung. In den Porzellantiegel, dessen Masse vorher ermittelt wurde, gibt man eine Spatelspitze Schwefelpulver und einen genau gewogenen Kupferblechstreifen (etwa 0,5 g bis 1 g). Der Tiegel wird dann mit dem Brenner vorsichtig erwärmt. Nach kurzer Zeit glüht der Kupferblechstreifen hell auf. Sobald die Reaktion beendet ist, wird der nicht umgesetzte Schwefel durch starkes Erhitzen vollständig vertrieben (Abzug, Fenster). Die Masse des entstandenen Kupfer(I)-sulfids ist durch Wägung des Tiegels nach dem Erkalten zu bestimmen. Die verbrauchte Schwefelmenge ergibt sich als Differenz zwischen der Masse des gebildeten Kupfer(I)-sulfids und der Masse des eingesetzten Kupfers.

Hinweis. Bei dem Versuch kann außer Kupfer(I)-sulfid in geringer Menge Kupfer(II)-oxyd entstehen. Das ist jedoch ohne Einfluß auf das Ergebnis, da beide Verbindungen gleiches Molekulargewicht besitzen.

Auswertung. Schwefel verbindet sich mit Kupfer im Mengenverhältnis 1 : 4. Bei allen Versuchen tritt stets das gleiche Verhältnis auf. Für die Reaktion ist die Gleichung aufzustellen.

Versuch 42: Beobachtung der Wärmetönung bei der Umsetzung von Natriumhydroxyd mit Schwefelsäure

Ziel des Versuches. Es soll nachgewiesen werden, daß chemische Vorgänge mit Wärmeumsetzungen verbunden sind.

Geräte: Becherglas (150 ml), Becherglas (250 ml), Thermometer bis 100 °C mit $\frac{1}{10}$ Gradeinteilung, Meßzylinder (100 ml), Schutzbrille, Korkstücke
Chemikalien: 10%ige Natronlauge, konzentrierte Schwefelsäure

Ausführung. Die beiden Bechergläser werden ineinandergesetzt und durch Korkstückchen ein gleichmäßiger Abstand der Wandungen gesichert. Dann gibt man 100 ml Natronlauge in das innere Becherglas. Nach dem Umrühren mit dem Thermometer, das man ständig in der Flüssigkeit beläßt, wird die Temperatur abgelesen. In kurzen Abständen wird viermal jeweils 1 ml Schwefelsäure zugegeben, rasch umgerührt und die Temperaturerhöhung am Thermometer abgelesen.

Bei dem Versuch ist eine Schutzbrille zu tragen.

Auswertung. Bei der Umsetzung von Natriumhydroxyd mit Schwefelsäure wird Wärme frei. Die Temperaturerhöhung ist der umgesetzten Stoffmenge proportional. Man läßt die Gleichung für die Reaktion aufstellen.

Hinweis. Es ist zu beachten, daß es nicht möglich ist, aus der Flüssigkeitsmenge, der Temperaturerhöhung und der Molwärme nach der Gleichung

$$I = m \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1)$$

die Neutralisationswärme zu ermitteln. Dazu müßte der Wasserwert der Apparatur bekannt sein. Außerdem enthält die auftretende Wärmemenge neben der Reaktionswärme noch Anteile von Verdünnungs- und Lösungswärme.

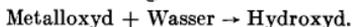


ERGÄNZUNGEN

Basen – Säuren – Salze

Versuch 43: Reaktion von Metalloxyden mit Wasser

Ziel des Versuches. Anhand des Experiments ist die allgemeine Gleichung für die Basenbildung abzuleiten:



Geräte: 3 Bechergläser oder 3 Reagenzgläser, Spatel, Glasstab, Uhrglas oder Abdampfschale, Reagenzglasständer

Chemikalien: Calciumoxyd, Magnesiumoxyd, Lackmuspapier, Kupfer(II)-oxyd, Wasser

Ausführung. Eine Spatelspitze Calciumoxyd wird in einem Becherglas mit etwa 30 ml Wasser übergossen (oder entsprechend kleinere Mengen im Reagenzglas). Man rührt mit einem Glasstab um, läßt das Gefäß dann kurze Zeit ruhig stehen, bis sich das Unlösliche abgesetzt hat, und prüft die Lösung mit Lackmuspapier. Ebenso werden etwas trockenes Calciumoxyd und das verwendete Wasser mit dem Indikatorpapier geprüft.

Weiterführung des Versuches. Man kann ferner etwas Magnesiumoxyd und Kupfer(II)-oxyd in Bechergläser oder Reagenzgläser geben und ebenfalls Wasser hinzugießen. Die Proben sind wiederum mit Lackmus zu untersuchen.

Auswertung. Calciumoxyd verbindet sich mit Wasser zu Calciumhydroxyd. Dafür ist die Gleichung aufzustellen. Calciumhydroxyd ist eine starke Base. Die in unserem Versuch entstandene Hydroxydlösung wird als Kalkwasser bezeichnet. Sie färbt Lackmus blau. Reines Wasser und trockenes Calciumoxyd verändern die Färbung des Lackmuspapiers dagegen nicht.

Magnesiumoxyd bildet mit Wasser ebenfalls ein Hydroxyd. Die wäßrige Lösung von Magnesiumhydroxyd wirkt aber schwächer basisch als Kalkwasser (Metallreihe!). Kupfer(II)-oxyd reagiert mit Wasser nicht. Die über dem Kupfer(II)-oxyd stehende Flüssigkeit verursacht mit Lackmus keinen Farbumschlag.

Analoge Versuche. Es können weitere Oxyde wie Zinkoxyd, Bleioxyd und Natriumoxyd verwendet werden.

Versuch 44: Untersuchung einiger Laugen

Ziel des Versuches. Lösungen verschiedener Stoffe sollen als Basen erkannt werden.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Glasstab, Lappen, Schutzbrille, Brettchen mit Ölfarbenastrich

Chemikalien: verdünnte Natronlauge, verdünnte Kalilauge, Kalkwasser, Lackmuspapier oder Lackmuslösung, Becherglas mit Wasser

Ausführung. In je ein Reagenzglas gibt man einige Milliliter verdünnte Natronlauge, Kalilauge und Kalkwasser. Alle drei Lösungen werden mit Lackmuspapier oder Lackmuslösung geprüft. Dann tropft man mit dem Glasstab wenig Kalilauge auf das mit Ölfarbe gestrichene Brett und reibt nach etwa einer Minute mit dem Lappen darüber.

Auswertung. Die Hydroxydlösungen färben den Lackmusfarbstoff deutlich blau. Ölfarbe wird durch Kalilauge zersetzt und läßt sich mit einem Lappen abwischen.



Vorsicht beim Umgang mit Laugen! Sie wirken stark ätzend! Laugenspritzer dürfen daher unter keinen Umständen in die Augen oder den Mund gelangen. Die Hände sind nach dem Umgang mit Laugen sofort zu waschen. Bei den Versuchen muß eine Schutzbrille getragen werden.

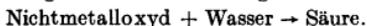
Versuch 45: Zersetzung von Wasser durch metallisches Calcium

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß sehr unedle Metalle Wasser bei Raumtemperatur zersetzen, wobei Basen entstehen.

Ausführung wie bei Versuch 27, Seite 37.

Versuch 46: Darstellung von schwefliger Säure

Ziel des Versuches. Das Experiment dient zur Ableitung der allgemeinen Gleichung für die Säurebildung:



Geräte: Grundgerät 3, Spiritusbrenner, Papprinne, Stopfen

Chemikalien: Schwefelpulver, Lackmuslösung oder Lackmuspapier, Wasser

Ausführung. Man gießt in das Reagenzglas etwa 2 ml Wasser. Dann ist der Verbrennungslöffel mittels der Papprinne mit einer kleinen Menge Schwefelpulver zu füllen, das an der Brennerflamme entzündet wird. Darauf führt man den Verbrennungslöffel in das Reagenzglas ein und verschließt es mit dem Stopfen. Nachdem die Verbrennung beendet ist, wird der Stopfen mit dem Verbrennungslöffel schnell abgenommen, die Öffnung des Glases mit dem Daumen verschlossen und geschüttelt. Nun setzt man der Flüssigkeit einige Tropfen Lackmuslösung hinzu oder wirft einen Streifen Lackmuspapier hinein.

Auswertung. Schwefel verbrennt mit blauer Flamme. Dabei entsteht stechend riechendes Schwefeldioxyd (Gleichung aufstellen!). Schwefeldioxyd wird von dem Wasser leicht aufgenommen. Beim

Schütteln des Glases ist daher ein Unterdruck spürbar. Schwefeldioxyd verbindet sich mit dem Wasser teilweise zu schwefliger Säure (Gleichung aufstellen). Diese färbt Lackmusfarbstoff rot.

Hinweis. Meist entsteht bei dem Versuch infolge der katalytischen Wirkung des eisernen Verbrennungslöffels auch ein wenig Schwefeltrioxyd, das im Gegensatz zum farblosen Schwefeldioxyd weiße Nebel bildet und sich mit Wasser zu Schwefelsäure verbindet.

Analoge Versuche. Es können auch andere Indikatoren verwendet werden, wie Rotkohlauszug, Methylorange und Methylrot.

Versuch 47: Darstellung weiterer Säuren

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die allgemeine Gleichung für die Säurebildung an weiteren Beispielen anwenden.

Geräte: Becherglas (100 ml), Spatel, Spiritusbrenner, Glasstab, Grundgerät 2, Gummistopfen, Grundgerät 9 b als Sauerstoffentwickler (s. Versuch 8)

Chemikalien: Phosphorperoxyd, Lackmuslösung oder Rotkohlauszug, Zeichenkohle, dünner Draht

Ausführung. Eine Spatelspitze Phosphorperoxyd wird in ein Becherglas mit etwa 30 ml Wasser gegeben. Dann rührt man mit dem Glasstab um, bis sich das Oxyd aufgelöst hat und setzt 2 bis 3 Tropfen Indikatorlösung hinzu.

Das Grundgerät 2 wird pneumatisch fast völlig mit Sauerstoff gefüllt und noch unter Wasser mit einem Stopfen verschlossen. Darauf befestigt man an dem Haken des Stopfens von Gerät 2 ein Stück Zeichenkohle und bringt sie zum Glühen. Nun wird rasch der Stopfen auf dem mit Sauerstoff gefüllten Reagenzglas durch den Stopfen von Gerät 2 ersetzt. Nachdem die Verbrennung beendet ist, werden erneut die Stopfen schnell gewechselt, das Reagenzglas umgeschüttelt und das beim Einfüllen des Sauerstoffs im Glas verbliebene Wasser mit Indikatorlösung geprüft.

Auswertung. Phosphorperoxyd verbindet sich heftig mit Wasser. Dabei bildet sich ebenfalls eine Säure, die Phosphorsäure. Sie rötet Lackmuslösung und Rotkohlauszug.



Kohlenstoff verbrennt zu Kohlendioxyd, das sich in Wasser löst und teilweise mit ihm verbindet. Es entsteht Kohlensäure:



Da die Kohlensäure eine schwache Säure ist, wird Lackmus von ihr nur langsam und schwach gerötet.

Versuch 48: Verhalten einiger wichtiger Indikatoren gegenüber basischen und sauren Lösungen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen das Verhalten wichtiger Indikatoren in basischen und sauren Lösungen kennenlernen.

Geräte: 6 Reagenzgläser, Reagenzglasständer
Chemikalien: verdünnte Schwefelsäure, verdünnte Natronlauge, Lackmuslösung, Phenolphthaleinlösung, Rotkohlauszug

Ausführung. Drei Reagenzgläser mit verdünnter Natronlauge und drei Reagenzgläser mit verdünnter Schwefelsäure werden mit je 2 bis 3 Tropfen Lackmuslösung, Phenolphthaleinlösung oder Rotkohlauszug versetzt.¹⁾

Auswertung. Die drei Indikatoren verursachen in basischen und sauren Lösungen unterschiedliche Farbumschläge. Jeder der Indikatoren zeigt jedoch bei allen Säuren beziehungsweise bei allen Basen die gleiche Farbreaktion:

Lackmuslösung: in Säuren rot, in Basen blau;

Phenolphthalein: in Säuren farblos, in Basen kirschrot;

Rotkohlauszug: in Säuren rot, in Basen grün.

Analoge Versuche. Es können auch andere Indikatoren sowie andere Säuren und Basen verwendet werden.

Versuch 49: Untersuchung von Lösungen im Haushalt verwendeter Produkte

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß viele Lösungen, die im Haushalt benötigt werden, basische oder saure Reaktion zeigen.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel

Chemikalien: Einweichmittel „Gemol rapid“, Feinwaschmittel „Fewa“, Wein- oder Speiseessig, Lackmuspapier oder Lackmuslösung, Wasser

Ausführung. Eine Spatelspitze „Gemol rapid“, eine Spatelspitze „Fewa“ und 1 ml Speiseessig werden in je ein Reagenzglas gegeben. Dann füllt man die Gläser bis zu einem Drittel mit Wasser auf und schüttelt. Die Lösungen werden mit Lackmuspapier oder 2 bis 3 Tropfen Lackmuslösung geprüft.

Auswertung. Die „Gemol rapid“-Lösung reagiert basisch. Dieses Einweichmittel wird nur für derbe Gewebe, wie zum Beispiel Leinen, verwendet. Die Lösung von „Fewa“ zeigt neutrale Reaktion. „Fewa“ ist ein Feinwaschmittel für Wolle und Seide, welche von basischen Waschmitteln geschädigt würden. Essig reagiert sauer. Der sauren Wirkung des Speiseessigs bedient man sich, wenn man ihn zur Geschmacksverbesserung manchen Nahrungsmitteln zusetzt.

Analoge Versuche. Es können auch andere Wasch- und Reinigungsmittel untersucht werden, wie das neutrale „Fit“, das basisch reagierende „Persil“ oder Kernseifenlösung, die ebenfalls basisch reagiert. Ferner eignen sich für unsere Versuche auch andere Flüssigkeiten, wie Fruchtsäfte, gesäuerte Milch und Silagesäfte (vgl. dazu auch Versuch 51!).

¹⁾ Bei diesem Versuch können jeweils zwei Schülergruppen zusammenarbeiten.

Versuch 50: Reaktion einiger wichtiger Düngemittel

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß die Düngemittellösungen unterschiedliche chemische Reaktion zeigen.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel

Chemikalien: Kalidüngesalz, Superphosphat, Kalkstickstoff, Lackmuspapier, Wasser

Ausführung. In je ein Reagenzglas wird eine Spatelspitze Kalisalz, eine Spatelspitze Superphosphat und eine Spatelspitze Kalkstickstoff gegeben. Dann versetzt man die Substanzen mit etwa 10 ml Wasser und schüttelt kräftig. Nun läßt man die Gläser kurze Zeit ruhig stehen, damit sich die ungelösten Bestandteile absetzen und prüft schließlich die klaren Lösungen mit Lackmuspapier.

Auswertung. Das Kalisalz reagiert neutral, Superphosphat sauer und Kalkstickstoff basisch. Kenntnisse über die chemische Reaktion der Düngemittel sind für ihre Anwendung wichtig.

Hinweis. Die hier festgestellte chemische Reaktion darf nicht mit der physiologischen Wirkung einiger Düngemittel verwechselt werden, die darauf beruht, daß zum Beispiel der basische Bestandteil eines Salzes von der Pflanze verbraucht wird, während der saure Bestandteil im Boden verbleibt.

Analoge Versuche. Es können auch andere Düngemittel¹⁾ untersucht werden. Genannt seien Kalkammonsalpeter, Thomasmehl, Kaliammonsalpeter oder Ammoniumsulfat.

Versuch 51: Untersuchung einiger organischer Säuren

Ziel des Versuches. Es ist die Erkenntnis zu vermitteln, daß sich die aus dem täglichen Leben bekannten organischen Säuren im Hinblick auf ihre chemische Reaktion wie die anorganischen Säuren verhalten.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Trichter, Filterpapier, Becherglas, Glasstab

Chemikalien: verdünnte Essigsäure, Zitronensäure, saure Magermilch, Lackmuslösung oder Lackmuspapier, Wasser

Ausführung. Man läßt Magermilch an einem warmen Ort einige Tage stehen, rührt mit einem Glasstab um und filtriert durch ein weiches Filter einige Milliliter in ein Reagenzglas. Ein weiteres Glas wird zu einem Drittel mit der Essigsäure gefüllt. In ein drittes gibt man einen Zitronensäurekristall und etwa 5 ml Wasser. Die drei Flüssigkeiten werden nun mit Lackmuslösung untersucht.

Auswertung. Auch die organischen Säuren röten Lackmus. Sie wirken jedoch bedeutend schwächer sauer als die behandelten anorganischen Säuren.

¹⁾ Man sollte die Schüler beauftragen, Proben von Düngemitteln von einer LPG oder einem VEG zu beschaffen.

Analoge Versuche. Es können auch klare Pflanzensäfte wie Zitronensaft, Rhabarbersaft oder Stachelbeersaft untersucht werden. Säfte mit starker Eigenfärbung überdecken die Farbe des Indikators und kommen daher nicht in Betracht.

Versuch 52: Verhalten von Metallen in Säuren

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß sich unedle Metalle unter Gasentwicklung in Säuren lösen. Die Kenntnisse von der Metallreihe sind auf das verschieden starke Lösungsbestreben der Metalle anzuwenden.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer

Chemikalien: Magnesiumspäne, Eisenfeilspäne, Kupferspäne, verdünnte Schwefelsäure

Ausführung. In je ein Reagenzglas werden Magnesiumspäne, Eisenfeilspäne und Kupferspäne gegeben und mit so viel verdünnter Schwefelsäure übergossen, daß das Reagenzglas zu einem Drittel gefüllt ist.

Hinweis. Die Eisenfeilspäne müssen zuvor entfettet werden, weil sie sonst von der Säure oft schwer angegriffen werden. Man entfettet die Feilspäne, indem man sie mit Äther, hochprozentigem Alkohol oder Wundbenzin schüttelt und dann trocknen läßt.



Vorsicht! Es dürfen sich keine offenen Flammen in der Nähe befinden. Ferner ist zu beachten, daß bei Verwendung unreiner Metalle zuweilen giftige, übelriechende Gase auftreten. Von Geruchsproben ist aus diesem Grunde abzusehen. Man sollte bestrebt sein, möglichst reine Substanzen zu beschaffen.

Auswertung. Die Magnesiumspäne und die Eisenfeilspäne reagieren sichtbar mit der verdünnten Schwefelsäure. Sie werden von der Säure gelöst. Während sich Magnesium jedoch sehr heftig unter zum Aufschäumen führender Gasentwicklung umsetzt, verläuft die Gasentwicklung mit Eisen ruhiger. Beim Kupfer sind weder Auflösung noch Gasentwicklung festzustellen. Je weiter die Metalle links in der Metallreihe stehen, je unedler sie also sind, desto stärker sind Auflösung und Gasentwicklung.

Analoger Versuch. Statt Magnesium kann Zink verwendet werden.

Abwandlung des Versuches. Das entstandene Gas kann noch als Wasserstoff identifiziert werden. Dazu stellt man das Reagenzglas in den Reagenzglasständer und nähert der Öffnung des Glases einen brennenden Holzspan.

Versuch 53: Darstellung von Zinksulfat aus Zink und verdünnter Schwefelsäure

Ziel des Versuches. Es soll die erste allgemeine Salzbildungs-gleichung abgeleitet werden:



Geräte: Grundgerät 7, Spiritusbrenner, Tropfpipette oder Glasstab, Objektträger, Reagenzglashalter, Uhrglas

Chemikalien: granuliertes Zink, verdünnte Schwefelsäure

Ausführung. In das Reagenzglas A gibt man einige Zinkgranalien und füllt es etwa zu einem Drittel mit verdünnter Schwefelsäure auf. Dann wird rasch das Ableitungsrohr auf das Glas gesetzt und das sich entwickelnde Gas pneumatisch in dem Reagenzglas B aufgefangen. Hierauf wird das Glas B mit dem Daumen verschlossen und zur Brennerflamme geführt. Dort wird die Glasöffnung freigegeben. Nachdem die Gasentwicklung beendet ist, tropft man etwas Lösung aus dem Reagenzglas A auf einen Objektträger und dampft sie vorsichtig durch leichtes Erwärmen ein. (Mit dem Reagenzglashalter über der Spitze einer kleinen Flamme hin und her bewegen!) Eine weitere Probe der Lösung bringt man auf das Uhrglas und läßt sie eindunsten.

Hinweise. Sollte die Wasserstoffentwicklung schwer in Gang kommen, so empfiehlt es sich, das granulierten Zink vorher für kurze Zeit in Kupfersulfatlösung zu legen. — In der Lösung von Reagenzglas A muß sich noch etwas Zink befinden, wenn man mit ihrer Untersuchung beginnt. Enthält sie nach Beendigung der Gasentwicklung kein Zink mehr, so ist nicht völlig sicher, ob die Säure restlos verbraucht wurde.

Auswertung. Bei der Einwirkung von Schwefelsäure auf Zink entsteht Wasserstoff, der sich bei unserem Versuch im Reagenzglas B ansammelt. Entzündet man ihn, so verbrennt er mit pfeifendem Geräusch, da er etwas Luft enthält. Der Wasserstoff stammt aus dem Säuremolekül.

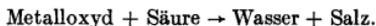
Beim Eindampfen der Lösung bleibt ein weißer Fleck zurück, der aus einem salzartigen Stoff besteht. Aus der bei Raumtemperatur eingedunsteten Lösung scheiden sich kleine Kristalle ab, die unter dem Mikroskop betrachtet werden können.

Abwandlung des Versuches. Die Lösung aus Reagenzglas A kann auch in eine Kristallisierschale oder eine halbe Petrischale filtriert werden. Das klare Filtrat läßt man einige Tage bei Raumtemperatur stehen.

Analoge Versuche. Es können andere unedle Metalle und Säuren benutzt werden. Gesichert sein muß jedoch, daß die dabei gebildeten Salzkristalle gut erkennbar sind. So ist von der Darstellung von Chloriden abzusehen, da diese meist stark hygroskopisch sind.

Versuch 54: Herstellung von Kupfer(II)-sulfat

Ziel des Versuches. Es ist die zweite allgemeine Salzbildungsreaktion abzuleiten:



Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Objektträger, Tropfpipette oder Glasstab, Spatel

Chemikalien: Kupfer(II)-oxyd, verdünnte Schwefelsäure

Ausführung. Man gibt in das Reagenzglas eine Spatelspitze Kupfer(II)-oxyd und fügt etwa 5 ml verdünnte Schwefelsäure hinzu. Dann wird das Glas kräftig geschüttelt und bis zur vollständigen Umsetzung des Oxyds vorsichtig erwärmt. Einen Tropfen der entstandenen klaren Flüssigkeit trägt man mit der Tropfpipette auf den Objektträger auf und dampft ihn durch vorsichtiges, gleichmäßiges Erwärmen ein.

Auswertung. Kupfer(II)-oxyd setzt sich mit verdünnter Schwefelsäure um. Dabei entsteht blaue Kupfer(II)-sulfatlösung. Man läßt die Reaktionsgleichung aufstellen. Durch Eindampfen wird aus der Lösung das Salz gewonnen.

Abwandlung des Versuches. Die Lösung kann ebenfalls im Reagenzglas oder in einer Porzellanschale eingedampft werden. Dazu ist allerdings wesentlich mehr Zeit erforderlich. Besonders schöne Kristalle bilden sich, wenn man die Lösung in einer Abdampfschale langsam eindunsten läßt. Hierbei sollte aber die Menge der zugesetzten Säure so bemessen werden, daß sie sich möglichst vollständig mit Kupfer(II)-oxyd umsetzt.

Analoge Versuche. Anstelle des Kupfer(II)-oxyds können andere Metalloxyde, zum Beispiel Magnesiumoxyd, Calciumoxyd, Zinkoxyd, Aluminiumoxyd oder Eisen(III)-oxyd (die letztgenannten dürfen nicht hochgeglüht sein!) benutzt werden. Die Schwefelsäure kann durch andere verdünnte Säuren ersetzt werden.¹⁾

Versuch 55: Durchführung einer Neutralisation und Eindampfen der entstandenen Lösung

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Neutralisation als weitere Möglichkeit zur Darstellung von Salzen kennenlernen:



Ausführung a

Geräte: *Becherglas, Tropfpipette bzw. Pipettenflasche für Natronlauge, Filterpapier*

Chemikalien: *verdünnte Schwefelsäure, verdünnte Natronlauge, Lackmuslösung*

Ausführung b

Geräte (zusätzlich zu Ausführung a): *Meßpipette, Gummischlauch (10 cm), Quetschhahn, Stativ*

Chemikalien: *wie bei Ausführung a*

Ausführung c

Geräte (zusätzlich zu Ausführung a): *Bürette*

Chemikalien: *wie bei Ausführung a*

Ausführung a. In das Becherglas werden etwa 20 ml stark verdünnte Schwefelsäure gegossen und einige Tropfen Lackmuslösung hinzugesetzt. Dann stellt man das Glas zur Kontraststeigerung auf ein Rundfilter und gibt mit der Pipette so lange tropfenweise verdünnte Natronlauge hinzu, bis die Färbung der Flüssigkeit nach

¹⁾ Die Versuche sind in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeit durchführbar.

Versuch 57: Reinigen eines Salzes durch Umkristallisieren

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen das Umkristallisieren als Arbeitsmethode des Chemikers für die Darstellung von reinen Stoffen kennenlernen.

Geräte: 2 Bechergläser, Trichter, Filterpapier, Glasstab, Spiritusbrenner, Dreifuß mit Tondreieck oder Stativ mit Ring

Chemikalien: Natriumchlorid, Wasser

Ausführung. In einem Becherglas werden etwa 50 ml gesättigte Natriumchloridlösung hergestellt (die Sättigung ist erreicht, wenn sich ein Bodensatz Kochsalz trotz kräftigen Rührens mit einem Glasstab nicht mehr löst). Die gesättigte Lösung wird in das andere Becherglas filtriert und so lange erhitzt, bis sich Kristalle abzuschneiden beginnen. Man läßt nun das Becherglas an einem staubgeschützten Ort einige Tage stehen. Die über dem auskristallisierten Salz stehende Mutterlauge wird abgegossen und das Salz getrocknet.

Auswertung. Durch das Umkristallisieren wurde das Kochsalz von einigen Verunreinigungen befreit. Die meisten Salze, die im Kochsalz als Verunreinigungen enthalten sind, lösen sich leichter als dieses. Daher kristallisiert Kochsalz beim Einengen der Lösung zuerst aus. Die verbleibende Lösung, „Mutterlauge“ genannt, enthält die anderen Salze. Der Reinheitsgrad des gewonnenen Salzes kann durch nochmaliges Umkristallisieren weiter erhöht werden.

Analoge Versuche. Auch andere Salze können durch Umkristallisieren gereinigt werden.

ERGÄNZUNGEN

Kohlenstoff – Silicium

Kohlenstoff

Versuch 58: Adsorption von Farbstoffen durch Aktivkohle

Ziel des Versuches. Die Adsorptionswirkung der Aktivkohle soll veranschaulicht werden.

Ausführung a

Geräte: Reagenzglas mit durchstoßenem Boden¹⁾, 2 Reagenzgläser, Trichter, Rundfilter, Reagenzglasständer, Stativ, Spatel, Glaswatte
Chemikalien: frisch geglühte, gekörnte Aktivkohle, stark verdünnte Tinte²⁾

Ausführung b

Geräte: wie bei Ausführung a, aber ohne Reagenzglas mit durchstoßenem Boden
Chemikalien: frisch geglühte, gepulverte Aktivkohle, stark verdünnte Tinte

Ausführung a. In das Reagenzglas mit durchstoßenem Boden bringt man Glaswatte und füllt gekörnte A-Kohle bis etwa 1 cm unterhalb des Randes ein. Ein anderes Reagenzglas wird zu etwa einem Drittel mit Farbstofflösung gefüllt. Diese Lösung filtriert man zunächst noch einmal wie üblich und läßt sie dann durch die Aktivkohle-Säule sickern. Das Filtrat wird in einem Reagenzglas aufgefangen.

Ausführung b. Die Farbstofflösung wird ebenfalls wie üblich filtriert. Danach gibt man in den Trichter mit dem Filter die gepulverte A-Kohle und läßt die Farbstofflösung noch einmal durchlaufen.

Auswertung. Die Farbstofflösung läuft durch das normale Filter ohne sichtbare Farbveränderung. Läßt man sie jedoch durch eine Aktivkohle-Säule sickern, so hellt sich die Lösung auf. Die Farbstoffteilchen werden von der Kohle adsorbiert.

Abwandlung des Versuches. Statt der beiden Reagenzgläser können 2 kleine Bechergläser verwendet werden. Als Farbstoffe sind auch Malachitgrün, Fuchsin und andere zu benutzen.³⁾ Das Filtrieren als Voruntersuchung kann auch im Demonstrationsversuch durch-

¹⁾ Verwendet werden Reagenzgläser, die für andere Zwecke nicht mehr geeignet sind oder solche, die beim unsachgemäßen Reinigen entzwei gingen. Die scharfen Bruchkanten werden rundgeschmolzen.

²⁾ Bei der Vorbereitung erprobe der Lehrer den günstigsten Verdünnungsgrad.

³⁾ Hierbei kann die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise angewendet werden.

geführt werden. Die Adsorptionswirkung der Aktivkohle wird auch erkennbar, wenn man eine verdünnte Farbstofflösung mit einer Spatelspitze Aktivkohle schüttelt.

Versuch 59: Adsorption von Geruchsstoffen durch Aktivkohle

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß Aktivkohle Gase adsorbiert. Damit wird die experimentelle Grundlage zur Erläuterung der Atemschutzmaske und der Wirkungsweise von Kohlepräparaten zur Darmentgiftung gegeben.

Geräte: 2 Reagenzgläser mit Stopfen, Tropfpipette, Spatel
Chemikalien: Schwefelwasserstoffwasser oder Parfüm, frisch geglühte und gepulverte Aktivkohle

Ausführung. In ein leeres und ein etwa 1 cm hoch mit gepulverter A-Kohle gefülltes Reagenzglas werden je 2 Tropfen Schwefelwasserstoffwasser oder Parfüm gegeben.¹⁾ Man überprüft noch einmal den Geruch. Die Reagenzgläser werden dann mit Stopfen verschlossen und etwa 30 Sekunden kräftig geschüttelt. Danach führt man erneut die Geruchsprobe durch.

Auswertung. In dem Reagenzglas mit Aktivkohle ist nach dem Versuch kein Geruch wahrnehmbar. Die Aktivkohle hat die Gase beziehungsweise Geruchsstoffe adsorbiert.

Abwandlung des Versuches. Statt Aktivkohle kann gepulverte Holzkohle verwendet werden.

Versuch 60: Adsorption von Benzoldämpfen durch Aktivkohle

Ziel des Versuches. Es soll ein weiteres Beispiel für die Adsorptionswirkung der Aktivkohle gegeben werden. Der Versuch kann als experimentelle Grundlage für die Erläuterung der Benzolentfernung aus dem Rohgas im Gaswerk dienen.

Ausführung a (nur durchführbar, wenn Gasanschlüsse an den Arbeitsplätzen vorhanden sind)

Geräte: Y-Stück oder T-Stück, 2 zur Düse ausgezogene Glasrohre von 6 bis 10 cm Länge, 2 Schlauchstücke von etwa 3 cm Länge, etwas Watte, Gasschlauch (evtl. Olive als Reduzierstück erforderlich), Zündhölzer, Tropfpipette (oder Glasstab)

Chemikalien: Benzol, gekörnte, frisch geglühte Aktivkohle

Ausführung b

Geräte: 3 Reagenzgläser, 3 Stopfen, Spatel, Spiritusbrenner, Tropfpipette
Chemikalien: Benzol, geglühte und gepulverte Aktivkohle, Sand

Ausführung a. Die Apparatur wird entsprechend der Abbildung 6 aufgebaut. Die Watte ist nur mit so wenig Benzol zu befeuchten, daß der Gasstrom nicht beeinträchtigt wird (etwa 2 Tropfen). Gepul-

¹⁾ Man kann die eine Hälfte der Arbeitsgruppen in der Klasse mit Schwefelwasserstoffwasser, die andere mit Parfüm arbeiten lassen.

verte Aktivkohle ist für den Versuch ungeeignet. Nach dem Öffnen des Gashahnes wird das Gasgemisch an beiden Düsen entzündet.

Ausführung b. Ein Reagenzglas wird 1 cm hoch mit Sand, das zweite 1 cm hoch mit gepulverter A-Kohle gefüllt. In diese beiden und ein drittes leeres Reagenzglas gibt man mit der Pipette je 2 bis 3 Tropfen Benzol, verschließt mit Stopfen und schüttelt längere

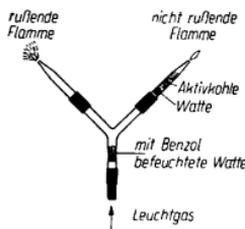


Abb. 6
Adsorption von Benzoldämpfen durch Aktivkohle

Zeit kräftig. Dann reinigt man die Öffnungen der ersten beiden Gläser mit etwas Filterpapier rasch von Sand beziehungsweise Kohleteilchen und bringt die Reagenzglas­mündungen an die Flamme.

Benzoldämpfe sind giftig! Daher muß bei der Durchführung von Versuchen mit Benzol für eine gute Durchlüftung des Raumes gesorgt werden!

Hinweis. Die Aktivkohle kann wieder gereinigt werden, indem man sie in Eisen- oder Porzellanschalen ausglüht.

Auswertung a. Das Leuchtgas reißt aus der getränkten Watte Benzoldämpfe mit. Diese verursachen das Rußen der Flamme an dem Schenkel des Verteilerstückes, in dem sich keine Aktivkohle befindet. An der Düse des mit Aktivkohle gefüllten Glasrohres tritt längere Zeit keine Rußbildung auf, da die vom Gas mitgeführten Benzoldämpfe adsorbiert werden.

Auswertung b. Das Benzol-Luft-Gemisch im letzten Reagenzglas ist brennbar. Auch im zweiten Reagenzglas kann das Gasgemisch entzündet werden, da der Sand nicht das gesamte Benzol zu binden vermag. Die A-Kohle hat das Benzol dagegen nahezu restlos adsorbiert; es tritt daher entweder keine Flamme auf, oder sie verlöscht sofort wieder.

Versuch 61: Oxydation des elementaren Kohlenstoffs

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Graphit verbrennen und das Verbrennungsprodukt Kohlendioxyd nachweisen.

Ausführung a

Geräte: schwer schmelzbares Reagenzglas mit Stopfen, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner

Chemikalien: Bleistiftminen (Fettschicht vorher abbrennen!), Kalkwasser

Ausführung b

Geräte: Grundgerät 9a, Reagenzglasständer, Schlauchstück (3 cm), Grundgerät 10, Porzellanschiffchen, rechtwinklig gebogenes Glasrohr, Stativ oder Reagenzglashalter, Becherglas oder Reagenzglas, Pinzette, Bunsenbrenner

Chemikalien (zusätzlich zu a): Braunstein, 3 bis 5%ige Wasserstoffperoxydlösung, Glaswolle

Ausführung a. Zerbrochene Bleistiftminen werden im Reagenzglas zum Glühen erhitzt. Das Glas wird rasch mit dem Stopfen verschlossen. Nach dem Abkühlen setzt man Kalkwasser hinzu und schüttelt.

Ausführung b. Die Apparatur wird entsprechend der Abbildung 7 aufgebaut. Das Grundgerät 9a stellt man in den Reagenzglasständer, das Verbrennungsrohr wird an das Stativ gespannt und mit dem Reagenzglashalter gehalten. Dann erhitzt man die zerleinerten Minen zum Glühen und leitet den im Grundgerät 9a erzeugten Sauerstoff darüber. Dabei wird das Kalkwasser beobachtet.

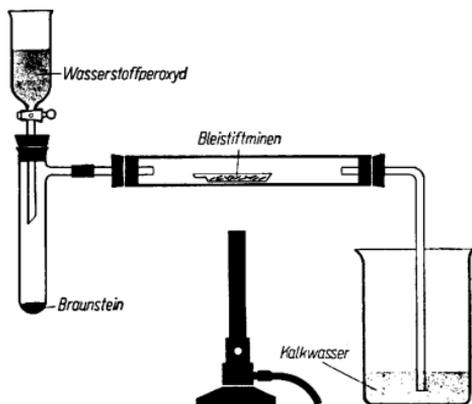


Abb. 7 Glühen von Bleistiftminen im Sauerstoffstrom und Nachweis des entstehenden Kohlendioxyds

Auswertung. Bei der Verbrennung von Graphit entsteht Kohlendioxyd, das eine Trübung des Kalkwassers hervorruft. Für die Vorgänge sind die Gleichungen aufzustellen.

Abwandlung des Versuches. Bei Ausführung b kann anstelle des Verbrennungsrohres ein gerades Chlorcalciumrohr benutzt werden.

Analoger Versuch. Statt des Graphits sind die verschiedenen Kohlearten zu verwenden.

Versuch 62: Eigenschaften des Kohlendioxyds

Ziel des Versuches. Es sollen einige Eigenschaften des Kohlendioxyds untersucht werden.

Geräte: Grundgerät 9a, Schlauchstück (etwa 20 cm), gebogenes Glasrohr mit langem Schenkel (mindestens 12 cm), 2 kleine Standzylinder (11 cm hoch, 6 cm \varnothing), Reagenzglas, Spiritusbrenner, Kerzenstumpf mit Draht, 2 Tropfpipetten

Chemikalien: Marmor, konzentrierte und verdünnte Salzsäure, konzentrierte Ammoniaklösung, neutrale Lackmuslösung, destilliertes Wasser

Ausführung. Im Grundgerät 9a wird aus Marmor und verdünnter Salzsäure Kohlendioxyd erzeugt. Die Gasentwicklung ist nach Bedarf durch die Salzsäurezugabe zu regeln. Das Kohlendioxyd wird durch das gebogene Glasrohr zunächst in einen Standzylinder geleitet. Dabei muß das Einleitungsrohr bis auf den Boden des Zylinders reichen. Dann prüft man mehrmals mit der brennenden Kerze, wie hoch das Gefäß mit Kohlendioxyd gefüllt ist, und gießt das Gas schließlich vorsichtig in den anderen Standzylinder um. Nun wird der Inhalt beider Zylinder erneut mit der brennenden Kerze geprüft. Anschließend leitet man in ein zu einem Drittel mit destilliertem Wasser gefülltes Reagenzglas, in das einige Tropfen Lackmuslösung gegeben werden, Kohlendioxyd ein, verschließt mit dem Daumen oder mit einem Stopfen und schüttelt kräftig.

Hinweis. Beim Einfüllen von Marmor müssen Glasgeräte schräg gehalten werden, da die scharfkantigen Marmorstücke durch Aufprall das Glas ritzen können. So beschädigtes Glasgerät zerspringt leicht.

Auswertung. Calciumcarbonat (Marmor) und Salzsäure setzen sich miteinander um. Dabei entsteht Kohlendioxyd. Man läßt die Gleichung aufstellen. Kohlendioxyd ist schwerer als Luft. Daher können Gefäße durch Luftverdrängung damit gefüllt werden. Man kann das Gas wie eine Flüssigkeit umgießen. Kohlendioxyd ist unbrennbar und unterhält die Verbrennung nicht. Es löst sich in Wasser. Das ist an dem entstehenden Unterdruck im Reagenzglas zu erkennen. Dabei entsteht eine Säure, weil sich ein Teil des gelösten Gases mit Wasser umsetzt. Auch hierfür wird die Gleichung aufgestellt.

Abwandlungen des Versuches. Als Gasentwickler ist auch ein Reagenzglas mit durchstoßenem Boden zu benutzen, das in ein Becherglas mit verdünnter Salzsäure getaucht wird (Abb. 8). Der Versuch kann noch anschaulicher durchgeführt werden, indem man in einen Standzylinder mit den Pipetten je einen Tropfen konzentrierte Salzsäure und Ammoniaklösung gibt. Dadurch kann man das Umfüllen besser beobachten. Statt der Standzylinder sind auch Bechergläser (100 ml, hohe Form) geeignet.

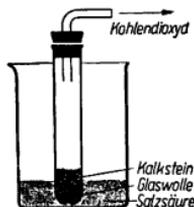


Abb. 8
Einfaches Gerät zur Darstellung von Kohlendioxyd

Versuch 63: Prüfung des Kohlendioxydgehaltes von ein- und ausgeatmeter Luft

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen den unterschiedlichen Kohlendioxydgehalt von eingatmeter und ausgeatmeter Luft feststellen. Damit wird die Notwendigkeit, die Aufenthaltsräume der Menschen und verschlossene Ställe zu lüften, experimentell begründet.

Geräte: Reagenzglasständer, 2 Grundgeräte 8, Y- oder T-Stück, 3 Schlauchstücke (10 cm, 10 cm, 20 cm), rundgeschmolzenes Glasrohr (5 cm) als Mundstück (aus hygienischen Gründen für jeden Schüler)
Chemikalien: Kalkwasser

Ausführung. In beide Reagenzgläser wird je etwa 3 cm hoch Kalkwasser eingefüllt. Man stellt sie in den Reagenzglasständer und verbindet sie entsprechend Abbildung 9 miteinander. Dann wird

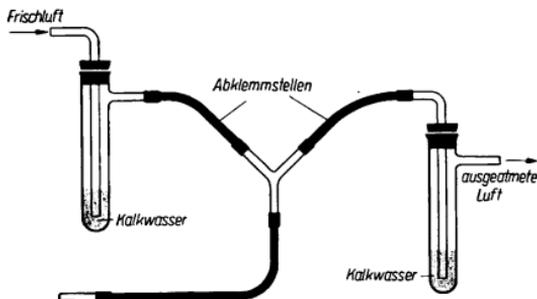


Abb. 9 Versuchsapparat zum Nachweis von Kohlendioxyd in der Atemluft

das im längeren Schlauchende befindliche Glasrohr in den Mund genommen und langsam hindurchgeatmet. Beim Einatmen klemmt der Schüler mit Daumen und Zeigefinger der rechten Hand das rechte Schlauchverbindungsstück ab, beim Ausatmen mit der linken Hand das linke.

Auswertung. Das Kalkwasser wird in beiden Reagenzgläsern getrübt. Im rechten Glas ist die Trübung jedoch erheblich stärker als im linken. Man läßt die Gleichung für die Reaktion aufstellen. Die ausgeatmete Luft enthält wesentlich mehr Kohlendioxyd als die uns umgebende Luft.

Hinweis. Der Versuch ist rechtzeitig abzubrechen, da sich das praktisch unlösliche Calciumcarbonat bei längerem Einleiten von Kohlendioxyd in lösliches Calciumhydrogencarbonat umwandelt.

Abwandlung des Versuches. Man kann noch einfacher nachweisen, daß der Kohlendioxydgehalt ausgeatmeter Luft den der atmosphärischen übertrifft. Dazu füllt man einen Standzylinder oder ein großes Reagenzglas pneumatisch mit ausgeatmeter Luft: Nachdem einige Sekunden die Luft angehalten wurde, atmet man langsam durch einen Schlauch aus. Man beginnt jedoch erst nach 2 bis 3 Sekunden, sobald die im Schlauch befindliche Luft verdrängt ist, das Gas im Standzylinder aufzufangen. Der Zylinder wird dann unter Wasser mit einer Glasplatte verschlossen, herausgenommen und umgedreht. Das Gas ist mit einer brennenden Kerze zu prüfen. Dann gibt man einige Milliliter Kalkwasser in das Gefäß und schüttelt.

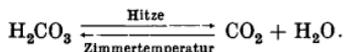
Versuch 64: Zerfall und Bildung der Kohlensäure

Ziel des Versuches. Am Beispiel der Kohlensäure soll der Begriff „umkehrbare Reaktion“ abgeleitet werden.

Geräte: Spiritusbrenner, 3 Reagenzgläser, dazu passender durchbohrter Stopfen, Glasrohrstück (5 cm), gebogenes Glasrohr mit langem Schenkel (17 cm), Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Schlauchstück (etwa 10 cm)
Chemikalien: neutrale Lackmuslösung (violett), destilliertes Wasser, Selterswasser

Ausführung. Man stellt zwei Reagenzgläser in den Reagenzglasständer und gießt je 2 ml destilliertes Wasser ein, dem etwas Lackmuslösung zugesetzt wird. Ein weiteres Reagenzglas wird zu etwa einem Drittel mit Selterswasser gefüllt. Dann gibt man ein wenig Lackmuslösung hinzu und verschließt das Glas mit dem Stopfen, durch den ein Glasrohr führt. Dies wird durch das Schlauchstück mit dem rechtwinkligen Rohr beweglich verbunden. Nun führt man die Gasableitung bis zum Boden in eines der beiden Reagenzgläser mit Wasser ein und erhitzt das Selterswasser, bis ein deutlicher Farbumschlag erkennbar ist. Dabei wird das Reagenzglas mit Wasser, in das die Gasableitung ragt, beobachtet und die Färbung der Flüssigkeiten in den beiden im Reagenzglasständer befindlichen Gläsern verglichen. Abschließend zieht man zunächst das Gasableitungsrohr aus der Lösung und hört erst dann auf zu erhitzen.

Auswertung. Bei Zugabe von violetter Lackmuslösung zu Selterswasser tritt die für Säuren charakteristische Rotfärbung auf. Erhitzt man die Flüssigkeit, so verändert sich jedoch ihr Aussehen. Das Kohlendioxyd entweicht. Es setzt sich im zweiten Reagenzglas mit Wasser erneut zu Kohlensäure um, wie der Farbumschlag des Indikators beweist. Mit Hilfe der Vergleichslösung sind die Farbveränderungen gut erkennbar. Der Versuch zeigt auch, daß die Kohlensäure durch Erhitzen nicht konzentriert werden kann:



Versuch 65: Bildung und Zerfall von Calciumhydrogencarbonat

Ziel des Versuches. Es soll ein weiteres Beispiel einer umkehrbaren Reaktion gegeben werden. Der Versuch kann die Erläuterungen zur Kesselstein- und Tropfsteinbildung unterstützen.

Ausführung a

Geräte: Reagenzglas, Becherglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner
Chemikalien: Selterswasser, Kalkwasser

Ausführung b

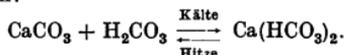
Geräte: Grundgerät 6, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner
Chemikalien: Marmor, verdünnte Salzsäure, Kalkwasser

Ausführung a. In das Reagenzglas gießt man etwa 4 ml Kalkwasser und setzt langsam aus dem Becherglas Selterswasser hinzu, bis eine

deutliche Trübung auftritt. Es wird weiter Selterswasser bis zur Auflösung des Niederschlages hinzugegeben. Die erhaltene Lösung wird erhitzt.

Ausführung b. Mit Marmor und verdünnter Salzsäure wird im Reagenzglas A Kohlendioxyd erzeugt und in Kalkwasser geleitet, das zuvor in Reagenzglas B gegeben wurde. Die Gasentwicklung ist abzubrechen, wenn der anfänglich gebildete Niederschlag wieder verschwindet. Anschließend erhitzt man die Lösung.

Auswertung. Kohlensäure bildet mit Kalkwasser unlösliches Calciumcarbonat. Dieses setzt sich mit weiterem Kohlendioxyd und Wasser zu löslichem Calciumhydrogencarbonat um, das beim Erhitzen wieder zerfällt. Man läßt die Gleichungen für die Reaktionen aufstellen:



Abwandlung des Versuches. Das Becherglas in Ausführung a kann durch ein Reagenzglas ersetzt werden, in das man einen zur Spitze gerissenen feuchten Filterpapierstreifen klebt und am Reagenzglasrande knickt. So wird es möglich, die Kohlensäure auch aus dem Reagenzglas tropfenweise zuzugeben.

Versuch 66: Die Einwirkung von Kohlendioxyd auf Natriumcarbonat

Ziel des Versuches. Aus Kristallsoda und Kohlendioxyd soll Natriumhydrogencarbonat dargestellt werden.

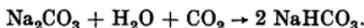
Geräte: Grundgerät 9a, Manometerrohr (gebogenes Glasrohr), Saugflasche in Erlenmeyerform mit Stopfen, Schlauchstück (3 cm), Spatel, Schlauchstück (20 cm), Glasrohr mit langem Schenkel
Chemikalien: Marmor, verdünnte Salzsäure, Kristallsoda, Wasser, Tinte

Ausführung. In die Saugflasche wird so viel Kristallsoda geschüttet, daß der Boden bedeckt ist. Die Schicht feuchtet man mit wenig Wasser (etwa 1 ml) an. Nun wird im Gasentwickler Kohlendioxyd erzeugt und durch Luftverdrängung in die Saugflasche geleitet. Danach verschließt man das Gefäß mit dem Stopfen und verbindet es mittels des kurzen Schlauchstückes rasch mit dem Manometerrohr, in dem sich mit Tinte angefärbtes Wasser befindet (Abb. 10). Der Manometerstand wird beobachtet.



Abb. 10 Reaktion von Natriumcarbonat mit Kohlendioxyd

Auswertung. Das gefärbte Wasser im Manometerrohr wird zur Saugflasche hin angesaugt. Der Unterdruck entsteht durch die Umsetzung des Natriumcarbonats (Kristallsoda) mit dem Kohlendioxyd zu Natriumhydrogencarbonat. Es ist die Gleichung aufzustellen:



Hinweis. Da die Schüler annehmen könnten, der in der Saugflasche entstehende Unterdruck wäre allein auf die Lösung des Kohlendioxyds in dem Wasser zurückzuführen, empfiehlt es sich, eine Blindprobe anzustellen. Dabei gibt man nur 1 ml Wasser in die Saugflasche und leitet Kohlendioxyd ein.

Abwandlung des Versuches. Anstelle der Saugflasche kann ein großes Reagenzglas mit seitlichem Ansatzrohr verwendet werden. Das Manometerrohr läßt sich durch ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr ersetzen, das in ein Becherglas mit gefärbtem Wasser eintaucht.

Versuch 67: Einwirkung von Säuren auf Carbonate und Hydrogencarbonate

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß die Kohlensäure durch schwerer flüchtige Säuren aus ihren Salzen verdrängt wird.

Geräte: Grundgerät 6, Reagenzglasständer, Tropfpipette, Spatel
Chemikalien: Natriumcarbonat, Magnesiumcarbonat, Calciumcarbonat, Natriumhydrogencarbonat, Calciumhydrogencarbonat, Kalkwasser, verdünnte Salzsäure, verdünnte Schwefelsäure

Ausführung. In das Reagenzglas A des Grundgerätes 6 wird etwa 0,5 cm hoch feste Substanz¹⁾ eingefüllt. Dann gibt man eine der beiden Säuren mit der Pipette hinzu und verschließt das Reagenzglas rasch. Durch das Gasableitungsrohr wird das entweichende Gas in Reagenzglas B geleitet, das etwa 2 ml Kalkwasser enthält.

Auswertung. Carbonate und Hydrogencarbonate setzen sich mit Salzsäure oder Schwefelsäure um. Dabei werden Chloride beziehungsweise Sulfate gebildet. Die verdrängte Kohlensäure zerfällt in Kohlendioxyd und Wasser. Man läßt die Gleichung aufstellen.

Abwandlung des Versuches. Der Nachweis von Kohlendioxyd kann mit einem schwarz angestrichenen, in Kalkwasser getauchten Glasstab durchgeführt werden. Dann wird statt des Grundgerätes 6 nur ein Reagenzglas benötigt, über dessen Öffnung man den Glasstab hält.

Versuch 68: Bestimmung der temporären Härte von Leitungswasser

Ziel des Versuches. Durch Titration soll die temporäre (Carbonat-) Härte im Leitungswasser ermittelt werden, die vor allem durch Calciumhydrogencarbonat verursacht wird.

Geräte: Bürette, Meßzylinder (100 ml), Becherglas (250 ml), Blatt weißes Papier, Stativ mit Bürettenklemme, Tropfpipette
Chemikalien: 0,1 n Salzsäure, 0,02%ige Methylrotlösung, Leitungswasser

¹⁾ Empfohlen wird die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise, wobei jede Arbeitsgruppe zwei Substanzen untersucht.

Ausführung. Mit einem Meßzylinder werden 100 ml Leitungswasser abgemessen und in das Becherglas gegeben. Dazu fügt man 5 Tropfen Methyrolösung als Indikator. Die Flüssigkeit nimmt eine gelbe Färbung an. Man titriert mit Salzsäure aus der Bürette, bis gerade ein Farbumschlag nach orangerot eintritt. Dabei muß das Becherglas ständig geschüttelt werden. Der Verbrauch an Salzsäure wird an der Bürette abgelesen. Man führt drei Messungen durch und bildet das arithmetische Mittel.

Auswertung. Da Lösungen von Calciumhydrogencarbonat infolge Hydrolyse basisch reagieren, kann die Wasserhärte mit Salzsäure maßanalytisch bestimmt werden. Für die Titration der untersuchten Menge Leitungswasser sind im arithmetischen Mittel x ml 0,1 n Salzsäure erforderlich. 1 l 1 n Salzsäure entspricht 0,5 Mol, also 28 g Calciumoxyd. Folglich kommen 1 ml 1 n Salzsäure 28 mg, 1 ml 0,1 n Salzsäure 2,8 mg Calciumoxyd zu. Nun ist zu ermitteln, welcher Menge Calciumoxyd die beim Versuch verbrauchte Salzsäure entspricht. Das Ergebnis lautet allgemein:

$$x \text{ ml } 0,1 \text{ n HCl} \sim x \cdot 2,8 \text{ mg CaO.}$$

In deutschen Härtegraden angegeben (1° d. H. ~ 1 mg CaO):

$$x \text{ ml } 0,1 \text{ n HCl} \sim x \cdot 2,8^\circ \text{ d. H.}$$

Versuch 69: Herstellen und Abbinden von Mörtel

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen das Löschen von Kalk sowie die Herstellung und das Abbinden von Mörtel kennenlernen.

Geräte: Abdampfschale, Becherglas, Thermometer, Spatel, Fliese oder Keramikplatte, Tropfpipette, Schutzbrille, Glasstab

Chemikalien: frisch geglühtes Calciumoxyd (Brannkalk), Kies oder grober Sand, rotes Lackmuspapier, Wasser

Ausführung. In die Abdampfschale gibt man etwa 2 bis 3 g Calciumoxyd und steckt das Thermometer mit der Kugel in das Pulver. Dann tropft man mit der Pipette vorsichtig Wasser darauf und beobachtet das Thermometer.

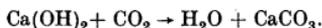
Eine Spatelspitze des gelöschten Kalks ist im Becherglas mit Wasser zu verrühren. Nach dem Absetzen des Unlöslichen ist mit Lackmuspapier zu prüfen.

Nun gibt man zu dem restlichen Löschkalk in der Abdampfschale die dreifache Menge Kies und verrührt die Bestandteile mit etwas Wasser. Das entstehende Gemisch ist auf der Fliese auszustreichen. Nach einer Woche ist der Aufstrich zu prüfen.



Brant- und Löschkalk sind stark ätzende Substanzen. Die Schüler müssen deshalb bei der Durchführung des Versuches Schutzbrillen tragen. Sie dürfen die Substanzen nicht mit den Händen berühren. Kommen dennoch Spritzer auf die Haut, so ist sofort mit reichlich Wasser und Borsäurelösung zu behandeln.

Auswertung. Calciumoxyd (Brantkalk) setzt sich mit Wasser unter starker Erwärmung zu Calciumhydroxyd (Löschkalk) um. Durch Vermengen mit Kies erhält man Mörtel, der nach etwa einer Woche zu einer festen Masse abbindet.



Versuch 70: Prüfung verschiedener Substanzen auf Carbonatgehalt

Ziel des Versuches. Es ist der Kalkgehalt (Carbonatgehalt) in tierischen und technischen Produkten nachzuweisen.

Geräte: 3 Reagenzgläser oder Uhrgläser, Tropfpipette, Spatel
Chemikalien: Straßenstaub, Sand, Düngemittel, Schnecken- und Muschelschalen, geglühte Knochen, Zahnpasta, Wandputz, Tafelkreide, Schlammkreide, Mineralien und Gesteine aus der Umgebung des Schulortes, verdünnte Salzsäure

Ausführung. Die verschiedenen Stoffe¹⁾ werden in Reagenzgläser gegeben und mit Salzsäure betropft.

Auswertung. Aus der Reaktion mit Salzsäure ist zu schließen, daß die Stoffe unterschiedliche Kalkmengen enthalten. Ist keine Gasentwicklung feststellbar, so enthält die Substanz kein Calciumcarbonat. Schwaches, kurzes Aufbrausen läßt auf sehr wenig Kalk schließen, schwaches, anhaltendes Aufbrausen gibt etwas größeren Kalkgehalt an. Lebhaftes, länger anhaltendes Gasentwicklung deutet auf hohen Kalkgehalt hin.

Abwandlung des Versuches. Das Gas kann mit Kalkwasser mittels des Grundgerätes 6 oder eines schwarzen Glasstabes geprüft werden.

Versuch 71: Entgasung der Kohle

Ziel des Versuches. Kohle soll durch Erhitzen unter Luftabschluß zersetzt werden. Damit wird eine experimentelle Grundlage für die Erläuterung der technischen Entgasung gegeben.

Ausführung a

Geräte: Reagenzglas mit durchbohrtem Stopfen, Grundgerät 8, Schlauchstück (3 cm), Glasrohrdüse (5 cm), Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Kerze oder Holzspan, Spatel

Chemikalien: Braunkohle oder Brikett, Bleiacetatpapier

Ausführung b

Geräte (zusätzlich zu a, jedoch ohne Glasrohrdüse): Gasableitungsrohr, großes Becherglas, pneumatische Wanne, Reagenzglas

Chemikalien (zusätzlich zu Ausführung a): Wasser

Ausführung c

Geräte: Grundgerät 4, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Kerze oder Holzspan

Chemikalien: wie bei Ausführung a

¹⁾ Die Arbeitsgruppen erhalten je drei der zu untersuchenden Stoffe.

Ausführung a. Das Reagenzglas wird zur Hälfte mit Kohle¹⁾ gefüllt und durch den durchbohrten Stopfen mit Grundgerät 8 verbunden, das im Reagenzglasständer steht. An der Ableitung von Grundgerät 8 befestigt man die Düse (Abb. 11). Das Reagenzglas mit Kohle wird erhitzt und dabei leicht geneigt gehalten. Das entweichende Gas prüft man mit feuchtem Bleiacetatpapier, danach wird es mit der Kerze angezündet. Es ist darauf zu achten, daß der Düse möglichst wenig unverbranntes Gas entströmt.

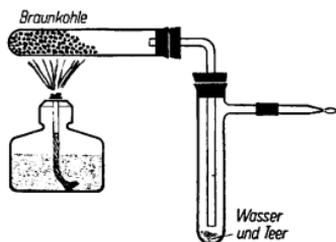


Abb. 11 Entgasung der Kohle

Ausführung b. Das Gas wird pneumatisch aufgefangen. Anschließend führt man die Brennprobe durch.

Ausführung c. Die Kohle wird im Reagenzglas von Grundgerät 4 erhitzt. Das Gas prüft man wie bei Ausführung a an der Düse mit Bleiacetatpapier und entzündet es.

Auswertung. Beim Erhitzen der Kohle entsteht ein gelbbraunes Gasmisch. Im vorgelegten Reagenzglas der Ausführungen a und b scheiden sich Wasser und Teer ab. Dabei schwimmt Teer auf dem Wasser und wird an Geruch und Farbe erkannt. Bei Ausführung c sammeln sich in Stopfennähe Wasser und Teer an. Das Gasmisch enthält Schwefelverbindungen, die das Bleiacetatpapier s-hwä-zen. Das Gas ist brennbar.

Abwandlung des Versuches. Durch etwas Watte oder Glaswolle im oberen Teil des Grundgerätes 8 kann die Teerabscheidung erhöht werden. Es lassen sich weitere Vorlagen mit Wasser (Ammoniak-Wäscher), Aktivkohle (Benzolabscheider) usw. anschließen, so daß der Versuch dem technischen Ablauf stärker angenähert wird.

Versuch 72: Umsetzung von Wasserdampf mit glühender Aktivkohle

Ziel des Versuches. Es soll Wassergas dargestellt werden.

Geräte: großes Becherglas als pneumatische Wanne, 2 Reagenzgläser, schwer schmelzbares Reagenzglas mit durchbohrtem Stopfen, Glasrohrstück (5 cm), Schlauchstück (10 cm), Reagenzglashalter, Gasableitungsrohr, Tropfpipette, Gasbrenner (Teclubrenner), Spatel
Chemikalien: gepulverte Aktivkohle, gekörnte Aktivkohle, Wasser

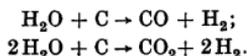
Ausführung. In das schwerschmelzbare Reagenzglas wird etwa 2 cm hoch gepulverte Aktivkohle eingefüllt und mit etwas Wasser angefeuchtet. Dann füllt man gekörnte Aktivkohle auf. Das Rea-

¹⁾ Die Schülergruppen arbeiten entweder mit Rohbraunkohle oder Braunkohlenbrikett. Die Stoffe werden grob zerkleinert und in das Reagenzglas gefüllt. Die Braunkohle kann vorher getrocknet werden.

genzglas ist mit dem Stopfen, durch den das Glasrohrstück führt, zu verschließen. Das kurze Glasrohr wird durch den Schlauch an das Gasableitungsrohr angeschlossen. Zum pneumatischen Auffangen der Gase legt man in der Wanne mit Wasser die beiden Reagenzgläser bereit. Nun beginnt man mit dem Erhitzen des schwer schmelzbaren Reagenzglas. ¹⁾ Dabei wird es schräg gehalten. Man richtet die Brennerflamme zunächst gegen das obere Drittel des Glases. Sobald die Kohle glüht, bewegt man den Brenner ganz langsam abwärts, so daß die Substanz allmählich von oben nach unten durchglüht. Dabei darf das Erhitzen nicht unterbrochen werden. Nachdem die Luft aus der Apparatur entwichen ist, werden die Gase pneumatisch aufgefangen. Verlassen mehr als zwei Gasblasen je Sekunde die Gasableitung, so muß mit dem Brenner beim Erhitzen an der betreffenden Stelle des Reagenzglas verharret werden, bis die Blasenanzahl wieder gesunken ist. Die zur Hälfte mit Gas gefüllten Reagenzgläser werden unter Wasser mit dem Daumen oder einem Stopfen verschlossen. Dann nimmt man an der Flamme die Brennprobe vor. Das wird so oft wiederholt, bis die Brennprobe positiv ausfällt. Vor dem Entfernen des Brenners ist das Gasableitungsrohr aus dem Wasser zu nehmen.



Auswertung. Es entsteht ein mit blauer Flamme brennendes Gasgemisch, das hauptsächlich aus Wasserstoff, Kohlenmonoxyd und Kohlendioxyd besteht:



Silicium

Versuch 73: Alkalische Reaktion von Wasserglas

Ziel des Versuches. Es soll nachgewiesen werden, daß Wasserglaslösung alkalisch reagiert.

Geräte: Reagenzglas, Tropfpipette

Chemikalien: Wasserglaslösung, Phenolphthalein, Wasser

Ausführung. Etwas verdünnte Wasserglaslösung wird im Reagenzglas mit 2 bis 3 Tropfen Phenolphthalein auf ihre chemische Reaktion geprüft.

Auswertung. Die Lösung von Natriumsilikat zeigt alkalische Reaktion. Das ist auf die hydrolytische Spaltung des Wasserglases zurückzuführen.

Analoge Versuche. Es können auch andere Indikatoren benutzt werden.

¹⁾ Es arbeiten stets mindestens zwei Schüler in einer Arbeitsgruppe zusammen, wobei der eine für das Erhitzen der Kohle, der andere für das pneumatische Auffangen und das Abbrennen der Gase verantwortlich ist.

Versuch 74: Ausfällen von Kieselsäure aus Wasserglaslösung

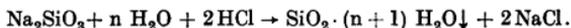
Ziel des Versuches. Mit dem Experiment wird erneut gezeigt, daß schwache Säuren von starken aus ihren Salzen verdrängt werden. Ferner können die Schüler die Abhängigkeit des Verlaufs chemischer Reaktionen von den Versuchsbedingungen erkennen.

Geräte: 2 Bechergläser, Glasstab, Tropfpipette, Schutzbrille

Chemikalien: Wasserglaslösung, halbkonzentrierte Salzsäure, verdünnte Salzsäure (1 bis 3%ig)

Ausführung. Ein Becherglas wird zu einem Drittel mit Wasserglaslösung gefüllt. In das zweite Glas gibt man ebensoviel Wasserglaslösung, die mit Wasser im Verhältnis 1 : 5 verdünnt wurde. Nun tropft man aus etwa 15 cm Höhe mit der Pipette wenig verdünnte Salzsäure langsam in das erste Glas auf die Mitte der Flüssigkeitsoberfläche (Schutzbrille tragen!). Das entstehende Produkt wird mit viel Wasser ausgewaschen und an der Luft getrocknet.¹⁾ Die Lösung im zweiten Glas wird mit der stark verdünnten Salzsäure unter Umrühren versetzt. Man läßt das Gemisch einige Stunden ruhig stehen.

Auswertung. Im ersten Fall scheidet sich eine steife, weiße Gallerte von Silicagel ab. Bei geschickter Ausführung des Versuches nimmt die Gallerte dort, wo die Säure eingeflossen ist, die Form von Eiszapfen an. Die Kieselsäure wird durch die stärkere Salzsäure aus ihrem Salz verdrängt. Sie ist aber nicht beständig, sondern geht in Siliciumdioxihydrat über. Dafür wird die Gleichung entwickelt:



Bei der verdünnten Wasserglaslösung ist zunächst keine Fällung zu beobachten. Erst nach Stunden oder Tagen, je nach dem Grad der Verdünnung, bildet sich eine durchsichtige Kieselsäuregallerte.

Hinweis. Das erste Becherglas muß sobald wie möglich gereinigt werden.

Versuch 75: Entwässern von Silicagel

Ziel des Versuches. Es soll nachgewiesen werden, daß das Siliciumdioxid das Anhydrit der Kieselsäure ist.

Geräte: schwer schmelzbares Reagenzglas, Spiritusbrenner

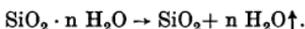
Chemikalien: Silicagel von Versuch 74

Ausführung. Das lufttrockene Silicagel wird im schwer schmelzbaren Reagenzglas erhitzt, bis kein Wasser mehr entweicht.

Auswertung. Das anfänglich entweichende Wasser schlägt sich am kalten oberen Teil des Reagenzglases nieder. Zurück bleibt das wasserunlösliche Anhydrit der Kieselsäure, Siliciumdioxid. Es ist,

¹⁾ Das Silicagel ist für die folgenden Versuche aufzubewahren.

im Gegensatz zum Quarz des Sandes, amorph. Man läßt die Gleichung entwickeln:



Versuch 76: Einwirkung von Kohlendioxyd auf Wasserglaslösung

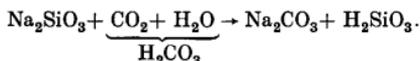
Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß die Kohlensäure eine stärkere Säure als die Kieselsäure ist.

Geräte: *Uhrglas*

Chemikalien: *Wasserglaslösung*

Ausführung. Man läßt die Wasserglaslösung längere Zeit an der Luft stehen.

Auswertung. Die Lösung überzieht sich mit einer festen Haut. Diese zeigt einen weißen Beschlag. Für die zu dieser Erscheinung führende chemische Reaktion ist die Gleichung aufzustellen:



Der weiße Beschlag besteht aus Siliciumdioxidhydrat.

Abwandlung des Versuches. Man kann den Ablauf der Reaktion beschleunigen, indem man Kohlendioxyd aus einem Gasentwickler auf die Wasserglaslösung leitet. Diese Variante entspricht einem modernen Schnellhärteverfahren für Sandformen in der Gießereiindustrie.

Versuch 77: Absorption durch Silicagel

Die Ausführung erfolgt wie bei den Versuchen 58 und 59.

Versuch 78: Herstellung von Wasserglaskitt

Ziel des Versuches. Das Experiment soll die Schüler mit einer in der Praxis häufig verwendeten Kittmasse vertraut machen. Dabei sind die Erkenntnisse von Versuch 76 anzuwenden.

Geräte: *Uhrglas, Holzstäbchen, 2 Objektträger*

Chemikalien: *konzentrierte Wasserglaslösung, Schlammkreide oder Magnesiumoxyd oder Zinkoxyd*

Ausführung. Auf dem Uhrglas werden die Wasserglaslösung und Schlammkreide (oder eines der Oxyde) miteinander zu einem Brei verrührt. Man bringt die Masse zwischen die beiden Objektträger und drückt sie gegeneinander. Das Uhrglas ist danach sofort zu reinigen!

Auswertung. Das Wasser der Wasserglaslösung wurde von der Schlammkreide aufgesaugt. Das Natriumsilicat reagiert mit dem Kohlendioxyd der Luft. Daher erhärtet der Brei zu einer steinharten Masse. Die beiden Objektträger lassen sich nur voneinander lösen, wenn man sie längere Zeit in warmes Wasser legt.

Versuch 79: Wasserglas als Flammenschutzmittel

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß man die Entzündlichkeit brennbarer Stoffe durch Imprägnieren mit Wasserglaslösung herabmindern kann.

Geräte: Reagenzglas, Spiritusbrenner, 2 Holzspäne

Chemikalien: Wasserglaslösung

Ausführung. Das Reagenzglas wird zur Hälfte mit Wasserglaslösung gefüllt und ein Holzspan durch Eintauchen mit der Lösung benetzt. Nach dem Eintrocknen hält man beide Holzspäne, den imprägnierten und den unbehandelten, in die Flamme des Brenners.

Auswertung. Der imprägnierte Holzspan entzündet sich nicht. Er verkohlt. Wasserglas bildet eine für Luft undurchlässige Schicht. Die Undurchlässigkeit des Wasserglases nimmt nach längerer Einwirkung des Kohlendioxyds der Luft zu.

Analoge Versuche. Der Versuch kann auch mit Papierstreifen oder Stoffresten durchgeführt werden.

Versuch 80: Löslichkeit von Glas

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß die Löslichkeit von Bestandteilen der Gläser durch deren unterschiedliche Zusammensetzung beeinflusst wird.

Geräte: 2 Bechergläser, 2 Uhrgläser, Stativ mit Ring, Tondreieck, Spiritusbrenner, Objektträger, Siedesteinchen (ausgekochte Ziegelsteinstückchen¹⁾ oder 2 kurze Glasstäbe

Chemikalien: gepulvertes Fensterglas (Natron-Kalk-Glas), gepulvertes Jenaer Glas, destilliertes Wasser

Ausführung. 2 bis 4 g gepulvertes Fensterglas werden im Becherglas mit destilliertem Wasser mindestens eine Stunde zum Sieden erhitzt. Dabei bedeckt man das Becherglas mit einem Uhrglas (konvexe Seite nach unten), um größere Dampfverluste zu vermeiden.

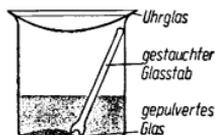


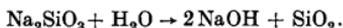
Abb. 12 Benutzen eines gestauchten Glasstabes zur Verhinderung des Siedeverzugs

¹⁾ Siehe dazu Abschnitt „Direktes Erhitzen“

im Kapitel „Allgemeine Arbeitstechniken der organischen Chemie“!

Ferner werden einige Siedesteinchen oder ein Glasstab in die zu erhitzende Flüssigkeit gebracht, da die Gefahr des Siedeverzuges besteht. Benutzt man einen Glasstab, so muß dessen unteres Ende gestaucht und mit einer kleinen Höhlung versehen werden (Abb. 12). Dann filtriert man und prüft das Filtrat mit Phenolphthalein. Wie beschrieben wird auch das Geräteglas untersucht.¹⁾

Auswertung. Das Filtrat der Probe mit dem Fensterglas zeigt alkalische Reaktion. Die im Natron-Kalk-Glas enthaltenen Alkaliverbindungen werden teilweise hydrolytisch gespalten. Dafür ist die Gleichung aufzustellen:



Geräteglas ist chemisch bedeutend widerstandsfähiger. Es enthält im Gegensatz zum Natron-Kalk-Glas statt der Alkali- und Erdalkalioxyde Bortrioxyd, Aluminiumoxyd und Bariumoxyd. Dadurch erhöht sich auch die Erweichungstemperatur, so daß dieses Glas schwer schmelzbar ist.

Versuch 81: Flammenfärbung durch Natriumverbindungen

Ziel des Versuches. Das in den meisten Gläsern enthaltene, von den Flußmitteln herrührende Natrium soll durch die Flammenfärbung nachgewiesen werden.

Geräte: *Bunsenbrenner, Magnesiastäbchen*

Chemikalien: *dünnere Glasstab, Wasserglaslösung*

Ausführung a. Ein Ende des Glasstabes wird vorsichtig in der Flamme erhitzt, bis es glüht.

Vorsicht vor abspringenden Splittern bei zu plötzlichem Erhitzen!

Ausführung b. Man taucht das ausgeglühte Magnesiastäbchen wenig in Wasserglaslösung und hält das benetzte Ende in die Flamme.



Auswertung. Die Flamme wird in beiden Ausführungen durch Natrium gelb gefärbt.

Abwandlung des Versuches. Anstelle des Magnesiastäbchens kann ein Streifen Filterpapier benutzt werden.

Versuch 82: Nachweis von Blei in Kristallglas

Ziel des Versuches. Der Unterschied in den physikalischen, vor allem optischen Eigenschaften, zwischen Fensterglas (Natron-Kalk-Glas) und Bleikristall (Kali-Blei-Glas) ist auf die verschiedene chemische Zusammensetzung zurückzuführen.

Geräte: *2 Glasstäbe, Bunsenbrenner, Lötrohr, Tiegelzange*

Chemikalien: *linsengroße Stücke von bleifreiem Fensterglas und bleihaltigem Kristallglas*

¹⁾ Die Schüler können getrennt-gemeinschaftlich arbeiten.

Vorbereitung des Versuches. Die Glasproben werden durch wiederholtes Erhitzen in der Brennerflamme an die Glasstäbe angeschmolzen.

Ausführung. Man hält ein Stückchen Bleiglas, das an einem Glasstab angeschmolzen ist, etwa 1 bis 2 Minuten in die Stichflamme des Lötrohres (Reduktionsflamme). Ebenso ist bleifreies Glas zu untersuchen.

Auswertung. Nach dem Erkalten weist die Oberfläche des bleihaltigen Glases einen schwarzen, oft in Regenbogenfarben schillernden Überzug auf, da sich Bleiverbindungen leicht zu metallischem Blei reduzieren lassen. Diese Erscheinung ist mit dem Verhalten von Fensterglas zu vergleichen.

ERGÄNZUNGEN

Halogene

Versuch 83: Bleichwirkung von Chlorwasser

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die bleichende Wirkung von Chlorwasser auf Farbstoffe untersuchen.

Geräte: *Reagenzglasständer, Reagenzglas*
Chemikalien: *Chlorwasser, Laubblätter*

Ausführung. Ein Stück eines Laubblattes wird in das zu einem Viertel mit Chlorwasser gefüllte Reagenzglas gehalten.

Auswertung. Das Blattgrün wird schnell gebleicht.

Abwandlung des Versuches. Außer den Laubblättern können untersucht werden: Lackmuspapier, farbige Blüten (möglichst keine roten verwenden, da das Bleichen bei ihnen lange dauert), bunte Tuchreste, Papier, das mit Bleistift sowie mit blauer und roter Tinte beschrieben ist, und bedrucktes Papier.¹⁾ Man läßt die Schüler begründen, warum mit Bleistift beschriebenes sowie bedrucktes Papier nicht gebleicht werden.

Versuch 84: Einleitung von Chlorwasserstoffgas in Wasser

Ziel des Versuches. Es soll erkannt werden, daß Chlorwasserstoff in Wasser sehr gut löslich ist. Die Lösung ist zu untersuchen.

Ausführung a

Geräte: *Grundgerät 6, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Spatel, Tropfpipette*

Chemikalien: *Natriumchlorid, konzentrierte Schwefelsäure, Lackmüslösung*

Ausführung b

Geräte (zusätzlich zu Ausführung a): *Becherglas (600 ml, niedrige Form), Stopfen*

Chemikalien: *wie bei Ausführung a*

Ausführung c

Geräte (zusätzlich zu den Ausführungen a und b): *durchbohrter Stopfen mit zur Spitze ausgezogenem Glasrohr*

Chemikalien: *wie bei Ausführung a*

¹⁾ Dieser Versuch eignet sich sehr gut für die Durchführung in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise.

Ausführung a. In das Reagenzglas A des Grundgerätes 6 wird ein Spatel Natriumchlorid gegeben und mit 1 ml konzentrierter Schwefelsäure versetzt. Dann verschließt man das Reagenzglas sofort mit der Gasableitung. Das Reagenzglas B, in das etwas Wasser und violette Lackmuslösung gegeben wurde, hält man so unter das Glasrohr, daß sich dessen freie Öffnung einige Millimeter über der Wasseroberfläche befindet.

Ausführung b. Die Darstellung von Chlorwasserstoff erfolgt entsprechend der Ausführung a. Das hier verwendete Reagenzglas B muß jedoch völlig trocken sein. Es wird durch Luftverdrängung mit Chlorwasserstoffgas gefüllt, bis starke Salzsäurenebel entweichen. Dann ist das Einleitungsrohr sofort zu entfernen. Die Mündung des Reagenzglases wird verschlossen, in das mit Wasser gefüllte Becherglas getaucht und unter Wasser wieder freigegeben. Zuvor wurden dem Wasser einige Tropfen blaue Lackmuslösung zugesetzt.

Ausführung c. Man entwickelt Chlorwasserstoff und füllt damit wie in Ausführung b ein trockenes Reagenzglas. Das Glas wird mit dem Stopfen verschlossen, durch den das zur Düse ausgezogene Glasrohr geführt ist. Seine Spitze zeigt in das Innere des Reagenzglases. Man taucht die Düse in das Wasser und bewegt sie mehrmals auf und ab.

Auswertung. Bei der Reaktion von Kochsalz mit konzentrierter Schwefelsäure wird Chlorwasserstoffgas frei. Dieses löst sich sehr leicht in Wasser. Die Lösung reagiert sauer. Es ist Salzsäure entstanden. Bei der Ausführung c wird das große Lösungsvermögen des Wassers für Chlorwasserstoffgas besonders deutlich.

Abwandlung des Versuches. Es können auch andere Indikatorlösungen oder Reagenzpapiere zum Nachweis der sauren Reaktion benutzt werden. Eine weitere Möglichkeit der Versuchsausführung wird im Versuch 128, Seite 117 beschrieben.

Versuch 85: Erhitzen von Salzsäure

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen feststellen, daß beim Erhitzen von Salzsäure Chlorwasserstoffgas entweicht.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner
Chemikalien: konzentrierte Salzsäure, blaues Lackmuspapier

Ausführung. In ein Reagenzglas werden 2 ml konzentrierte Salzsäure gegeben. Dann wird die Flüssigkeit unter ständigem leichtem Schütteln langsam erwärmt. Dabei hält man über die Mündung des Glases einen angefeuchteten Streifen blaues Lackmuspapier.

Auswertung. Das Lackmuspapier wird gerötet, da beim Erhitzen von Salzsäure Chlorwasserstoffgas entweicht.

Versuch 86: Reinigen von Metalloberflächen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß Salzsäure zum Reinigen von Metallen verwendet werden kann.

Geräte: *Abdampfschale, Becherglas, Pinzette*
Chemikalien: *oxydiertes Kupferblech, verdünnte Salzsäure, Wasser*

Ausführung. Das oxydierte Kupferblech wird in der Abdampfschale mit verdünnter Salzsäure übergossen. Nach einigen Minuten nimmt man das Blech mit der Pinzette wieder aus der Schale und spült es im Becherglas mit Wasser ab.

Auswertung. Salzsäure löst das Kupfer(II)-oxyd unter Bildung von Kupfer(II)-chlorid auf.

Versuch 87: Umsetzung von Salzsäure mit Metallen, Metalloxyden und Metallhydroxyden

Ziel des Versuches. Nach den bekannten Möglichkeiten der Salz- bildung sind Chloride darzustellen.¹⁾

Geräte: *Grundgerät 4, 3 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Reagenzglas- ständer, Spatel, Trichter (wenn es während des Versuches nicht möglich ist, den Trichter abzuspülen, sind 3 Trichter erforderlich), 3 Rundfilter, Spiritusbrenner, 3 Objektträger, 3 Glasstäbe, Becherglas, Tropfpipette*
Chemikalien: *Magnesiumspäne oder Zinkgranalien oder Eisenfeilspäne, Kupfer(II)-oxyd oder geglühtes Magnesiumoxyd oder Zinkoxyd, verdünnte Natronlauge oder verdünnte Kalilauge, Lackmuslösung, verdünnte Salzsäure, Wasser*

Ausführung. Eines der Metalle wird in Grundgerät 4 gegeben und mit verdünnter Salzsäure übergossen. Den entstehenden Wasser- stoff leitet man durch die Düse in ein Reagenzglas und entzündet ihn, indem man die Reagenzglas- mündung der Flamme nähert. Ist die Reaktion beendet, so wird die Lösung filtriert und ein Tropfen davon auf dem Objektträger eingedampft.

Eine Spatelspitze des Metalloxyds wird in ein Reagenzglas geschüt- tet und mit verdünnter Salzsäure übergossen. Wenn sich das Oxyd nicht rasch genug löst, ist leicht zu erwärmen. Anschließend wird die Lösung filtriert, ein Tropfen auf den Objektträger gebracht und eingedampft. Die Zinkchloridlösung sollte nicht eingedampft werden. Da Zinkchlorid sehr hygroskopisch ist, würde das Ein- dampfen längere Zeit erfordern.

Etwa 15 ml verdünnte Natronlauge werden in das Becherglas ge- gossen und mit einigen Tropfen Lackmuslösung versetzt. Unter ständigem Rühren wird mit einer Pipette tropfenweise Salzsäure zugegeben. Sobald Farbumschlag eintritt, tropft man keine Säure mehr hinzu. Dann wird ein wenig von der Lösung auf dem Objekt- träger eingedampft.

Auswertung. Die Salzsäure reagiert mit unedlen Metallen, Metall- oxyden und Basen unter Bildung der entsprechenden Chloride. Man läßt dafür die Gleichungen aufstellen.

Abwandlung des Versuches. Es können noch weitere Metalle und Metalloxyde eingesetzt werden.

¹⁾ Es empfiehlt sich, in getrennt-gemeinschaftlicher¹ Arbeitsweise von jeder Gruppe ein Metall, ein Metalloxyd und eine Lauge mit Salzsäure umsetzen zu lassen.

Versuch 88: Nachweis von Chloriden mit Silbernitratlösung

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Nachweisreaktion für Chloride kennenlernen.

Geräte: 6 Reagenzgläser, Reagenzglasstände, Tropfpipette, Spatel

Chemikalien: Salzsäure, Natriumchlorid, Kaliumchlorid, Kupfer(II)-chlorid, Salpetersäure, Silbernitratlösung, Leitungswasser, destilliertes Wasser

Ausführung. In fünf Reagenzgläser werden je 5 ml destilliertes Wasser gegeben. In das erste Reagenzglas tropft man wenig Salzsäure, in drei andere schüttet man jeweils eine Spatelspitze eines Chlorides. Durch Schütteln werden die Chloride aufgelöst. Das fünfte Glas enthält nur destilliertes Wasser. In ein weiteres Reagenzglas gibt man 5 ml Leitungswasser. Alle Proben werden mit verdünnter Salpetersäure angesäuert und mit je 2 bis 3 Tropfen Silbernitratlösung versetzt.¹⁾

Auswertung. In den ersten vier Reagenzgläsern wird ein weißer, käsiger Niederschlag ausgefällt, mit destilliertem Wasser tritt keine Reaktion ein, bei Leitungswasser zeigt sich eine Trübung. Bei den Reaktionen ist das weiße, unlösliche Silberchlorid entstanden. Man läßt die Gleichungen aufstellen.

Weiterführung des Versuches. Man sollte Vergleichsreaktionen mit Salzen anderer Säuren durchführen.

Versuch 89: Eindunsten einer Natriumchloridlösung

Ziel des Versuches. Die Kristallform von Natriumchlorid soll festgestellt werden.

Geräte: Reagenzglas, Spatel, Trichter, Rundfilter, Lupe, Kristallisierschale oder Abdampfschale

Chemikalien: Natriumchlorid, Wasser

Ausführung. In ein Reagenzglas werden 10 ml Wasser gefüllt und unter ständigem Schütteln kleine Mengen Natriumchlorid hinzugegeben, bis sich das Salz nicht mehr auflöst. Man filtriert die gesättigte Lösung und bewahrt sie in der Kristallisier- oder Abdampfschale erschütterungsfrei auf.

Auswertung. Nach einigen Tagen ist das Lösungsmittel Wasser verdunstet. Es bleiben würfelförmige Natriumchloridkristalle zurück, die mit einer Lupe betrachtet werden können.

Versuch 90: Löslichkeit von Natrium- und Kaliumchlorid

Ziel des Versuches. Die Löslichkeit der beiden Alkalichloride ist bei verschiedenen Temperaturen zu untersuchen.

¹⁾ Es kann getrennt-gemeinschaftlich gearbeitet werden.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Vollpipette (5 ml) oder Meßzylinder (10 ml), Spiritusbrenner, Spatel
Chemikalien: Natriumchlorid, Kaliumchlorid, Wasser

Ausführung. 2 g Natriumchlorid und 2 g Kaliumchlorid werden in je ein Reagenzglas gegeben. Zu beiden Substanzen fügt man mit einer Pipette 5 ml Wasser und schüttelt die Gläser kräftig. Wenn sich kein Salz mehr löst, wird die Menge des Bodenkörpers markiert. Nun erhitzt man die Lösungen vorsichtig.

Auswertung. Natriumchlorid löst sich in kaltem Wasser besser als Kaliumchlorid. Beim Erhitzen löst sich jedoch der Bodensatz von Kaliumchlorid auf, während der von Natriumchlorid nicht völlig gelöst wird. Daraus folgt, daß die Löslichkeit von Kaliumchlorid in Wasser mit steigender Temperatur stärker zunimmt als die Löslichkeit von Natriumchlorid.

Versuch 91: Trennen eines Gemisches von Natriumchlorid und Kaliumchlorid

Ziel des Versuches. Die unterschiedliche Löslichkeit von Natriumchlorid und Kaliumchlorid soll zur Trennung eines Gemisches der beiden Salze genutzt werden.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Spiritusbrenner, Spatel, Trichter, 2 Rundfilter, Becherglas, Magnesiastäbchen
Chemikalien: Natriumchlorid, Kaliumchlorid, Wasser

Ausführung. In ein Reagenzglas füllt man etwa 10 ml Wasser und gibt unter ständigem Schütteln in kleinen Mengen Natriumchlorid hinzu, bis sich das Salz nicht mehr auflöst. Dann wird filtriert. Dem Filtrat setzt man bis zur Sättigung Kaliumchlorid hinzu und filtriert erneut. Die kaltgesättigte Lösung von Natrium- und Kaliumchlorid wird erhitzt. In die heiße Lösung gibt man ein Gemisch von Natriumchlorid und Kaliumchlorid. Nachdem sich ein Bodensatz gebildet hat, wird die noch heiße Lösung dekantiert. Das Reagenzglas mit der dekantierten Lösung stellt man zur Kühlung in ein mit Wasser gefülltes Becherglas. Es tritt erneut ein Bodensatz auf, der auf seine Flammenfärbung zu prüfen ist.

Auswertung. Erhitzt man die kaltgesättigte Lösung von Natrium- und Kaliumchlorid und fügt ein Gemisch von Natrium- und Kaliumchlorid hinzu, so löst sich nur das Kaliumchlorid auf, während sich Natriumchlorid am Boden absetzt. Kühlt man nach dem Dekantieren die Lösung ab, so fällt das beim Erhitzen gelöste Kaliumchlorid wieder aus.

Hinweis. Nachteilig ist, daß das Natriumchlorid in dem nichtlöslichen Bodensatz nicht exakt nachgewiesen werden kann. Es läßt sich durch die Flammenfärbung nur zeigen, daß die Hauptmenge des Löserückstandes aus Natriumchlorid besteht. Ebenfalls abgesetzte, freilich nur geringe Mengen von Kaliumchlorid werden bei der Flammenprobe von der gelben Natriumfärbung überdeckt.

Versuch 92: Erhitzen von Jod

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Flüchtigkeit des Jods feststellen.

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Spatel, Watte*
Chemikalien: *Jod*

Ausführung. Man gibt einen Jodkristall in das Reagenzglas, verschließt es mit einem Wattebausch und erhitzt vorsichtig.

Auswertung. Es entsteht violetter Joddampf. Beim Abkühlen setzen sich viele winzige Kristalle an der Glaswand ab; Jod sublimiert.

Versuch 93: Herstellen von Jodlösungen

Ziel des Versuches. Die Löslichkeit von Jod in Methanol, Tetrachlormethan und Wasser ist zu untersuchen.

Geräte: *3 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Spatel, Spiritusbrenner*
Chemikalien: *Jod, Methanol, Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff), Wasser*

Ausführung. In je ein Reagenzglas gießt man 3 ml Methanol, 3 ml Tetrachlormethan und 5 ml Wasser. Dann wird je ein Jodkristall in die Flüssigkeiten gegeben. Die ersten beiden Gläser werden vorsichtig geschüttelt. Die wäßrige Jodlösung schüttelt man kräftig und erhitzt anschließend. Nach dem Abkühlen werden ihr 2 ml Tetrachlormethan zugesetzt und nochmals geschüttelt.

Auswertung. Jod löst sich in Methanol und Tetrachlormethan leicht. Dabei tritt in Methanol, einem sauerstoffhaltigen Lösungsmittel, braune Färbung, in Tetrachlormethan, einem sauerstofffreien Lösungsmittel, dagegen violette Färbung auf. In kaltem Wasser ist Jod nur sehr schwer löslich. Beim Erwärmen entsteht gelbbraun gefärbtes Jodwasser. Schüttelt man das Jodwasser mit Tetrachlormethan, so bildet sich am Boden des Glases eine violette Schicht, da Tetrachlormethan größere Lösefähigkeit für Jod besitzt als Wasser.

Versuch 94: Jodstärkereaktion

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß alkoholische Jodlösung zum Nachweis von Stärke zu benutzen ist.

Geräte: *Tropfpipette, Glasplatte oder Objektträger, Messer*
Chemikalien: *Jodtinktur, rohe Kartoffel, gekochte Kartoffel*

Ausführung. Aus der rohen und der gekochten Kartoffel wird je eine dünne Scheibe herausgeschnitten und auf die Glasplatte gelegt. Mit der Pipette gibt man auf jede Scheibe 1 bis 2 Tropfen Jodtinktur.

Auswertung. Bei der Probe mit der rohen Kartoffel sind nur einige blaue Punkte sichtbar, da die Jodtinktur nur mit der Stärke in den

angeschnittenen Zellen reagieren kann. Durch das Kochen werden jedoch die Zellwände zersprengt und die Stärkekörner freigelegt. So ist es zu erklären, daß die gekochte Kartoffel intensiv blau gefärbt wird.

Abwandlung des Versuches. Aus Stärke und Wasser kann eine Stärkelösung hergestellt werden, die mit Jodtinktur versetzt wird.

Versuch 95: Löslichkeit von Brom in Tetrachlormethan

Ziel des Versuches. Die Löslichkeit von Brom in Tetrachlormethan und Wasser soll untersucht werden.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglasshalter, Tropfpipette

Chemikalien: Bromwasser, Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff), Wasser

Ausführung. In das Reagenzglas werden etwa 2 ml Bromwasser gegeben. Falls dieses stark gelb gefärbt ist, verdünnt man noch mit Wasser. Dann versetzt man das Bromwasser mit 1 ml Tetrachlormethan und schüttelt vorsichtig.

Auswertung. Bei Zusatz von Tetrachlormethan wird das Bromwasser entfärbt. Am Boden des Reagenzglases sammelt sich eine braune, bromhaltige Schicht von Tetrachlorkohlenstoff, da sich Brom darin besser löst als in Wasser.

Versuch 96: Darstellung von Jodiden

Ziel des Versuches. Durch Einwirkung von Jod auf Metalle sind Jodide darzustellen.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasshalter, Spatel, Tropfpipette, Trichter, 3 Rundfilter, Spiritusbrenner, 3 Objektträger, 3 Glasstäbe

Chemikalien: Jod, Eisenpulver, Magnesiumpulver, Zinkstaub, Wasser

Ausführung. In drei Reagenzgläser werden je 0,5 cm hoch Eisenpulver, Magnesiumpulver und Zinkstaub gefüllt. Dazu gibt man jeweils 2 bis 3 zerkleinerte Jodkristalle und vermischt diese mit den Metallen durch Schütteln. Nun tropft man zu jedem dieser Gemische mit einer Pipette langsam 3 ml Wasser und erwärmt rasch. Die Proben werden anschließend filtriert. Einen Tropfen der Lösung bringt man auf den Objektträger und dampft ihn ein.¹⁾

Hinweis. Die restlichen Lösungen werden für den Jodidnachweis (Versuch 101) aufbewahrt.

Auswertung. Jod verbindet sich wie Chlor unmittelbar mit Metallen zu Jodiden. Dafür sind die Gleichungen aufzustellen.

Abwandlung des Versuches. Man legt auf ein Kupferblech einen kleinen Jodkristall und bedeckt ihn mit einem Uhrglas. Nach 10 bis 15 Minuten bilden sich um das Jod herum farbige Ringe.

¹⁾ Es besteht die Möglichkeit des getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitens.

Versuch 97: Darstellung von Bromiden

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Reaktion von Brom mit Metallen unter Bildung von Bromiden untersuchen.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Spatel, Trichter, 3 Rundfilter

Chemikalien: Bromwasser, Eisenpulver, Magnesiumpulver, Zinkstaub, Wasser

Ausführung. In drei Reagenzgläser werden je 3 ml schwach gelblich gefärbtes Bromwasser gegeben. Dann bringt man in je eines der Gläser eine Spatelspitze Eisenpulver, Magnesiumpulver und Zinkstaub und schüttelt kräftig.

Auswertung. Das Bromwasser wird rasch entfärbt, da sich Brom mit den Metallen direkt zu Bromiden verbindet. Es sind die Gleichungen aufzustellen.

Weiterführung des Versuches. Man kann die verbleibenden Lösungen noch filtrieren und Tropfen der Filtrate eindampfen. Der Rest kann für den Nachweis der Bromide (Versuch 101) aufbewahrt werden.

Versuch 98: Einwirkung von Bromwasser auf Jodide

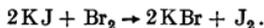
Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß Brom das Element Jod aus seinen Verbindungen verdrängt.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spatel, Tropfpipette

Chemikalien: Kaliumjodid, Bromwasser, Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff), Wasser

Ausführung. In das Reagenzglas werden 2 ml Wasser und eine Spatelspitze Kaliumjodid gebracht. Ist das Kaliumjodid aufgelöst, so versetzt man die Lösung mit 1 ml Tetrachlormethan und gibt 2 ml Bromwasser hinzu. Nun wird das Reagenzglas geschüttelt.

Auswertung. Nach der Zugabe von Bromwasser bildet das zunächst farblose Tetrachlormethan eine violette Bodenschicht. Brom verdrängt Jod aus seiner Verbindung. Daher kann das Jod im Tetrachlormethan nachgewiesen werden. Man läßt die Gleichung aufstellen:



Versuch 99: Einwirkung von Chlorwasser auf Bromide und Jodide

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß Chlor die Elemente Brom und Jod aus ihren Verbindungen verdrängt.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Spatel, Tropfpipette

Chemikalien: Kaliumbromid, Kaliumjodid, Chlorwasser, Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff), Wasser

Ausführung. Man stellt Lösungen von Kaliumbromid und Kaliumjodid her, indem man je 3 ml Wasser mit einer Spatelspitze der Salze versetzt und schüttelt. Beiden Lösungen wird je 1 ml Tetrachlormethan zugefügt. Dann gibt man je 1 ml Chlorwasser hinzu.

Auswertung. Setzt man zu der farblosen Kaliumbromidlösung Chlorwasser, so tritt eine bräunliche Färbung auf. Diese wird von Brom hervorgerufen, das durch Chlor aus seinem Salz verdrängt wurde. Das Brom kann in Tetrachlormethan angereichert werden, so daß sich eine braune Bodenschicht bildet.

Bei der Umsetzung der Kaliumjodidlösung mit Chlorwasser entsteht eine violette Bodenschicht, eine Lösung von Jod in Tetrachlormethan.

Man läßt die Gleichungen für die Reaktionen aufstellen.

Hinweis. Gibt man zur letzten Probe zu viel Chlorwasser, so verschwindet die Färbung wieder, da das Jod zum farblosen Jodat oxydiert wird.

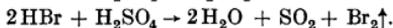
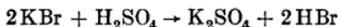
Versuch 100: Einwirkung von Schwefelsäure auf Bromide und Jodide

Ziel des Versuches. Bromwasserstoff und Jodwasserstoff sollen dargestellt und zu Brom beziehungsweise Jod oxydiert werden.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Spatel, Tropfpipette
Chemikalien: Kaliumbromid, Kaliumjodid, konzentrierte Schwefelsäure, Wasser, blaues Lackmuspapier

Ausführung. In ein Reagenzglas gibt man eine Spatelspitze Kaliumbromid, in das zweite eine Spatelspitze Kaliumjodid. Beiden Substanzen werden mit einer Pipette 5 bis 10 Tropfen konzentrierte Schwefelsäure zugesetzt. Man beobachtet die Reaktionen und spült die Reagenzgläser dann sofort mit Wasser aus.

Auswertung. Das bei der Umsetzung von Kaliumbromid mit konzentrierter Schwefelsäure entstehende Bromwasserstoffgas wird durch die Schwefelsäure teilweise zu Brom oxydiert. Dieses tritt in Form von rotbraunen Dämpfen in Erscheinung. Bei der Reaktion von Kaliumjodid mit konzentrierter Schwefelsäure entstehen violette Joddämpfe. Man läßt die Gleichungen entwickeln, beispielsweise:



Die Schüler dürfen die Brom- und Joddämpfe nicht einatmen!

Abwandlung des Versuches. Verwendet man statt konzentrierter Schwefelsäure kaum verdünnte, so ist die Halogenwasserstoffbildung besser zu beobachten, da die Oxydationswirkung der Säure geringer ist. Je nach dem Zweck des Versuches ist deshalb die Konzentration der Säure zu bemessen.



Versuch 101: Nachweis von Bromiden und Jodiden durch Silbernitratlösung

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die beim Nachweis der Chloride, Bromide und Jodide auftretenden Niederschläge vergleichen.

Geräte: Reagenzglasständer, 3 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, 2 Tropfpipetten, Spatel

Chemikalien: Kaliumchlorid, Kaliumbromid, Kaliumjodid oder Lösungen von den Versuchen 96 und 97, Salpetersäure, Silbernitratlösung, destilliertes Wasser

Ausführung. Zu je 3 ml von Lösungen der Halogensalze in destilliertem Wasser oder der Lösungen von Versuch 96 und 97 gibt man einige Tropfen Salpetersäure und 2 bis 3 Tropfen Silbernitratlösung.

Auswertung. Es entstehen Fällungen, die durch verschiedene Färbungen unterschieden werden können (Silberchlorid – weiß, Silberbromid – gelblichweiß, Silberjodid – gelb).

Hinweis. Zur Ergänzung sollten Parallelversuche mit Salzen anderer Säuren durchgeführt werden.

Versuch 102: Einwirkung von Licht auf Silberhalogenide

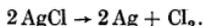
Ziel des Versuches. Es soll das unterschiedliche Verhalten der Silberhalogenide bei Lichteinwirkung und im Dunkeln festgestellt werden.

Geräte: Reagenzglasständer, 6 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Tropfpipette, Spatel, schwarzes Papier

Chemikalien: Kaliumchlorid, Kaliumbromid, Kaliumjodid, Salpetersäure, Silbernitratlösung, destilliertes Wasser

Ausführung. Man fällt je zwei Niederschläge von Silberchlorid, Silberbromid und Silberjodid aus. Die Reagenzgläser mit einer der beiden Proben werden sofort mit schwarzem Papier umwickelt. Dann setzt man alle Gläser etwa 10 bis 15 Minuten dem Licht aus. Danach entfernt man die Umhüllungen und vergleicht das Aussehen der Niederschläge.

Auswertung. Die dem Licht ausgesetzten Proben erscheinen im Vergleich zu den anderen dunkler. Das ist darauf zurückzuführen, daß die Silberhalogenide unter Lichteinwirkung zersetzt werden. Die leichte Schwärzung wird durch feinverteiltes Silber hervorgerufen. Man läßt die Gleichungen aufstellen, beispielsweise:



Versuch 103: Herstellen einer fotografischen Emulsion

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen das unterschiedliche Verhalten einer Gelatine-Silberbromid-Emulsion und einer Silberbromidfällung erkennen.

Geräte: Reagenzglasständer, 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Tropfpipette, Spatel

Chemikalien: Kaliumbromid, Silbernitratlösung, Gelatinelösung, Wasser

Ausführung. Man gibt in ein Reagenzglas etwa 5 ml Kaliumbromidlösung und in das zweite die gleiche Menge eines Gemisches aus Gelatinelösung und Kaliumbromidlösung. Beiden fügt man etwa 3 Tropfen Silbernitratlösung hinzu. Die Gläser werden dann kräftig geschüttelt und anschließend dem Licht ausgesetzt. Nach etwa 5 Minuten vergleicht man beide Proben.

Auswertung. Die Gelatine-Silberbromid-Emulsion zeigt stärkere Schwärzung. Die Gelatine verhindert das Zusammenballen des Silberbromids, das dadurch der Lichteinwirkung besonders stark ausgesetzt ist.

Versuch 104: Wirkung des Fixierbades

Ziel des Versuches. Ein Niederschlag von Silberbromid ist aufzulösen.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Spatel

Chemikalien: Natriumthiosulfat, Silberbromidniederschlag, Wasser

Ausführung. Man stellt eine Lösung von Natriumthiosulfat her und gibt sie zu einem Niederschlag von Silberbromid.

Auswertung. Das in Wasser unlösliche Silberbromid löst sich in einer Natriumthiosulfatlösung auf, wobei ein Thiosulfatokomplex entsteht:



ERGÄNZUNGEN

Elektrolyse – Ionentheorie

Bei den Versuchen zur Elektrolyse wird als Stromquelle die Flachbatterie genannt. Soweit die Voraussetzungen dafür bestehen, sollte man jedoch Niederspannungen von 4 bis 6 Volt Stromversorgungsgeräten an den Arbeitsplätzen oder einer zentralen Stromversorgung entnehmen.

Versuch 105: Untersuchung von Wasser und einigen festen Substanzen auf ihre elektrische Leitfähigkeit

Ziel des Versuches. Es ist zu zeigen, daß weder die zu untersuchenden festen Stoffe noch destilliertes Wasser den elektrischen Strom merklich leiten. Die Schüler sollen lernen, bei den Lösungen chemischer Verbindungen zwischen Leitern (Elektrolyten) und Nichtleitern (Nichtelektrolyten) zu unterscheiden.

Geräte: Grundgerät 12, mehrere Uhrgläser, 3 Leitungsdrähte mit Krokodilklammern, Glühlampembrett zum Anzeigen des Stromflusses, 2 Flachbatterien
Chemikalien: destilliertes Wasser, Natriumchlorid, Kupfersulfat, Calciumcarbonat, Kaliumnitrat, Eisen(II)-sulfat, Rohrzucker, Traubenzucker, Harnstoff, Äthanol, Schwefelsäure, Salzsäure, Natronlauge, Kalilauge

Ausführung. Als Spannungsquelle dienen zwei hintereinandergeschaltete Flachbatterien. In den Stromkreis, der durch die beiden Kohleelektroden, die sich nicht berühren, unterbrochen ist, wird eine 6-V-Glühlampe geschaltet.

Zunächst ist die Leitfähigkeit des Wassers zu untersuchen, indem man die Kohleelektroden in das Becherglas mit destilliertem Wasser bringt. Nachdem man die Elektroden wieder abgetrocknet hat, werden sie nacheinander in die festen Substanzen gedrückt, die man zuvor auf je ein Uhrglas gibt. Abschließend werden die wäßrigen Lösungen der angegebenen Substanzen untersucht, indem man das Elektrodenpaar in jede der Lösungen taucht.

Hinweis. Nach jeder Leitfähigkeitsmessung müssen das Becherglas und die Elektroden gut mit destilliertem Wasser gespült werden.

Auswertung. Bei der Untersuchung des destillierten Wassers und der angegebenen festen Substanzen auf elektrische Leitfähigkeit leuchtet die Glühlampe nicht auf. Die untersuchten Salze und organischen Verbindungen sind Nichtleiter. Destilliertes Wasser leitet den Strom ebenfalls praktisch nicht. Von den wäßrigen Lö-

sungen der angegebenen Substanzen leiten die der Säuren, Basen und Salze den elektrischen Strom. Säuren, Basen und Salze sind also Elektrolyte. Die anderen untersuchten Verbindungen sind Nichtelektrolyte.

Versuch 106: Elektrolyse verdünnter Salzsäure

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß Salzsäure durch die Wirkung des elektrischen Stromes zerlegt wird.

Geräte: Grundgerät 14a, 2 Flachbatterien, 2 Leitungsdrähte mit Krokodilklemmen, Becherglas, Glasstab, Zündhölzer, Spatel
Chemikalien: konzentrierte Salzsäure, Kochsalz, Wasser, mit Kaliumjodidlösung getränkter Filterpapierstreifen (1 cm breit und 5 cm lang)

Ausführung. Man stellt zunächst eine gesättigte Kochsalzlösung her und setzt ihr höchstens ein Zehntel ihres Volumens Salzsäure zu. Diese Lösung wird in das U-Rohr des Grundgerätes 14a gefüllt. Unter den kurzen Schenkel des Überlaufrohres wird das Becherglas gestellt, um die durch die entstehenden Gase verdrängte Lösung aufzufangen. Dann schließt man den Stromkreis. Als Stromquelle dienen die hintereinandergeschalteten Flachbatterien. Nach einigen Minuten hat sich so viel Gas gebildet, daß es nachgewiesen werden kann. Dazu sind die Stopfen mit den Elektroden herauszunehmen. Wasserstoff wird entzündet und Chlor mit dem angefeuchteten Kaliumjodid-Papierstreifen nachgewiesen.

Hinweis. Es ist den Schülern vor Beginn des Versuches mitzuteilen, daß die Elektrolyse mit einer Salzsäure enthaltenden konzentrierten Kochsalzlösung durchgeführt wird, um die Löslichkeit des Chlors herabzusetzen.

Auswertung. Bei der Elektrolyse wird die Salzsäure in ihre Bestandteile zerlegt. An der Anode hat sich Chlor abgeschieden. Es verdrängt das Jod aus seiner Verbindung Kaliumjodid. Der Filterpapierstreifen färbt sich dabei braun. An der Katode wurde Wasserstoff frei.

Abwandlung des Versuches. Die Verwendung der mit Salzsäure versetzten Kochsalzlösung könnte erkenntnismäßig bei den Schülern zu Schwierigkeiten führen, weil der Einfluß des Natriumchlorids auf den Vorgang nicht ersichtlich ist. Das läßt sich umgehen, wenn man mit verdünnter Salzsäure arbeitet. Hierbei scheiden sich die entstehenden Gase jedoch nicht im Verhältnis 1:1 ab.

Es kann auch mit dem Grundgerät 13 gearbeitet werden.

Versuch 107: Elektrolyse einer Kupfer(II)-chloridlösung

Ziel des Versuches. Die Zersetzungsprodukte bei der Elektrolyse von Kupfer(II)-chlorid sind zu untersuchen.

Geräte: Grundgerät 14b, 2 Flachbatterien, 2 Leitungsdrähte mit Krokodilklemmen, Becherglas, Glasstab, Spatel
Chemikalien: Kupfer(II)-chlorid, Wasser, Kaliumjodid-Stärkepapier

Ausführung. In das U-Rohr von Grundgerät 14 b wird Kupfer(II)-chloridlösung gefüllt. Als Anode ist die Elektrode in dem Schenkel zu verwenden, der das Gasableitungsrohr enthält. Dann wird elektrolisiert. Auf die Öffnung des Ableitungsrohres legt man einen Streifen feuchtes Kaliumjodid-Stärkepapier. Nachdem der Stromkreis geschlossen ist, wird die Katode beobachtet.

Auswertung. Kupfer(II)-chlorid wird in seine Bestandteile zerlegt. An der Anode scheidet sich Chlor ab (Braunfärbung des Papiers). Die Katode überzieht sich mit einer Kupferschicht.

Versuch 108: Elektrolyse von verdünnter Schwefelsäure

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Zersetzungsprodukte bei der Elektrolyse von Schwefelsäure identifizieren.

Geräte: Grundgerät 13, 2 Flachbatterien, 2 Leitungsdrähte mit Krokodilklammern, 2 Stopfen, Holzstab für Spanprobe, Zündhölzer
Chemikalien: verdünnte Schwefelsäure

Ausführung. Die beiden Reagenzgläser von Grundgerät 13 werden mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. Dann setzt man die Stopfen mit dem vorbereiteten T-Stück und den Elektroden auf. In das T-Stück ist zuvor ebenfalls verdünnte Schwefelsäure gebracht worden. Danach wird der Stromkreis geschlossen. Durch die entstehenden gasförmigen Zersetzungsprodukte wird die überschüssige Schwefelsäure aus den Reagenzgläsern über das Kapillarrohr herausgedrückt. Sie wird in dem Becherglas aufgefangen. Nach etwa 20 Minuten erhält man an der Katode eine ungefähr 5 cm hohe Gassäule. Zum Nachweis der bei der Elektrolyse entstandenen gasförmigen Produkte wird der Apparat umgedreht. Man entfernt das T-Stück mit den Elektroden und Stopfen und verschließt beide Gläser schnell wieder. Die Zersetzungsprodukte werden mit dem brennenden Holzspan untersucht.

Auswertung. Bei der Elektrolyse von Schwefelsäure entstehen Wasserstoff und Sauerstoff. Der Wasserstoff scheidet sich an der Katode, der Sauerstoff an der Anode ab. Der Wasserstoff wird durch seine Brennbarkeit und der Sauerstoff durch seine Fähigkeit, einen glimmenden Span zu entflammen, nachgewiesen.

Abwandlung des Versuches. Der Versuch kann auch mit dem Grundgerät 14c durchgeführt werden.

Versuch 109: Elektrolyse einer wäßrigen Lösung von Natriumhydroxyd

Ziel des Versuches. Die Zersetzungsprodukte bei der Elektrolyse einer wäßrigen Lösung von Natriumhydroxyd sind zu untersuchen.

Geräte: Grundgerät 14a mit Eisenelektroden (Stricknadel oder großer Nagel), 2 Leitungsdrähte, 2 Flachbatterien, 1 Holzspan
Chemikalien: Natronlauge

Ausführung. In das U-Rohr füllt man verdünnte Natronlauge. Nach dem Aufsetzen der Elektroden wird der Stromkreis geschlossen. Als Stromquelle dienen zwei hintereinandergeschaltete Flachbatterien. Die durch die gasförmigen Elektrolyseprodukte verdrängte Natronlauge fängt man in einem kleinen Becherglas auf. Die an den beiden Elektroden entstehenden Gase werden schließlich identifiziert.

Auswertung. An der Anode scheidet sich Sauerstoff, an der Katode Wasserstoff ab. Der Wasserstoff wird aus dem Wasser freigesetzt, da er sich leichter als Natrium abscheidet. Der Sauerstoff an der Anode wird bei der Entladung der Hydroxylgruppen der Natronlauge frei. Dabei entsteht gleichzeitig Wasser.

Versuch 110: Herstellung von Polreagenzpapier

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen mit einer einfachen Methode zum Erkennen der Katode durch die chemische Wirkung des elektrischen Stromes vertraut gemacht werden.

Geräte: *Becherglas, Schere, Filterpapier, Flachbatterie, 2 Leitungsdrähte mit Krokodilklemmen, Glasstab, Spatel*

Chemikalien: *Natriumchlorid, alkoholische Phenolphthaleinlösung, Wasser*

Ausführung. Man gibt ein wenig Natriumchlorid in ein Becherglas und löst es in Wasser. Dann wird etwas alkoholische Phenolphthaleinlösung hinzugesetzt. Mit dieser Lösung trinkt man ein Stück Filterpapier, trocknet es und schneidet es dann in etwa 1 cm breite und 5 cm lange Streifen. Zur Identifizierung der Elektroden wird eines der hergestellten Polreagenzpapiere befeuchtet. Dann verbindet man die beiden Pole der Stromquelle über den feuchten Streifen Polreagenzpapier miteinander, indem die mit ihnen verbundenen Leitungsdrähtenden auf den Papierstreifen gedrückt werden.

Auswertung. Das Polreagenzpapier färbt sich nahe der Katode rot. Hier bildet sich Natronlauge, die den Farbumschlag von Phenolphthalein verursacht.

Versuch 111: Bedeutung der Elektroden für das Ergebnis der Elektrolyse

Ziel des Versuches. Es soll erkannt werden, daß die Wahl des Elektrodenmaterials für den Verlauf und das Ergebnis der Elektrolyse von Bedeutung ist.

Geräte: *Grundgerät 14a, Stopfen mit Kupferelektrode (starker Kupferdraht), 2 Flachbatterien, 2 Zuleitungsdrähte*

Chemikalien: *verdünnte Schwefelsäure*

Ausführung. Verdünnte Schwefelsäure wird im U-Rohr elektrolysiert. Als Elektroden dienen eine Kohlekatode und eine Kupferanode.

Auswertung. Bei der Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure mit Kohleelektroden entstehen Wasserstoff und Sauerstoff (Ver-

such 108). Die Kohleelektroden werden dabei nicht merklich zer-
setzt. Wird dagegen mit einer Kupferanode elektrolysiert, so
reagiert diese mit den bei der Elektrolyse der Schwefelsäure zur
Anode wandernden Spaltprodukten der Schwefelsäure zu blauem
Kupfersulfat. Dabei wird die Anode allmählich aufgelöst.

Versuch 112: Elektrolytisches Verkupfern von Metallen

Ziel des Versuches. Den Schülern sollen chemische Grundlagen des
Galvanisierens vermittelt werden.

Geräte: 4 Bechergläser, Kupferanode, Kupferdraht, Metallgegenstand
(Schlüssel, Stricknadel), Gleichstromquelle, Regelwiderstand, Spiritus-
brenner, Tiegelzange

Chemikalien: konzentrierte Kupfersulfatlösung, verdünnte Schwefelsäure,
verdünnte Kalilauge, destilliertes Wasser

Ausführung. Der Metallgegenstand wird mit der Tiegelzange gefaßt
und in der Flamme des Brenners erhitzt. Dann taucht man ihn
noch heiß in verdünnte Schwefelsäure, verdünnte Kalilauge und
zuletzt in destilliertes Wasser. In einem Becherglas (200 ml) wird
konzentrierte Kupfersulfatlösung mit verdünnter Schwefelsäure
angesäuert. Danach hängt man den vorbereiteten Metallgegenstand
an einem ausgeglühten Kupferdraht als Katode und ein Kupfer-
blech als Anode in die Lösung und verbindet die beiden Elektroden
über einen Regelwiderstand mit der Gleichstromquelle. Die Span-
nung muß so niedrig gehalten werden, daß an der Katode keine
Wasserstoffblasen aufsteigen. Nach einigen Minuten schaltet man
den Strom ab und betrachtet den Metallgegenstand.

Auswertung. Der Metallgegenstand wird mit einer dünnen Kupfer-
schicht überzogen, die sich leicht abreiben läßt.

Hinweis. Will man einen fester haftenden Überzug erhalten, so muß
die Elektrolyse bei einer Spannung von höchstens 2 Volt und einer
Stromstärke von 0,02 Ampere je cm^2 Elektrodenfläche mindestens
für die Dauer einer Stunde durchgeführt werden.

Versuch 113: Elektrolyse einer wäßrigen Kochsalzlösung zur Herstellung von Natronlauge

Ziel des Versuches. Es ist zu zeigen, daß durch Elektrolyse einer
wäßrigen Kochsalzlösung Natronlauge hergestellt werden kann.

Geräte: Grundgerät 14c, 2 Flachbatterien, 2 Leitungsdrähte mit Krokodil-
klemmen, Walle oder Filterpapier, Tropfpipette

Chemikalien: Kochsalzlösung, Lackmus- oder Phenolphthaleinlösung

Ausführung. Vor Beginn der Elektrolyse wird in die Mitte des
U-Rohrbogens ein Filterpapierstopfen gebracht, der den Anoden-
raum vom Katodenraum trennt. Dann füllt man in beide Schenkel
Kochsalzlösung, der einige Tropfen Phenolphthalein zugegeben
werden, und setzt die Elektroden ein. Als Spannungsquelle für die

Elektrolyse dienen zwei hintereinandergeschaltete Flachbatterien. Nachdem der Stromkreis geschlossen ist, beginnt die Elektrolyse. Im Katodenraum tritt nach wenigen Minuten kräftige Rotfärbung auf.

Auswertung. An der Katode scheidet sich Wasserstoff aus dem Wasser ab, da dieser edler als Natrium ist. Der Hydroxydrest des Wassers bildet mit den Natriumionen Natronlauge. An der Anode entsteht Chlor (vgl. Versuche 106 und 109).

Versuch 114: Dissoziationsgrad

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß verschiedene Elektrolyte gleicher Konzentration den Strom unterschiedlich gut leiten.

Geräte: Grundgerät 12, 3 Leitungsdrähte, Glühlampenbrett zum Anzeigen des Stromflusses, 2 Flachbatterien, Regelwiderstand, 2 Bechergläser
Chemikalien: 1 n Essigsäure, 1 n Salzsäure

Ausführung. Als Spannungsquelle dienen zwei hintereinandergeschaltete Flachbatterien. Die Kohleelektroden werden etwa 4 cm tief in ein mit 1 n Essigsäure gefülltes Becherglas getaucht. Der Widerstand ist so einzuregeln, daß die Glühlampe gerade noch schwach leuchtet. Unter Beibehaltung des ermittelten Elektrodenabstandes, der Stellung des Widerstandes und der Tauchtiefe wird das Elektrodenpaar jetzt in ein Becherglas mit 1 n Salzsäure gegeben. Die Helligkeit der Glühlampe in beiden Fällen ist zu vergleichen.

Auswertung. Da die Glühlampe bei Verwendung von Salzsäure heller brennt als bei Essigsäure gleicher Konzentration, muß die Salzsäure größere elektrische Leitfähigkeit aufweisen. Da der Stromtransport im wesentlichen durch die Wasserstoffionen erfolgt, kann geschlossen werden, daß in der Salzsäure mehr Moleküle in freie Ionen zerfallen sind als in der Essigsäure. Der Dissoziationsgrad der Salzsäure ist größer als der der Essigsäure.

Analoge Versuche. Anstelle von Salzsäure und Essigsäure können auch andere Elektrolyte untersucht werden, zum Beispiel Kupfersulfat und Kaliumnitrat. Ebenfalls kann Schwefelsäure verschiedener Konzentration (90%, 60%, 30%) benutzt werden.

Abwandlung des Versuches. Man kann ohne den Regelwiderstand auskommen, wenn man die Kohleelektroden in Reagenzglasaltern befestigt und den Abstand der Elektroden so lange ändert, bis bei der Essigsäure die Glühlampe gerade noch aufleuchtet.

Versuch 115: Vergleich des Dissoziationsgrades verschiedener Säuren

Ziel des Versuches. Es ist zu beweisen, daß der unterschiedliche Dissoziationsgrad verschiedener Säuren ein Maß für ihre Stärke ist.

Geräte: 3 Grundgeräte 7 mit großer Kristallisierschale als pneumatische Wanne, 3 kleine Reagenzgläser, 3 Meßzylinder (250 ml), Schere

Chemikalien: *Magnesiumband, 1 n Schwefelsäure, 1 n Salzsäure, 1 n Essigsäure*

Ausführung. Vom Magnesiumband werden 3 gleich lange Stücke von höchstens 0,5 g abgeschnitten und in die großen Reagenzgläser gebracht. Dann führt man die mit gleichen Mengen 1 n Schwefelsäure, 1 n Salzsäure und 1 n Essigsäure gefüllten kleinen Reagenzgläser vorsichtig in die großen Gläser ein. Nachdem diese mit den Gasableitungen versehen sind, werden die Ableitungsrohre unter die mit Wasser gefüllten, in der pneumatischen Wanne stehenden Meßzylinder gebracht. Dann neigt man die Reagenzgläser etwas, so daß die Säure auf das Magnesium fließt. Die in einer fest bestimmten Zeiteinheit (etwa 2 Minuten) entstehende Wassermenge wird gemessen.¹⁾

Auswertung. In der gleichen Zeit wird aus der Salzsäure am meisten, aus der Schwefelsäure weniger und aus der Essigsäure viel weniger Wasserstoff frei. Mit dem Dissoziationsgrad nimmt folglich auch die Stärke der Säuren in der Reihenfolge Salzsäure – Schwefelsäure – Essigsäure ab.

Abwandlung des Versuches. Das Auffangen des Wasserstoffs könnte auch in Müllerschen Glocken oder Kolbenproben erfolgen.

Versuch 116: Bestimmung von p_H -Werten

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine leicht und schnell durchführbare Bestimmungsmethode für die Acidität beziehungsweise Basizität saurer und alkalischer Stoffe kennenlernen.

Geräte: *Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Trichter, Filterpapier, A-Kohlefilter (Reagenzglas mit durchstoßenem rundgeschmolzenem Boden, das mit Aktivkohle gefüllt ist), 6 Tropfpipetten*

Chemikalien und zur Untersuchung geeignete Stoffe: *Universalindikatorpapier²⁾, Rotkohlauszug, Methylorange, Methylrot, Lackmus, Phenolphthalein, Fruchtsäfte, saure Milch verschiedenen Alters, Kartoffelpreßsaft, Speichel, Leitungswasser, destilliertes Wasser, mit dem ein neues Glasgefäß ausgekocht wurde, verschiedene Bodenauszüge, Silagesäfte u. a.*

Ausführung. Die zu untersuchenden Substanzen werden in Reagenzgläser gegeben. Farbstoffe sind mit dem A-Kohlefilter, Verunreinigungen mit dem einfachen Filter zu entfernen. Dann ermittelt man die p_H -Werte für die einzelnen Lösungen mit Universalindikatorpapier und notiert sie.

Anhand der mit Universalindikatorpapier erhaltenen p_H -Werte der verschiedenen Lösungen werden die ungefähren Umschlagspunkte für die gebräuchlichen Indikatoren festgelegt. Dazu verteilt man eine Flüssigkeit, deren p_H -Wert bekannt ist, gleichmäßig

¹⁾ Es empfiehlt sich, diesen Versuch getrennt-gemeinschaftlich durchzuführen. Jede Schülergruppe führt nur eine Messung durch, alle Messungen werden danach zusammengefaßt und gemeinsam ausgewertet.

²⁾ Folgende Universalindikatorpapiere werden empfohlen: „Unitest“ der Firma Feinchemie KG Sebnitz und „Indical I 100“ vom VEB Berlin-Chemie, Berlin-Adlershof.

in fünf Reagenzgläser. Dann werden die Lösungen nacheinander mit Rotkohlauszug, Methylorange, Methylrot, Lackmus und Phenolphthalein versetzt.¹⁾

Auswertung. Nach einer tabellarischen Zusammenstellung der p_H -Werte für die einzelnen Lösungen wird gemeinsam zusammengetragen, zwischen welchen p_H -Werten die Umschlagintervalle für die einzelnen Indikatoren liegen. Zum Vergleich seien die Werte angegeben:

Rotkohlauszug	2,0 – 4,5	Methylrot	4,2 – 6,3
Methylorange	3,1 – 4,4	Lackmus	5,0 – 8,0
Phenolphthalein	8,2 – 10,0		

Versuch 117: Bestimmung der p_H -Werte von Salzsäure verschiedener Konzentration

Ziel des Versuches. Es ist zu zeigen, daß Salzsäure verschiedener Konzentrationen unterschiedliche Säuregrade aufweist, die man als Maß für den p_H -Wert benutzen kann.

Geräte: 4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Meßzylinder (10 ml), Vollpipette (1 ml), Tropfpipette
Chemikalien: 1 n Salzsäure, destilliertes Wasser, Universalindikatorpapier, 0,1%ige Methylviolettlösung

Ausführung. Ein Reagenzglas wird mit 10 ml einer 1 n Salzsäure gefüllt. In das zweite Reagenzglas bringt man 1 ml aus dem ersten und füllt mit 9 ml destilliertem Wasser zu 10 ml auf. Die Säure ist jetzt 0,1 normal. Im dritten Reagenzglas wird 1 ml der 0,1 normalen Salzsäure wiederum zu 10 ml aufgefüllt, so daß eine 0,01 normale Salzsäure entsteht. Auf die gleiche Art wird im vierten Reagenzglas eine 0,001 n Salzsäure hergestellt. Die p_H -Werte werden mit Universalindikatorpapier und anschließend mit Methylviolettlösung ermittelt.

Hinweis. Für 10 ml Lösung reichen 2 Tropfen Methylviolettlösung aus. Bei $p_H=0$ nimmt Methylviolett gelbgrüne, bei $p_H=1$ grüne, bei $p_H=2$ blaue und bei $p_H=3$ violette Farbe an.

Auswertung. Die Prüfung mit Universalindikatorpapier und mit Methylviolett zeigt folgendes Ergebnis:

1	n HCl $\cong p_H = 0$	0,01	n HCl $\cong p_H = 2$
0,1	n HCl $\cong p_H = 1$	0,001	n HCl $\cong p_H = 3$

Diese Werte beziehen sich nur auf annähernd vollständig dissoziierte Säuren. Der p_H -Wert einer 1 n Essigsäure liegt zum Beispiel zwischen dem einer 0,01 n und 0,001 n Salzsäure, weil die Essigsäure wegen ihrer geringen Dissoziation eine kleinere Wasserstoffionenkonzentration besitzt als gleichnormale Salzsäure.

¹⁾ Die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise läßt zwei Arten der Durchführung zu: Eine Schülergruppe versetzt eine Lösung von bekanntem p_H -Wert mit allen Indikatoren (wie oben beschrieben) und eine Schülergruppe versetzt alle Lösungen mit dem gleichen Indikator. Die gemeinsame Auswertung ergibt brauchbare Werte.

Versuch 118: Hydrolytische Reaktionen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß nicht alle Salze neutral reagieren.¹⁾

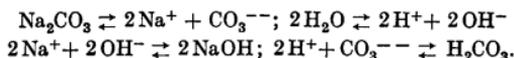
Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel, Tropfpipette
Chemikalien: Natriumchlorid, Aluminiumsulfat, Natriumcarbonat, Lackmüslösung oder Lackmuspapier, Wasser

Ausführung. In den drei Reagenzgläsern werden wäßrige Lösungen der Salze hergestellt und anschließend mit 2 bis 3 Tropfen Lackmüslösung versetzt oder mit Lackmuspapier geprüft.

Auswertung. In wäßriger Lösung reagieren Natriumchlorid neutral, Aluminiumsulfat sauer und Natriumcarbonat alkalisch. In der Aluminiumsulfatlösung müssen folglich Wasserstoffionen und in der Natriumcarbonatlösung Hydroxyionen vorhanden sein. Da aber Aluminiumsulfat und Natriumcarbonat keine Wasserstoff- beziehungsweise Hydroxyionen enthalten, können diese Ionen nur aus dem Wasser stammen. Wie Versuch 105 jedoch zeigte, leitet Wasser den elektrischen Strom nicht merklich. Das Wasser ist demnach nur in geringem Maße in Ionen gespalten. Es muß angenommen werden, daß das Aluminiumsulfat in wäßriger Lösung die Wassermoleküle in bestimmter Weise zur Bildung freier Wasserstoffionen anregt.

Ein Teil der beim Auflösen in Wasser vorliegenden Al^{+++} -Ionen tritt mit Hydroxyionen des ganz schwach dissoziierten Wassers zu überwiegend undissoziierten $Al(OH)_3$ -Molekülen zusammen. Dadurch wird das Dissoziationsgleichgewicht des Wassers gestört und verursacht, daß weitere Wassermoleküle in Ionen aufgespalten werden. Die so gebildeten Hydroxyionen lagern sich ebenfalls an Al^{+++} -Ionen. Somit wird immer mehr Wasser dissoziiert, bis die Lösung nur noch geringe Mengen Al^{+++} -Ionen enthält. Die bei der Dissoziation ebenfalls entstehenden Wasserstoffionen treten dagegen nicht mit Sulfationen zu Schwefelsäuremolekülen zusammen, da diese als starke Säure weitgehend dissoziiert ist. Wegen des Überschusses an freien H^+ -Ionen reagiert wäßrige Aluminiumsulfatlösung sauer.

Bei der alkalisch reagierenden Natriumcarbonatlösung kommen auf viele freie Hydroxyionen wenig Wasserstoffionen. Diese Erscheinung ist von den Schülern entsprechend der für das Verhalten von Aluminiumsulfat gegebenen Erklärung zu deuten. Sie sollen die Gleichungen aufstellen:



Die Reaktionen von Aluminiumsulfat und Natriumcarbonat mit Wasser werden als Hydrolyse bezeichnet.

In der neutralen Natriumchloridlösung entspricht die Anzahl der Wasserstoffionen etwa der Menge der Hydroxyionen.

¹⁾ Vgl. dazu auch Versuch 182 auf Seite 145!

Versuch 119: p_H -Wert-Bestimmungen bei hydrolytischen Reaktionen

Ziel des Versuches. Es ist zu zeigen, daß der Grad der Hydrolyse bei verschiedenen Salzen unterschiedlich ist und auch von der Temperatur abhängt.

Geräte: 6 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Spatel
Chemikalien: Natriumcarbonat, Kaliumcarbonat, Natriumphosphat, Kupfersulfat, Silbernitrat, Zinksulfat, Universalindikatorpapier, Wasser

Ausführung. Wäßrige Lösungen der angegebenen Salze werden mit Universalindikatorpapier auf ihre p_H -Werte untersucht. Dann erhitzt man die sauer und alkalisch reagierenden Lösungen vorsichtig. Dabei werden die p_H -Werte ständig kontrolliert.

Hinweis. Damit man vergleichbare p_H -Werte erhält, muß von Lösungen gleicher molarer Konzentration (etwa halbmolare oder molare Lösungen) ausgegangen werden.

Auswertung. Die ermittelten p_H -Werte zeigen, daß die einzelnen Salze unterschiedlich stark hydrolysiert sind, daß der Grad der Hydrolyse verschieden ist. (Hydrolysegrad = Teil des gesamten gelösten Salzes, der mit Wasser unter Bildung von Säure bzw. Lauge reagiert.) Bei wachsender Temperatur nimmt die Hydrolyse zu. Das ist nur möglich, weil die Dissoziation des Wassers mit steigender Temperatur wesentlich größer wird.

ERGÄNZUNGEN

Chemisches Gleichgewicht

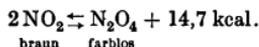
Versuch 120: Untersuchung des Gleichgewichtes Distickstofftetroxyd – Stickstoffdioxyd

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen den Einfluß der Temperatur auf die Lage des Distickstofftetroxyd–Stickstoffdioxyd-Gleichgewichtes erkennen.

Geräte: 2 Bechergläser (200 ml, hohe Form), Dreifuß mit Asbestdrahtnetz oder Stativ mit Ring, Grundgerät 6 mit 2 Reagenzgläsern, 2 Stopfen, Spiritusbrenner, Bindfaden, Spatel, Schutzbrille
Chemikalien: Bleinitrat, Wasser

Ausführung. Im Reagenzglas A des Grundgerätes 6 erhitzt man einen Spatel Bleinitrat und fängt das entweichende rotbraune Stickstoffdioxyd in zwei Reagenzgläsern B durch Luftverdrängung auf. Die Gläser werden dicht mit Stopfen verschlossen, die man mit Bindfaden noch befestigt. Eines der Reagenzgläser ist in ein Becherglas mit kaltem Wasser (besser Eiswasser) zur Kühlung zu setzen. Das zweite Reagenzglas wird in ein mit siedendem Wasser gefülltes Becherglas gesetzt (Schutzbrille tragen). Man vergleicht die Färbung des Gases in beiden Reagenzgläsern.

Auswertung. Zwischen Stickstoffdioxyd und seinem Dimeren, dem Distickstofftetroxyd, besteht die Gleichgewichtsbeziehung:



Beim Erwärmen verschiebt sich das Gleichgewicht nach der linken Seite, das Tetroxyd zerfällt in braunes Dioxyd. Die braune Farbe vertieft sich. In der Kälte verschiebt sich das Gleichgewicht nach der rechten Seite, die braune Farbe hellt sich auf.

Abwandlung des Versuches. Der Versuch läßt sich besonders gut in Reagenzgläsern mit eingeschliffenen Glasstopfen ausführen, die eingefettet sind und mit Federn festgehalten werden.

Versuch 121: Untersuchung der Dissoziation von Eisen(III)-thiocyanat

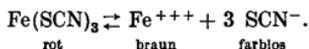
Ziel des Versuches. Die Konzentrationsabhängigkeit des Dissoziationsgleichgewichtes von Eisenthiocyanat und die Zunahme der Dissoziation mit der Verdünnung sind zu zeigen.



Geräte: 4 Reagenzgläser, 2 Tropfpipetten, Reagenzglasständer
 Chemikalien: Eisen(III)-chlorid, Natrium-(oder Ammonium-)thiocyanat
 (-rhodanid), Wasser

Ausführung. In zwei Reagenzgläsern stellt man verdünnte Lösungen von Eisen(III)-chlorid und Thiocyanat her. In ein weiteres Reagenzglas gibt man dann mit Tropfpipetten 3 Tropfen von jeder Lösung. Es entsteht rotes Eisen(III)-thiocyanat. Dann wird so viel Wasser zugesetzt, bis die rote Farbe gerade verblaßt und in gelb übergeht. Die so entstehende Lösung ist auf zwei Reagenzgläser zu verteilen. Zu einem werden Eisen(III)-chloridlösung, zum anderen Thiocyanatlösung gegeben.

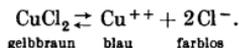
Auswertung. Eisen(III)-thiocyanat dissoziiert nach der Gleichung:



Durch Verdünnen verstärkt sich die Dissoziation. Deshalb verschwindet die rote Färbung. Gibt man Fe^{+++} - oder SCN^- -Ionen im Überschuß zu, erhöht man also die Konzentration auf der rechten Seite der Gleichung, so verschiebt sich die Lage des Gleichgewichtes nach links. Die rote Färbung verstärkt sich wieder.

Abwandlung des Versuches. Man könnte noch andere, indifferentere Salzlösungen zusetzen (z. B. Natriumchlorid, Kaliumsulfat usw.) und damit zeigen, daß diese keinen direkten Einfluß auf das Gleichgewicht haben.

Analoge Versuche. Gleiche Erkenntnisse können auch bei der Untersuchung des Dissoziationsgleichgewichtes von Kupfer(II)-chlorid gewonnen werden:



Die gelbbraune Farbe von Kupfer(II)-chlorid im wasserfreien Zustand könnte durch Entwässern des Salzes in einem Vorversuch ermittelt werden. Löst man das Salz in wenig Wasser, so ist die Dissoziation sehr gering. Die Lösung ist grün gefärbt, weil sich eine Mischfärbung von gelbbraun und blau ausbildet. Beim Verdünnen schlägt die Farbe infolge zunehmender Dissoziation in blau um. Durch Zusatz chlor- und kupferionenhaltiger Lösungen wird die Dissoziation wieder zurückgedrängt und die Farbe wieder nach grün verschoben. Auch hier sind Parallelversuche mit indifferenten Lösungen möglich.

Versuch 122: Zurückdrängen der Dissoziation einer Säure bei Zusatz von Säurerestionen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß die Wasserstoffionenkonzentration und damit der Säuregrad von schwachen Säuren durch Zusatz von Säurerestionen herabgesetzt wird. Sie lernen damit das Prinzip der Pufferlösung kennen.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel

Chemikalien: verdünnte Essigsäure, Natriumacetat, Methylorange (oder besser Universalindikator), Wasser

Ausführung. Man stellt zunächst eine konzentrierte Natriumacetatlösung her. Dann werden in zwei Reagenzgläser gleiche Mengen Essigsäure (etwa 3 bis 5 ml) gefüllt und 2 bis 3 Tropfen Indikatorlösung zugesetzt. In eines der beiden Gläser gibt man 3 ml der Acetatlösung, in das andere ebensoviel Wasser. Die Färbung des Indikators ist in beiden Reagenzgläsern zu vergleichen.

Auswertung. Bei Acetationenzusatz verändert sich die Färbung von Methylorange von rot nach orange (bei Universalindikator nach der basischen Seite hin). Die Dissoziation wird zurückgedrängt. Damit verringert sich auch die Konzentration der den Säuregrad bestimmenden Wasserstoffionen.

Analoge Versuche. Entsprechende Experimente können mit anderen schwachen Säuren und ihren Salzen durchgeführt werden. Das Arbeiten mit starken Säuren ist unzweckmäßig. Da sie sehr stark dissoziieren, können die Effekte nicht gut beobachtet werden. Ferner ist es möglich, schwache Basen und davon abgeleitete Salze zu untersuchen (Ammoniumhydroxyd und Ammoniumsalze).

Versuch 123: Untersuchung des Löslichkeitsgleichgewichtes von Kaliumperchlorat

Ziel des Versuches. Es soll erkennbar werden, daß bei gleichionigem Zusatz aus gesättigten Salzlösungen Salz ausgefällt wird.

Geräte: 4 Reagenzgläser, Trichter, Rundfiller, Reagenzglasständer, 2 Tropfpipetten, Spatel

Chemikalien: Kaliumchlorid, Kaliumsulfat, Perchlorsäure, Wasser

Ausführung. Man stellt eine gesättigte Kaliumperchloratlösung her, indem zu einer Kaliumchloridlösung so lange tropfenweise Perchlorsäure gegeben wird, bis kein Niederschlag mehr auftritt. Dann ist zu filtrieren und das Filtrat auf zwei Reagenzgläser zu verteilen. Nun gibt man einige Tropfen einer zuvor bereiteten konzentrierten Kaliumsulfatlösung in eines der Reagenzgläser mit Kaliumperchloratlösung. Dem anderen werden einige Tropfen Perchlorsäure zugesetzt.

Auswertung. Die gesättigte Kaliumperchloratlösung enthält außer undissoziiertem Salz Kalium- und Perchlorationen entsprechend dem Gleichgewicht:



Bei Zusatz eines der Ionen wird die Dissoziation zurückgedrängt. Das dabei entstehende Kaliumperchlorat fällt, da der Sättigungsgrad überschritten wird, als Niederschlag aus.

Stickstoffgruppe

Versuch 124: Darstellung von Stickstoff aus der Luft¹⁾

Ziel des Versuches. Stickstoff soll aus der Luft dargestellt werden. Dann sind seine Eigenschaften zu untersuchen. Es wird die Erkenntnis vertieft, daß Luft ein Gasgemisch ist.

Geräte: Grundgerät 10, 4 Reagenzgläser mit passenden Stopfen, Gummigebläse, großes Becherglas als pneumatische Wanne, Glaswolle, Spiritusbrenner, Stativ, an einem Ende zweifach rechtwinklig gebogener Eisendraht, sehr dünne Kerze, Spatel
Chemikalien: Kupferstäbchen oder Kupferdrahtnetzrolle, Wasser, Kalkwasser

Hinweis. Die Kupferstäbchen können durch Reduktion von Kupferoxydstäbchen im Wasserstoffstrom hergestellt werden.

Ausführung. Man stellt die Versuchsanordnung nach Abbildung 13 zusammen. Das Kupfer wird erhitzt und mit dem Gebläse ein mäßi-

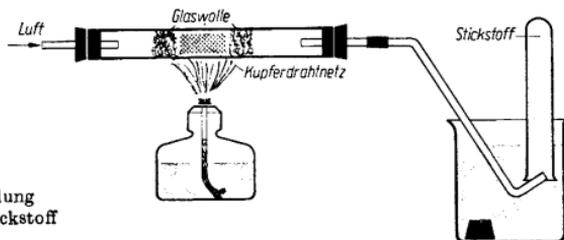


Abb. 13
Darstellung
von Stickstoff

ger Luftstrom durch die Apparatur gedrückt. In den Reagenzgläsern fängt man das Gas pneumatisch auf. Dann wird in eines der mit Stickstoff gefüllten Gläser auf einem am unteren Ende zweifach rechtwinklig gebogenen Draht eine brennende Kerze eingeführt. In ein zweites bringt man etwa 1 ml Kalkwasser, verschließt es sofort wieder mit dem Stopfen und schüttelt kräftig. Von den restlichen beiden Reagenzgläsern wird eines mit der Öffnung nach oben, das andere mit der Öffnung nach unten gehalten. Man entfernt von den Gläsern gleichzeitig die Stopfen, wartet etwa zwei Minuten und führt dann eine brennende Kerze ein.

¹⁾ Einfachste Versuche dazu sind auf den Seiten 24 und 25 zu finden.

Auswertung. Das erhitzte Kupfer bindet den Sauerstoff des Luftstromes. Dabei wird Kupfer(II)-oxyd gebildet. Den in der Luft enthaltenen Stickstoff fängt man im Reagenzglas auf. Die Prüfung mit der brennenden Kerze zeigt, daß das Gas nicht brennbar ist und die Verbrennung nicht unterhält. Zum Unterschied von Kohlendioxyd trübt Stickstoff Kalkwasser nicht. Er ist leichter als Luft.

Abwandlung des Versuches. Die Reaktion kann quantitativ ausgewertet werden, wenn man das Verbrennungsrohr beiderseits mit je einer Gasmeßglocke oder einem Kolbenprober (vgl. Versuch 7, Seite 25) verbindet. Dabei wird ein abgemessenes Luftvolumen mehrmals langsam über das erhitzte Kupfer gedrückt.

Versuch 125: Austreiben von Ammoniak aus seiner wäßrigen Lösung durch Erhitzen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß die Löslichkeit des Ammoniaks mit steigender Temperatur abnimmt.

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner*
Chemikalien: *wenig verdünnte Ammoniaklösung*

Ausführung. Man füllt etwa 1 bis 2 Milliliter Ammoniaklösung in ein Reagenzglas. Dann wird vorsichtig die Geruchprobe durchgeführt und leicht erwärmt.

Auswertung. Im Raum breitet sich ein intensiver Ammoniakgeruch aus, da das Gas beim Erhitzen von Ammoniaklösung entweicht. Danach ist der Klassenraum zu lüften!



Versuch 126: Austreiben von Ammoniak aus seiner wäßrigen Lösung durch schwerer flüchtige Basen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen trockenes Ammoniak darstellen und einige seiner Eigenschaften untersuchen.

Geräte: *Grundgerät 9a oder Grundgerät 5 mit Tropfpipette, Stativ, 2 Reagenzgläser, Kerze, an einem Ende zweifach rechtwinklig gebogener Eisendraht, rechtwinklig gebogenes Glasrohr, Schlauchstück (5 cm), Reagenzglasständer, Spatel*

Chemikalien: *konzentrierte Ammoniaklösung, festes Natriumhydroxyd, neutrales Lackmuspapier, Wasser*

Ausführung. Man gibt ein wenig festes Natriumhydroxyd in das Reagenzglas von Grundgerät 9a, das senkrecht am Stativ befestigt wird. Dann füllt man den Tropftrichter mit konzentrierter Ammoniaklösung und läßt diese langsam in das Reagenzglas tropfen. Beim Benutzen des Grundgerätes 5 werden einige Milliliter Ammoniaklösung mit der Pipette zugegeben und die Gasableitung aufgesetzt. Nötigenfalls müssen wiederholt kleinere Mengen nachgefüllt werden. In das entweichende Gas hält man zunächst einen Streifen feuchtes Lackmuspapier. Dann wird versucht, das aus-

strömende Gas zu entzünden. Hierauf leitet man Ammoniak in ein Reagenzglas, dessen Öffnung nach oben gerichtet ist, und stellt das Glas offen in den Reagenzglasständer. In ein zweites Reagenzglas wird von unten Ammoniak eingeleitet. Anschließend ist in beide Gläser eine brennende Kerze einzuführen.

Auswertung. Festes Natriumhydroxyd treibt Ammoniak aus seiner Lösung aus. Ammoniak färbt feuchtes Lackmuspapier blau. Es ist in Luft nicht brennbar und unterhält die Verbrennung nicht. Da Ammoniak geringere Dichte besitzt als Luft, kann es durch Luftverdrängung aufgefangen werden, wenn es von unten in Gefäße eingeleitet wird.

Abwandlung des Versuches. Es ist vorteilhaft, gekörnten Natronkalk als Festsubstanz zu benutzen. Ammoniak läßt sich auch pneumatisch auffangen, wenn Paraffinöl oder eine andere, Ammoniak nicht lösende Sperrflüssigkeit benutzt wird.

Versuch 127: Qualitative Analyse des Ammoniaks

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß Ammoniak eine Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff ist.

Ausführung a

Geräte: Grundgerät 9a, Grundgerät 10, Reagenzglas mit Stopfen, großes Becherglas als pneumatische Wanne, Winkelrohr, Bunsenbrenner, Kerze, 2 Schlauchstücke (5 cm), Spatel

Chemikalien: Kupfer(II)-oxyd (Stäbchen oder gekörnt), konzentrierte Ammoniaklösung, Natriumhydroxyd (Plätzchen), Wasser, Kalkwasser

Ausführung b

Geräte: 2 große Standzylinder mit Deckplatten, Spiritusbrenner, Holzspan, Grundgerät 5 oder 9a zur Ammoniakentwicklung, Grundgerät 5 oder 9a zur Sauerstoffentwicklung, 2 Winkelrohre, Schlauchstück (5 cm)

Chemikalien: konzentrierte Ammoniaklösung, Natriumhydroxyd (Plätzchen), 3%ige Wasserstoffperoxydlösung, Braunstein, Kalkwasser

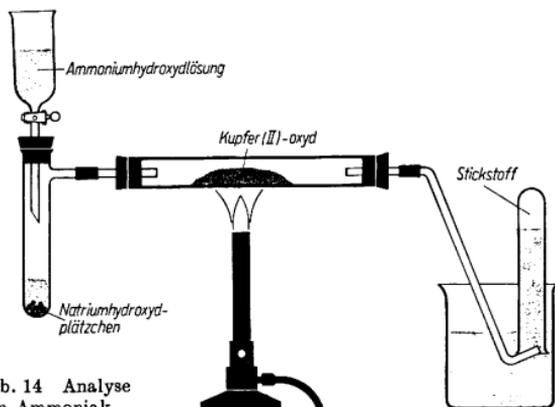
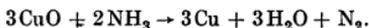


Abb. 14 Analyse von Ammoniak

Ausführung a. Die Apparatur wird nach Abbildung 14 zusammengesetzt und das Kupfer(II)-oxyd auf dunkle Rotglut erhitzt. Dann beginnt man Ammoniak zu entwickeln. Nötigenfalls wird die Ammoniakentwicklung durch schwaches Erwärmen gefördert. Ist die Luft aus dem Verbrennungsrohr verdrängt, so wird das entweichende Gas pneumatisch aufgefangen und mit einer brennenden Kerze und Kalkwasser geprüft. Der kältere Teil des Verbrennungsrohres ist zu beobachten.

Ausführung b. In den einen, mit der Öffnung nach unten gerichteten Zylinder wird durch Luftverdrängung Ammoniak gefüllt. Dann wird er mit einer Deckplatte verschlossen. Den anderen Zylinder füllt man von oben durch Luftverdrängung mit Sauerstoff.¹⁾ Beide Zylinder werden mit den Öffnungen übereinandergestellt, die Deckplatten herausgezogen und die Gase gut durchmischt. Nun entzündet man das Ammoniak-Sauerstoff-Gemisch mit einem brennenden Holzspan. Danach sind die Wandungen des Zylinders zu betrachten. Abschließend gibt man rasch einige Milliliter Kalkwasser in einen Zylinder, verschließt ihn mit einer Deckplatte und schüttelt.

Auswertung. Kupfer(II)-oxyd wird bei Ausführung a durch den im Ammoniak enthaltenen Wasserstoff reduziert. Dabei entsteht Wasser, das sich an der kalten Wand des Verbrennungsrohres niederschlägt. Das pneumatisch aufgefangene Gas wird als Stickstoff identifiziert. Man läßt die Reaktionsgleichung aufstellen:



Das Ammoniak-Sauerstoff-Gemisch von Ausführung b brennt schnell mit gelblicher Flamme ab. Danach ist an der Gefäßwand ein Wasserbeschlag feststellbar. Mit Kalkwasser ergibt das in den Zylindern enthaltene Restgas keine Trübung.

Abwandlung des Versuches. Die bei Ausführung a angestrebten Erkenntnisse sind auch bei der im folgenden beschriebenen Versuchsdurchführung zu vermitteln: In das Reagenzglas A von Grundgerät 7 werden mit einer Pipette etwa 0,5 ml konzentrierte Ammoniaklösung gegeben und bis etwa 2 cm unter die Reagenzglasöffnung Kupfer(II)-oxyd eingefüllt. Dann wird die Gasableitung aufgesetzt und das Glas schräg an einem Stativ befestigt. Nun erhitzt man das Kupfer(II)-oxyd im oberen Teil des Reagenzglases auf Rotglut und treibt anschließend Ammoniak durch fächelndes Erhitzen des Reagenzglasbodens aus. Das entweichende Gas wird pneumatisch im Reagenzglas B aufgefangen und identifiziert. Das benutzte Kupfer(II)-oxyd kann durch Glühen in einer Porzellanschale regeneriert werden. Ist kein stäbchenförmiges oder gekörntes Kupfer(II)-oxyd vorhanden, so kann für Ausführung a auch pulverförmiges verwendet werden. Die Substanz wird am besten in ein Porzellanschiffchen oder auf eine Magnesiarinne gegeben.

¹⁾ Hierbei können vorteilhaft je zwei Schülergruppen gemeinsam arbeiten, die eine entwickelt Sauerstoff, während die andere Ammoniak bereitstellt.

Versuch 128: Löslichkeit des Ammoniaks in Wasser (Springbrunnenversuch)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß Ammoniak in Wasser leicht löslich ist.

Geräte: Grundgerät 4, Reagenzglas mit einfach durchbohrtem Stopfen und kurzer, nach innen gerichteter Düse, Schlauchstück (4 cm), Reagenzglas mit seitlichem Ansatzrohr, Gummistopfen mit langem Glasrohr, Spatel
Chemikalien: konzentrierte Ammoniaklösung, Natriumhydroxyd (Plätzchen), Lackmuslösung

Ausführung. Man füllt in das Reagenzglas mit seitlichem Ansatzrohr Wasser, dem Lackmuslösung zugesetzt wurde, und verschleißt das Glas mit dem Stopfen, durch den ein längeres Glasrohr geführt ist. Nun werden in das Reagenzglas von Grundgerät 4 mit dem Spatel einige Plätzchen Ätznatron gebracht. Dazu gibt man etwas Ammoniaklösung und verschleißt das Glas. Das entweichende Gas ist in einem Reagenzglas aufzufangen, das man über die Düse von Grundgerät 4 stülpt. Danach wird der Ammoniakentwickler in den Abzug gestellt.¹⁾ Das gasgefüllte Glas wird mit dem Stopfen verschlossen, in dem die ins Glasinnere führende Düse steckt. Nun verbindet man die Düse durch ein kurzes Schlauchstück mit dem Reagenzglas mit seitlichem Ansatzrohr (Abb. 15). Kurzes Einblasen von Luft in das seitliche Rohr leitet die Reaktion ein.

Auswertung. Ammoniak löst sich sehr leicht in Wasser. Nach Einsetzen der Reaktion wird infolge des entstehenden Unterdrucks in dem mit Ammoniak gefüllten Reagenzglas stürmisch weiteres Wasser angesaugt.

Abwandlung des Versuches. Ammoniak kann auch wie in Versuch 125 aus konzentrierter Ammoniaklösung ausgetrieben werden. Weitere Möglichkeiten zur Demonstration der großen Löslichkeit von Ammoniak in Wasser sind dem Versuch 84 zu entnehmen.

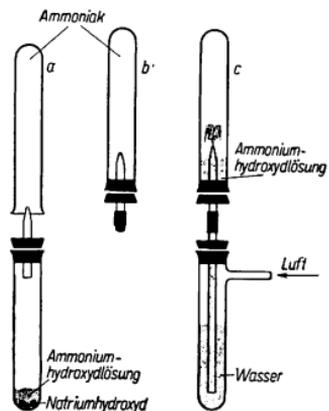


Abb. 15 Löslichkeit von Ammoniak in Wasser

- Entwickeln von Ammoniak und Einfüllen des Gases in ein Reagenzglas durch Luftverdrängung
- Verschließen des mit Ammoniak gefüllten Reagenzglases
- Aufsetzen des Glases auf das wassergefüllte Reagenzglas mit seitlichem Ansatzrohr

¹⁾ Man sammelt die Gläser mit einem Reagenzglasständer ein und stellt sie in den Abzug.

Versuch 129: Nachweis von Ammoniak mit konzentrierter Salzsäure

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine Nachweisreaktion für Ammoniak kennenlernen.

Ausführung a

Geräte: *Uhrglas, Wattebausch, Tropfpipette, Glasstab*

Chemikalien: *konzentrierte Ammoniaklösung, konzentrierte Salzsäure*

Ausführung b

Geräte: *2 Uhrgläser*

Chemikalien: *wie bei Ausführung a*

Ausführung a. Auf ein Uhrglas wird ein Wattebausch gelegt und mit einigen Tropfen konzentrierter Ammoniaklösung getränkt. In seine Nähe bringt man einen Glasstab mit einem Salzsäuretropfen.

Ausführung b. Man stellt zwei Uhrgläschen nebeneinander und gibt auf das eine wenige Tropfen konzentrierte Ammoniaklösung, auf das andere wenige Tropfen konzentrierte Salzsäure. Dann wird leicht über die Substanzen gefächelt oder geblasen.

Auswertung. Es bildet sich weißer Rauch von Ammoniumchlorid. Dafür ist die Reaktionsgleichung aufzustellen.

Versuch 130: Nachweis von Ammoniak im Stallmist

Ziel des Versuches. Den Schülern ist zu zeigen, daß Stallmist an die Luft Ammoniak abgibt und deshalb schnell untergepflügt werden muß, nachdem er auf den Acker gebracht wurde.

Geräte: *Standzylinder mit Deckplatte, Glasstab*

Chemikalien: *halbverrotteter Stallmist, rotes Lackmuspapier, konzentrierte Salzsäure*

Ausführung. Wenig halbverrotteter Stallmist wird in einen Standzylinder gegeben. Darüber hält man den Glasstab mit einem Tropfen konzentrierter Salzsäure. Dann wird der Zylinder mit der Deckplatte verschlossen, an deren Unterseite vorher ein Streifen feuchtes rotes Lackmuspapier geklebt wurde.

Auswertung. Aus dem Stallmist entweicht Ammoniak, das durch die Bildung von Ammoniumchloridrauch und mit Lackmuspapier nachgewiesen wird.

Versuch 131: Darstellen von Ammoniumsalzen

Ziel des Versuches. Es ist zu der Erkenntnis zu führen, daß Ammoniumhydroxyd ebenso wie andere Basen mit Säuren Salze bildet.

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglasständer, Tropfpipette, Objektträger, Glasstab, Spiritusbrenner*

Chemikalien: *verdünnte Ammoniaklösung, verdünnte Salzsäure, Lackmuspapier oder Phenolphthaleinlösung*

Ausführung. In das Reagenzglas werden etwa 3 ml verdünnte Ammoniaklösung und 1 bis 2 Tropfen des Indikators gegeben. Mit der Pipette setzt man tropfenweise unter Umschütteln stark verdünnte Salzsäure zu, bis der Indikator nach Violett umschlägt (bzw. bei Phenolphthalein farblos wird). Einen Tropfen der entstandenen Salzlösung bringt man mit dem Glasstab auf den Objektträger und erwärmt sehr vorsichtig.

Hinweis. Bei zu starkem Erhitzen kann sich das entstehende Salz wieder zersetzen.

Auswertung. Es entsteht Ammoniumchlorid. Dafür ist die Reaktionsgleichung aufzustellen.

Abwandlung des Versuches. Das Experiment kann vorteilhaft auch als Tüpfelreaktion durchgeführt werden. Dazu tropft man ein wenig verdünnte Ammoniaklösung, etwas Indikatorlösung und Salzsäure auf einen Objektträger und vereinigt die Tropfen mit einem Glasstab. Bei leichtem Erwärmen scheidet sich das feste Salz aus.

Analoge Versuche. In der beschriebenen Weise können durch Neutralisation von Ammoniumhydroxyd mit stark verdünnter Schwefelsäure Ammoniumsulfat und mit stark verdünnter Salpetersäure Ammoniumnitrat dargestellt werden. Ammoniumnitrat sollte jedoch nicht durch Eindampfen, sondern durch Eindunsten gewonnen werden (Explosionsgefahr).



Versuch 132: Zersetzen von Ammoniumchlorid durch Erhitzen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Hitzeempfindlichkeit von Ammoniumsalzen erkennen.

Ausführung a

Geräte: Kugelrohr, Stativ, Spiritusbrenner, Spatel

Chemikalien: Ammoniumchlorid, blaues und rotes Lackmuspapier

Ausführung b

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Glasstab, Watte, Spatel

Chemikalien: Ammoniumchlorid, konzentrierte Salzsäure, rotes Lackmuspapier

Ausführung a. Das Kugelrohr wird der Abbildung 16 entsprechend an einem Stativ befestigt. Dann gibt man ein wenig festes Ammoniumchlorid hinein und legt in den oberen Rohransatz feuchtes rotes, in den unteren feuchtes blaues Lackmuspapier. Das Salz wird erhitzt.

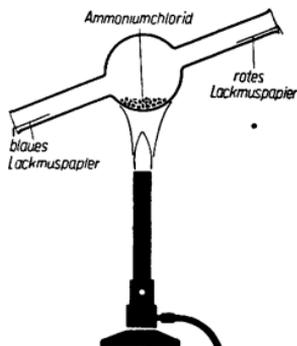


Abb. 16 Thermische Zersetzung von Ammoniumchlorid

Ausführung b. Man schüttet etwas Ammoniumchlorid in das Reagenzglas und klebt in das Glas nahe seiner Öffnung einen angefeuchteten roten Lackmuspapierstreifen. Das Reagenzglas wird mit einem lockeren Wattebausch verschlossen, geneigt gehalten und langsam erwärmt. Dann hält man vor die Öffnung einen mit konzentrierter Salzsäure angefeuchteten Glasstab und erhitzt weiter.

Auswertung. Am Farbumschlag der Lackmuspapierstreifen bei Ausführung a wird erkennbar, daß sich Ammoniumchlorid in Ammoniak und Chlorwasserstoff zersetzt. Ammoniak ist leichter als Luft und steigt nach oben, Chlorwasserstoff ist schwerer als Luft. Bei Ausführung b wird ebenfalls das Entweichen von Ammoniak und Chlorwasserstoff nachgewiesen. Man läßt die Reaktionsgleichung für die thermische Zersetzung aufstellen.

Abwandlung des Versuches. Anstelle des Kugelrohrs kann bei Ausführung a ein Verbrennungsrohr verwendet werden. Das Ammoniumchlorid wird im schräg eingespannten Rohr durch einen Glaswolle- oder Asbestwollebausch festgehalten. Zusätzlich kann an das untere Rohrende ein mit Ammoniaklösung befeuchteter, an das obere ein mit Salzsäure befeuchteter Glasstab gehalten werden.

Analoger Versuch. Ammoniumsulfat wird in gleicher Weise erst schwach, dann kräftiger erhitzt.

Versuch 133: Zersetzung von Ammoniumcarbonat durch Erhitzen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß auch Ammoniumcarbonat beim Erhitzen vollständig zersetzt wird.

Geräte: 2 Reagenzgläser, durchbohrter Stopfen mit rechtwinklig gebogenem Glasrohr, Glasstab, Spiritusbrenner, Stativ oder Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Spatel

Chemikalien: Ammoniumcarbonat, konzentrierte Salzsäure, Kalkwasser

Ausführung. In ein Reagenzglas wird ein wenig festes Ammoniumcarbonat gebracht. Dann befestigt man das Glas waagrecht am Stativ und erhitzt leicht. Mit einem in Salzsäure getauchten Glasstab wird auf Ammoniak geprüft. Darauf verschließt man das Reagenzglas mit der Gasableitung und erhitzt weiter. Hierbei wird das Ableitungsrohr in ein weiteres Reagenzglas mit einigen Millilitern Kalkwasser eingetaucht. Der Versuch wird beendet, wenn das Salz vollständig zersetzt ist.

Auswertung. Bei der Zersetzung von Ammoniumcarbonat werden Ammoniak und Kohlendioxyd nachgewiesen. Am kalten Teil des Gefäßes schlagen sich Wassertröpfchen nieder. Es verbleiben keine festen Rückstände. Man läßt die Reaktionsgleichung aufstellen.

Abwandlung des Versuches. Das Kohlendioxyd läßt sich auch mit einem Tropfen Kalkwasser nachweisen, den man an einem schwarz lackierten Glasstab zur Glasöffnung führt. Ferner kann man unmittelbar unter die Reagenzglasöffnung des waagrecht eingespannten Glases ein Uhrglas mit wenigen Tropfen Kalkwasser halten.

Versuch 134: Wirkungsweise des Lötsteins

Ziel des Versuches. Es wird die Wirkungsweise des Lötsteins beim Reinigen von LötKolben erklärt.

Geräte: *Uhrglas, Spiritusbrenner, Kupferdrahtstücke (3 mm × 50 mm), Holzstück mit Bohrung, Spatel*
Chemikalien: *Ammoniumchlorid oder Lötstein*

Ausführung. Die Kupferdrahtstücke werden in die Bohrung eines als Griff dienenden Holzstückes eingesetzt und in der Brennerflamme oxydiert. Anschließend taucht man sie noch heiß in das auf dem Uhrglas befindliche Ammoniumchlorid ein oder reibt sie am Lötstein.

Auswertung. Die Kupferdrahtstücke werden durch die entstehenden Salzsäuredämpfe von ihrer Oxydhaut befreit. Das sich bildende Kupfer(II)-chlorid verdampft in der Hitze. Die Reaktionsgleichungen sind aufzustellen.

Hinweis. Es empfiehlt sich, den Versuch mit Lötarbeiten zu verbinden (Unterrichtstag in der Produktion!).

Versuch 135: Auflösen von Ammoniumnitrat in Wasser

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine Kältemischung herstellen und deren Wirkungsweise kennenlernen.

Geräte: *Becherglas, Thermometer, kleines Reagenzglas, Glasstab, Spatel*
Chemikalien: *Wasser, kristallwasserfreies Ammoniumnitrat*

Ausführung. In ein Becherglas werden 30 ml Wasser gefüllt und dessen Temperatur bestimmt. Darin löst man unter Umrühren möglichst rasch 30 g kristallwasserfreies Ammoniumnitrat und beobachtet die Temperaturveränderung. In das kleine Reagenzglas werden 1 bis 2 ml Wasser gefüllt. Nun taucht man es für einige Minuten in die Lösung.

Auswertung. Beim Auflösen des kristallwasserfreien Salzes wird Wärme verbraucht. Die beträchtliche Temperaturenniedrigung läßt das Wasser im kleinen Reagenzglas gefrieren.

Abwandlung des Versuches. Mit geringeren Substanzmengen kommt man aus, wenn das Salz in einem kleinen Reagenzglas gelöst wird, das zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist. Dieses Glas führt man dann in ein etwas weiteres und kürzeres Reagenzglas ein, das sehr wenig Wasser enthält.

Versuch 136: Austreiben von Ammoniak aus Ammoniumverbindungen durch schwerer flüchtige Basen – Nachweis von Ammoniumverbindungen

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß Ammoniumverbindungen durch schwerer flüchtige Basen zersetzt werden, indem diese Ammoniumhydroxyd aus seinen Salzen verdrängen. Auf die

Analogie im Verhalten schwerer flüchtiger Säuren gegenüber Salzen leichter flüchtiger Säuren ist dabei hinzuweisen. Durch den Versuch wird eine einfache Nachweisreaktion von Ammoniumverbindungen vermittelt.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reibschale mit Pistill, Glasstab, Reagenzglasständer, Spatel, Tropfpipette

Chemikalien: Ammoniaklösung, Ammoniumsalze, festes Natriumhydroxyd, Natronlauge, festes Kaliumhydroxyd, Kalilauge, rotes Lackmuspapier, konzentrierte Salzsäure

Ausführung a. In Reagenzgläsern wird auf die festen oder gelösten Hydroxyde Ammoniaklösung getropft.¹⁾ Über die Öffnung der Gläser hält man einen Streifen feuchtes rotes Lackmuspapier und prüft das entweichende Gas mit einem Tropfen konzentrierter Salzsäure.

Ausführung b. Zu festen oder gelösten Ammoniumsalzen werden im Reagenzglas je einige Tropfen einer Hydroxydlösung gegeben.¹⁾ Das entweichende Gas ist wiederum mit Lackmuspapier und konzentrierter Salzsäure zu prüfen.

Ausführung c. In der Reibschale wird ein Ammoniumsalz mit einigen Plätzchen Natriumhydroxyd verrieben. Darüber hält man einen Glasstab mit einem Tropfen konzentrierter Salzsäure. Hierauf wird die Reibschale mit einem Uhrglas bedeckt, dessen Ober- und Unterseite jeweils mit einem angefeuchteten roten Lackmuspapierstreifen über Kreuz beklebt ist.

Auswertung. Bei den Proben wird Ammoniak frei, das durch den Geruch (Vorsicht!), die Blaufärbung roten Lackmuspapiers und die Bildung von Ammoniumchloridrauch nachweisbar ist. Es sind die Gleichungen für die Reaktionen aufzustellen.

Abwandlung des Versuches. Gelöste Ammoniumverbindungen können auch in einer Tüpfelprobe untersucht werden. Dazu gibt man Tropfen der Lösungen und einer Alkalilauge nebeneinander auf Objektträger und vereinigt sie mit einem Glasstab.

Versuch 137: Darstellung von Nitraten

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen anhand der allgemeinen Gleichungen für die Salzbildung Nitrate darstellen.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Grundgerät 4, Spiritusbrenner, Objektträger, Glasstab, Tropfpipette, Reagenzglasständer, Reagenzglashalter, Spatel
Chemikalien: Magnesiumspäne, Kupfer(II)-oxyd, verdünnte Natronlauge, stark verdünnte Salpetersäure, Lackmuslösung

Ausführung. In das Grundgerät 4 wird eine Spatelspitze Magnesiumspäne gegeben und mit verdünnter Salpetersäure übergossen. Man verschließt das Glas und fängt das aus der Düse austretende Gas in einem darübergestülpten Reagenzglas auf. Das Gas wird mittels der Knallgasprobe identifiziert. Nach vollständiger Umsetzung

¹⁾ Dabei kann getrennt-gemeinschaftlich gearbeitet werden.

sind wenige Tropfen der entstandenen Lösung auf dem Objektträger einzudampfen.

In ein weiteres Reagenzglas gibt man eine Spatelspitze Kupfer(II)-oxyd und tropft verdünnte Salpetersäure hinzu. Dann wird vorsichtig erwärmt. Einen Tropfen der entstehenden Lösung dampft man ebenfalls auf dem Objektträger ein.

Nun gibt man in das dritte Reagenzglas 2 ml verdünnte Natronlauge sowie 2 bis 3 Tropfen Lackmullösung und tropft bis zur Neutralisation unter Umschütteln stark verdünnte Salpetersäure hinzu. Eine Probe der entstandenen Lösung wird wieder auf dem Objektträger eingedampft.

Aus Sicherheitsgründen darf der bei der Umsetzung von Metall und Säure ausströmende Wasserstoff nicht an der Düse entzündet werden.



Auswertung. Verdünnte Salpetersäure bildet mit unedlen Metallen, Metalloxyden und Hydroxyden Nitrate. Die Beispiele dafür sind als Gleichungen zu erfassen.

Abwandlung des Versuches. Die Lösungen lassen sich auch im Reagenzglas oder in der Abdampfschale eindampfen. Geringe Mengen der Lösungen sollte man auch eindunsten und später unter dem Mikroskop betrachten lassen. Die Neutralisation kann mit Büretten als Titration durchgeführt und quantitativ ausgewertet werden (Vgl. Versuch 56, Seite 59!).

Analoge Versuche. Es ist zweckmäßig, auch andere Metalle (Zink, Kupfer, Eisen), Metalloxyde (Magnesiumoxyd, Zinkoxyd) und Hydroxyde (Kalilauge, Kalkwasser) einzusetzen, wobei das getrennt-gemeinschaftliche Arbeiten besonders empfohlen werden kann.

Versuch 138: Erhitzen von Kaliumnitrat im Reagenzglas

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen feststellen, daß sich Kaliumnitrat beim Erhitzen leicht zersetzt, wobei Sauerstoff frei wird. Dadurch ist die Erkenntnis zu vermitteln, daß Kaliumnitrat ein Oxydationsmittel ist.

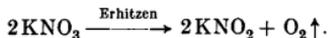
Geräte: *Reagenzglas, Abdampfschale mit Wasser, Stativ, Holzspan, Spiritusbrenner, Schutzbrille, Spatel*
Chemikalien: *festes Kaliumnitrat*

Ausführung. Das Reagenzglas wird 1 bis 2 cm hoch mit Kaliumnitrat gefüllt, senkrecht am Stativ befestigt und so lange erhitzt, bis die Schmelze siedet. Dann führt man die Spanprobe durch. Es empfiehlt sich, eine flache, wassergefüllte Schale unter das Reagenzglas zu stellen sowie die Schutzbrille zu tragen.



Hinweis. Die Schmelze muß genügend lange erhitzt werden, wenn der Sauerstoffnachweis überzeugend ausfallen soll.

Auswertung. Durch die Spanprobe wird nachgewiesen, daß die Nitratschmelze Sauerstoff abgibt. Die Reaktionsgleichung dafür ist aufzustellen:



Abwandlung des Versuches. Das Experiment läßt sich auch in einem Glühröhrchen ausführen, das mit der Tiegelzange gefaßt wird. Die oxydierende Wirkung der Nitrats ist ferner sehr gut zu veranschaulichen, indem ein Stückchen Holzkohle auf die Schmelze gegeben wird. Anstelle von Kaliumnitrat kann man Natriumnitrat benutzen.

Versuch 139: Zersetzen von Schwermetallnitraten durch Erhitzen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Schwermetallnitrats erhitzen und deren Reaktion mit dem Verhalten der Alkalinitrats vergleichen.

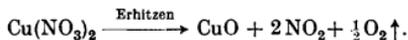
Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Holzspan, Spatel
Chemikalien: Kupfer(II)-nitrat oder Blei(II)-nitrat

Ausführung. 1 bis 2 kleine Kristalle Kupfer(II)-nitrat oder Blei(II)-nitrat werden im Reagenzglas erhitzt. An die Glasöffnung hält man einen glimmenden Holzspan.



Die angegebenen Mengen sind genau einzuhalten, um eine zu starke Entwicklung von Stickoxyden zu verhindern.

Auswertung. Bei der Zersetzung von Schwermetallnitraten bilden sich Stickstoffdioxid und Sauerstoff. Die Metalloxyde bleiben zurück. Für die Reaktionen sind Gleichungen aufzustellen, beispielsweise:



Abwandlung des Versuches. Die Reaktion kann im Glühröhrchen ausgeführt werden. Dazu ist weniger starkes Erhitzen notwendig.

Versuch 140: Nachweis des Stickstoffs in Kaliumnitrat

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Nitrats als Stickstoffverbindungen identifizieren.

Geräte: Grundgerät 7, Stativ, Spiritusbrenner, Kerze, Tropfpipette, Spatel
Chemikalien: Kaliumnitrat, Eisenpulver, Wasser, Kalkwasser

Ausführung. In Reagenzglas A des Grundgerätes 7 gibt man ein Gemenge, das aus 0,25 g Kaliumnitrat und 5 g Eisenpulver besteht.¹⁾ Dann wird die Gasableitung aufgesetzt, das Glas schräg eingespannt und vorsichtig erhitzt. Das entweichende farblose Gas fängt man in Glas B pneumatisch auf und prüft es mit der brennenden Kerze, mit Kalkwasser und auf seinen Geruch. Bevor das Erhitzen beendet wird, ist das Ableitungsrohr aus der pneumatischen Wanne zu entfernen.

Auswertung. Die Kerze erlischt, Kalkwasser bleibt ungetrübt, das Gas ist geruchlos. Daraus wird geschlossen, daß es sich um Stickstoff handelt.

¹⁾ Das Gemenge ist zweckmäßig zuvor für die ganze Klasse bereitzustellen.

Abwandlung des Versuches. Es läßt sich auch Natriumnitrat verwenden. — Das entweichende Gas kann ebenfalls in ein Reagenzglas mit Kalkwasser oder Barytwasser eingeleitet werden.

Versuch 141: Nachweis von Nitrationen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine wichtige Nachweisreaktion der qualitativen Analyse kennenlernen. Dabei erkennen sie, daß zum Nachweis von Ionen neben Fällungsreaktionen auch Farbreaktionen benutzt werden können.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spiritusbrenner, Tropfpipette, Spatel

Chemikalien: festes Natriumnitrat, konzentrierte und verdünnte Schwefelsäure, gepulvertes Eisen(II)-sulfat, destilliertes Wasser

Ausführung. Etwas Natriumnitrat wird in ein Reagenzglas gegeben und in destilliertem Wasser gelöst. Im zweiten Reagenzglas löst man 1 g Eisen(II)-sulfat in 5 ml destilliertem Wasser und säuert schwach mit verdünnter Schwefelsäure an. Dazu werden einige Tropfen der Nitratlösung gegeben. Nach Umschütteln des Reagenzglases hält man es schräg und tropft aus der Pipette so konzentrierte Schwefelsäure zu, daß die Säure an der Reagenzglaswand herunterfließt und die Lösung unterschichtet (Abb. 17).

Hinweise. Das Eisen(II)-sulfat darf nicht oxydiert sein. Die Lösung muß für die jeweilige Unterrichtsstunde frisch zubereitet werden. — Bei der Zugabe der Schwefelsäure darf man das Glas nicht bewegen.

Auswertung. An der Trennfläche zwischen Probelösung und Schwefelsäure bildet sich bei Anwesenheit von Nitrationen ein brauner Ring, bestehend aus einer Eisenkomplexverbindung.

Analoge Versuche. Ebenso können weitere Lösungen auf Nitrationen geprüft werden.

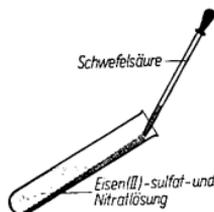


Abb. 17 Nachweis von Nitrationen

Versuch 142: Darstellen von Phosphorsäure aus Phosphor(V)-oxyd

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen anhand der allgemeinen Gleichung für die Säurebildung Phosphorsäure darstellen:



Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, blaues Lackmuspapier, Spatel

Chemikalien: Phosphor(V)-oxyd, Wasser

Ausführung. Wie bei Versuch 47, Seite 55.

Abwandlung des Versuches. Weiterhin läßt sich das hygroskopische Verhalten von Phosphor(V)-oxyd zeigen, indem man es längere Zeit an der Luft stehenläßt.

Versuch 143: Nachweis des Phosphattons durch Ammoniummolybdat

Ziel des Versuches. Die Schüler lernen eine weitere wichtige analytische Reaktion kennen.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Reagenzglasshalter, 2 Tropfpipetten, Spiritusbrenner, Schutzbrille
Chemikalien: Ammoniummolybdatlösung, konzentrierte Salpetersäure, Phosphatlösungen, verdünnte Phosphorsäure

Ausführung. In beide Reagenzgläser werden je 2 ml Ammoniummolybdatlösung und 1 bis 2 Tropfen Salpetersäure gegeben. Mit der Tropfpipette fügt man in einem Glas wenige Tropfen Phosphatlösung, in dem anderen etwas Phosphorsäure hinzu. Es wird ganz vorsichtig erwärmt (Schutzbrille tragen!).

Auswertung. Es bildet sich ein gelber Niederschlag von Ammoniumphosphormolybdat. Die Fällung wird durch Erwärmen beschleunigt.

ERGÄNZUNGEN

Schwefel

Versuch 144: Physikalische Eigenschaften des Schwefels

Ziel des Versuches. Einige Eigenschaften des Schwefels sind zu untersuchen.

Geräte: Reibschale mit Pistill, Reagenzglasständer, 2 Reagenzgläser, Gummistopfen, Objektträger, Lupe oder Mikroskop, Tropfpipette, Spatel
Chemikalien: Schwefelstücke, Schwefelkohlenstoff, Wasser

Ausführung. Einige Brocken Schwefel werden in der Reibschale zerrieben. Ein wenig von dem erhaltenen Pulver gibt man in ein Reagenzglas, setzt Wasser hinzu und schüttelt kräftig. Nun wird eine Spatelspitze Schwefelpulver in das zweite Reagenzglas gebracht und höchstens 1 ml Schwefelkohlenstoff hinzugesetzt. Danach ist das Reagenzglas sofort mit dem Stopfen zu verschließen. Einen Tropfen der sich bildenden Lösung läßt man auf dem Objektträger eindunsten und betrachtet die entstehenden Kristalle unter der Lupe oder unter dem Mikroskop.

Vorsicht! Die Schüler dürfen für die Untersuchung höchstens 1 ml Schwefelkohlenstoff verwenden. Schon 5 Minuten vor der Arbeit mit Schwefelkohlenstoff sind alle Flammen zu löschen, da seine Dämpfe sich bereits an heißen Metallteilen entzünden können. Schwefelkohlenstoff ist giftig. Es muß deshalb dafür gesorgt werden, daß die Schüler die Dämpfe nicht einatmen. Die Reagenzgläser mit der Substanz sind ständig verschlossen zu halten. Ferner müssen die Versuche bei weit geöffnetem Fenster durchgeführt werden.



Auswertung. Schwefel ist spröde und läßt sich leicht zu feinem Pulver zerreiben. In Wasser ist er unlöslich, gut wird er hingegen von Schwefelkohlenstoff gelöst. Aus Lösungen von Schwefel in Schwefelkohlenstoff kristallisiert rhombischer Schwefel aus.

Hinweis. Die verwendeten Gummistopfen sind nach den Versuchen gut mit einer Lösung von „FW6“ oder „Fit“ zu spülen.

Versuch 145: Vorgänge beim Erhitzen von Schwefel

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen das Verhalten von Schwefel beim Erhitzen untersuchen, um die dabei auftretenden Erscheinungsformen kennenzulernen.

Geräte: *Spiritusbrenner, Reagenzglas, Reagenzglasständer, Reagenzglashalter, Becherglas*

Chemikalien: *Schwefelblüte oder stückiger Schwefel, Wasser*

Ausführung. Wenig Schwefel wird im Reagenzglas unter ständigem Schütteln allmählich bis zum Sieden erhitzt. Dann neigt man das Glas, ohne das Erhitzen zu unterbrechen und läßt die Schmelze in dünnem Strahl in kaltes Wasser fließen.

Auswertung. Schwefel schmilzt bei etwa 120 °C. Dabei entsteht zunächst eine leicht bewegliche honiggelbe Flüssigkeit. Diese wird bei etwa 160 °C schwerflüssig und nimmt braune Farbe an. Nach weiterem Erhitzen wird der Schwefel erneut dünnflüssig. Bei 444,6 °C beginnt er zu sieden. An den kälteren Teilen des Reagenzglases sublimiert Schwefeldampf zu Schwefelblüte. Kühlt man die Schmelze schnell durch Eingießen in Wasser ab, so bildet sich plastischer Schwefel, der langsam wieder in die feste Zustandsform übergeht.

Versuch 146: Bereiten von Schwefelwasserstoffwasser mittels Schwefelwasserstoffpatronen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine Methode zur Darstellung von Schwefelwasserstoff kennenlernen sowie dessen Löslichkeit in Wasser und das Verhalten gegenüber Indikatoren prüfen.

Geräte: *Spiritusbrenner, 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Grundgerät 6, Grundgerät 8, 2 Gummischlauchstücke, Stativ, Tropfpipette*
Chemikalien: *Schwefelwasserstoffpatronen¹⁾, Wasser, gekörnte Aktivkohle, Lackmuspapier, pH-Papier*



Vorsicht beim Arbeiten mit Schwefelwasserstoff! Schwefelwasserstoff ist ein gefährliches Atemgift und wirkt schon in geringsten Konzentrationen lebensgefährlich. Der üble Geruch ist kein hinreichendes Warnzeichen, denn Schwefelwasserstoff lähmt die Atemorgane. Deshalb sollte von den hier angegebenen Versuchsanordnungen, die ein sicheres Arbeiten ermöglichen, nicht abgegangen werden.

Ausführung. Eine Schwefelwasserstoffpatrone wird im Reagenzglas A von Grundgerät 6 mit Wasser überschichtet. Durch die Gasableitung verbindet man das Glas mit dem Grundgerät 8, in das 5 ml Wasser gegeben wurden (Abb. 18). An das seitliche Ansatzrohr wird, über ein Schlauchstück das lange, rechtwinklig gebogene Glasrohr von Grundgerät 8 angeschlossen

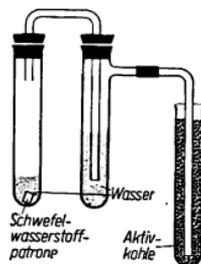


Abb. 18 Bereiten von Schwefelwasserstoffwasser

¹⁾ Diese Patronen werden von VEB Berlin-Chemie, Berlin-Adlershof, hergestellt.

und bis auf den Boden des zweiten Reagenzglases von Grundgerät 6 geführt, das man mit Aktivkohle füllt. Nun ist das erste Glas mehrmals für kurze Zeit vorsichtig zu erhitzen. Abschließend entnimmt man ihm mittels der Tropfpipette etwas von der Flüssigkeit und gibt je einen Tropfen auf p_H -Papier und blaues Lackmuspapier.

Auswertung. Beim Erhitzen der Patrone entwickelt sich ein leicht regulierbarer und schnell zu unterbrechender Schwefelwasserstoffstrom. Das Gas löst sich teilweise in Wasser. Das entstehende Schwefelwasserstoffwasser ist in einem gut verschlossenen Reagenzglas für die folgenden Versuche aufzubewahren. Aus der Reaktion mit p_H -Papier und Lackmuspapier wird erkennbar, daß Schwefelwasserstoff eine Säure ist.

Versuch 147: Oxydation von Schwefelwasserstoff durch Halogene

Ziel des Versuches. Es ist zu zeigen, daß Halogene Schwefelwasserstoff zu elementarem Schwefel oxydieren. Der Versuch eignet sich zur Anwendung des erweiterten Redoxbegriffs.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer

Chemikalien: Schwefelwasserstoffwasser, Chlorwasser, Bromwasser, Jod-Kaliumjodid-Lösung

Ausführung. Man schüttelt je 0,5 ml Schwefelwasserstoffwasser mit der gleichen Menge Chlorwasser, Bromwasser und verdünnter Jod-Kaliumjodid-Lösung.

Auswertung. Die Farbe des Chlors, Broms und Jods verschwindet. Die Proben trüben sich, da Schwefel frei wird. Es sind die Ionen-gleichungen für die Vorgänge aufzustellen, beispielsweise:



Versuch 148: Synthese von Kupfer(I)-sulfid aus den Elementen¹⁾

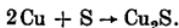
Ziel des Versuches. Es wird gezeigt, daß sich Kupfer beim Erhitzen nicht nur mit Sauerstoff, sondern auch mit dem zur gleichen Gruppe des Periodensystems gehörenden Schwefel verbindet.

Geräte: Spiritusbrenner, Reagenzglas, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer

Chemikalien: kristalliner Schwefel, schmaler Streifen dünnes, blankes Kupferblech

Ausführung. Man bringt das Stück Kupferblech in das Reagenzglas, fügt kristallinen Schwefel hinzu und erhitzt bis zum Sieden.

Auswertung. Es bildet sich schwarzes Kupfer(I)-sulfid. Dafür ist die Reaktionsgleichung aufzustellen:



¹⁾ Die Herstellung von Eisensulfid wurde schon im Versuch 37, Seite 47 beschrieben.

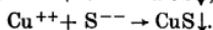
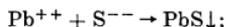
Versuch 149: Fällung von Sulfiden der Schwefelwasserstoffgruppe I

Ziel des Versuches. Die Schüler lernen die Fällung von Sulfiden mit Schwefelwasserstoff aus neutralen und sauren Lösungen kennen.

Geräte: *Spiritusbrenner, 3 Reagenzgläser mit Stopfen, Reagenzglasständer*
Chemikalien: *Schwefelwasserstoffwasser, Bleinitrat- oder Bleiacetalösung, Kupfer(II)-chloridlösung, verdünnte Salzsäure*

Ausführung. Man bringt je 1 ml einer Bleinitratlösung und einer mit Salzsäure angesäuerten Kupfer(II)-chloridlösung in Reagenzgläser. Die Proben werden mit Schwefelwasserstoffwasser versetzt und geschüttelt.¹⁾

Auswertung. Schwefelwasserstoff fällt aus den Lösungen schwarzes Bleisulfid und schwarzes Kupfer(II)-sulfid. Man läßt für die Umsetzungen die Reaktionsgleichungen aufstellen:



Abwandlung des Versuches. Mit Hilfe der bei Versuch 146 beschriebenen Apparatur (Abb. 18) kann Schwefelwasserstoff auch direkt in die Salzlösungen eingeleitet werden.

Versuch 150: Fällung und Trennung von Sulfiden der Schwefelwasserstoffgruppe II

Ziel des Versuches. Es soll erkannt werden, daß einige Sulfide verschieden gefärbt sind. Ferner wird in Verbindung mit Versuch 159 das Prinzip der Trennung aus verschiedenen Bestandteilen bestehender Niederschläge durch selektiv wirkende Lösungsmittel veranschaulicht.

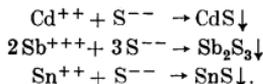
Geräte: *Spiritusbrenner, 6 Reagenzgläser mit Stopfen, Reagenzglasständer, 3 Trichter, 3 Rundfilter*

Chemikalien: *Schwefelwasserstoffwasser (gesättigte Lösung), etwa 1 n salzsaure Antimon(III)-chloridlösung, mit verdünnter Salzsäure schwach angesäuerte Cadmiumchloridlösung, schwach angesäuerte Zinn(II)-chloridlösung, gelbe Ammoniumsulfidlösung, Wasser*

Ausführung. Man bringt je 1 ml Antimon(III)-chloridlösung, Cadmiumchloridlösung und Zinn(II)-chloridlösung in Reagenzgläser¹⁾, erhitzt und fügt etwa gleiche Mengen gesättigtes Schwefelwasserstoffwasser hinzu. Die Gläser werden mit Stopfen verschlossen und geschüttelt. Die erhaltenen Fällungen werden filtriert und mit wenig Wasser zweimal gewaschen. Dann versetzt man die Niederschläge auf dem Filter mit Ammoniumsulfidlösung und sammelt die Filtrate in sauberen Reagenzgläsern.

¹⁾ Es empfiehlt sich, getrennt-gemeinschaftlich zu arbeiten.

Auswertung. Bei den Proben werden ein gelber Niederschlag von Cadmiumsulfid, ein orangefarbener von Antimon(III)-sulfid und ein schokoladenbrauner von Zinn(II)-sulfid ausgefällt. Dafür sind die Reaktionsgleichungen in Ionenschreibweise aufzustellen, zum Beispiel:



Niederschläge von Antimon(III)-sulfid und Zinn(II)-sulfid lösen sich unter Bildung von SbS_4^{---} - und SnS_3^{--} -Ionen in gelber Ammoniumsulfidlösung auf. Cadmiumsulfid wird dagegen nicht gelöst.

Versuch 151: Fällung und Trennung einiger Sulfide der Ammoniumsulfidgruppe

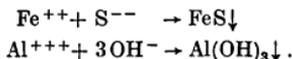
Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine weitere Methode zur Fällung von Sulfiden und zur Trennung der Niederschläge durch selektives Lösen kennenlernen.

Geräte: Reagenzglasständer, 3 Reagenzgläser und Stopfen, 2 Tropfpipetten, Spatel

Chemikalien: gelbe Ammoniumsulfidlösung, Ammoniaklösung, Ammoniumchlorid, Eisen(II)-sulfatlösung, Nickelsulfatlösung, Aluminiumchloridlösung, 2 n Salzsäure, Lackmuspapier

Ausführung. Man gibt je 1 ml Nickelsulfatlösung, Eisen(II)-sulfatlösung und Aluminiumchloridlösung in Reagenzgläser und setzt einen Tropfen Salzsäure und etwas festes Ammoniumchlorid zu. Dann wird tropfenweise Ammoniumhydroxydlösung hinzugegeben, bis die Flüssigkeiten gerade alkalisch reagieren, erwärmt, mit Ammoniumsulfidlösung versetzt und geschüttelt. Anschließend säuert man die Proben mit Salzsäure an.¹⁾

Auswertung. Es bilden sich schwarze Niederschläge von Nickelsulfid und Eisen(II)-sulfid und ein gallertartiger weißer Niederschlag von Aluminiumhydroxyd. Die Gleichungen für die Reaktionen sind in Ionenschreibweise aufzustellen, beispielsweise:



Aluminiumsulfid entsteht nicht, da diese Verbindung in wäßriger Lösung sofort hydrolysieren würde. Beim Ansäuern lösen sich die Niederschläge von Eisen(II)-sulfid und Aluminiumhydroxyd auf.

Ergänzende Versuche. Man kann in einem Parallelversuch Schwefelwasserstoffwasser auf saure Lösungen der genannten Metalle einwirken lassen und damit zeigen, daß sich Fe^{++} , Ni^{++} - und Al^{+++} -Ionen in saurer Lösung nicht durch Sulfidionen fällen lassen.

¹⁾ Es empfiehlt sich, getrennt-gemeinschaftlich zu arbeiten.

Versuch 152: Heparprobe

Ziel des Versuches. Es ist zu zeigen, daß sich die Salze sauerstoffhaltiger Säuren des Schwefels vor dem Lötrohr auf einem Stück Holzkohle zu Sulfiden reduzieren lassen.

Geräte: *Spiritusbrenner, Lötrohr, alter Silberlöffel, Stück Holzkohle, Metallspatel, Tropfpipette*

Chemikalien: *Natriumcarbonat (Soda), Sulfit, Sulfate oder Thiosulfate, Wasser*

Ausführung. Man schabt mit dem Metallspatel eine Vertiefung in das Stück Holzkohle und vermischt eine sehr geringe Menge eines Sulfits, Thiosulfats oder Sulfats mit der doppelten bis dreifachen Menge Natriumcarbonat. Das Gemisch wird vor dem Lötrohr geschmolzen. Der Schmelzkuchen wird nach dem Erkalten mit einem Tropfen Wasser angefeuchtet und auf den Stiel des alten silbernen Löffels gepreßt.¹⁾

Auswertung. Sulfit, Sulfate und Thiosulfate werden auf der Kohle zu Sulfid reduziert. Mit Natriumcarbonat setzen sich die Schwermetallsulfide zu löslichem Natriumsulfid um, das in wäßriger Lösung mit dem Silber reagiert. Dabei entsteht Silbersulfid nach der Gleichung:



Versuch 153: Darstellung von Schwefeldioxyd²⁾ und Untersuchung seiner Eigenschaften

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß Schwefeldioxyd aus Sulfiten dargestellt werden kann. Damit wird erneut ein Beispiel für das Austreiben einer Säure aus ihren Verbindungen durch eine stärkere und schwerer flüchtige Säure gegeben. Die wichtigsten Eigenschaften des Schwefeldioxyds sind zu untersuchen.

¹⁾Geräte: *Grundgerät 9b, Grundgerät 8 mit Aktivkohle als Adsorptionsgefäß für Schwefeldioxyd, 7 Reagenzgläser und Stopfen, Becherglas, Stativ, Kerzenstumpf am doppelt rechtwinklig gebogenen Draht, Kristallierschale*

Chemikalien: *Natriumsulfit oder Natriumhydrogensulfit, Fuchsinlösung, Blütenblätter (durch Eintauchen in Benzin oder Tetrachlormethan von der Wachshaut befreit), verdünnte Schwefelsäure, Wasser, Lackmuspapier*

Ausführung. In Grundgerät 9b läßt man verdünnte Schwefelsäure auf Natriumsulfit oder Natriumhydrogensulfit einwirken und fängt das entstehende Schwefeldioxyd durch Luftverdrängung in den Reagenzgläsern auf, die sofort mit Stopfen verschlossen werden. Nun werden die Eigenschaften von Schwefeldioxyd untersucht. In eines der mit dem Gas gefüllten Reagenzgläser gibt man einige

¹⁾ Die Schüler können getrennt-gemeinschaftlich arbeiten.

²⁾ Die Darstellung von Schwefeldioxyd durch Verbrennen von Schwefel wurde bereits in den Versuchen 3 und 46 beschrieben.

vorbereitete Blütenblätter, in ein zweites tropft man etwas stark verdünnte Fuchsinlösung. Beide Gläser werden sofort wieder geschlossen und geschüttelt. Dann fährt man eine brennende dünne Kerze in ein weiteres Glas mit Schwefeldioxyd ein. Von zwei Reagenzgläsern entfernt man die Stopfen und hält eines mit der Öffnung nach unten. Nach einigen Minuten wird mit der brennenden Kerze der Inhalt beider Gläser geprüft. Abschließend taucht man ein mit Schwefeldioxyd gefülltes Reagenzglas mit der Öffnung unter Wasser und entfernt den Stopfen. Nach einiger Zeit wird das Glas wieder verschlossen und kräftig geschüttelt. Mit Lackmuspapier überprüft man die Reaktion der Flüssigkeit.

Auswertung. Schwefelsäure verdrängt als schwerflüchtige Säure schweflige Säure aus ihren Salzen. Diese zerfällt in Schwefeldioxyd und Wasser. Schwefeldioxyd ist ein farbloses, stechend riechendes Gas, das bleichend wirkt, nicht brennt und die Verbrennung nicht unterhält, Schwefeldioxyd besitzt größere Dichte als Luft. In Wasser löst es sich. Dabei entsteht schweflige Säure.

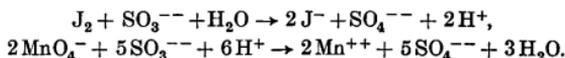
Versuch 154: Schweflige Säure als Reduktionsmittel

Ziel des Versuches. Es soll erkennbar werden, daß schweflige Säure stark reduzierend wirkt.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, 2 Tropfpipetten
Chemikalien: verdünnte Kaliumpermanganatlösung, verdünnte Jod-Kaliumjodid-Lösung, schweflige Säure, Bariumchloridlösung, verdünnte Salzsäure

Ausführung. Man versetzt Lösungen von schwefliger Säure tropfenweise mit verdünnter Jod-Kaliumjodid-Lösung und verdünnter Kaliumpermanganatlösung. Dann wird den Proben Bariumchloridlösung zugegeben und mit Salzsäure angesäuert.

Auswertung. Die schweflige Säure reduziert Jod zu Jodid; die Manganationen werden zu Manganionen reduziert. Die Gleichungen dafür lauten:



Bei den Reaktionen werden die Lösungen entfärbt.

Die Schüler der Oberschule müssen erkennen, daß das SO_3^{--} -Ion zum SO_4^{--} -Ion oxydiert worden ist. In der erweiterten Oberschule kann dieser Vorgang mit Hilfe des erweiterten Redoxbegriffes erklärt werden.

Versuch 155: Rösten von Pyrit

Ziel des Versuches. Das Verhalten von Pyrit beim Erhitzen ist zu untersuchen. Dabei soll das Prinzip des Röstens verständlich werden.

Geräte: Bunsenbrenner, Gummigebläse, Grundgerät 10 mit einem rechtwinklig gebogenen Glasrohr, Kolben mit doppelt durchbohrtem Stopfen, Trockenrohr (Chlorcalciumrohr), Glaswolle, Stativ, Tropfpipette
 Chemikalien: pulverisierter Pyrit, Kaliumpermanganatlösung oder Jod-Kaliumjodid-Lösung, Aktivkohle

Ausführung. Etwas Pyrit wird zwischen wenig Glaswolle in ein Verbrennungsrohr gebracht. Dann stellt man die Versuchsanordnung nach Abbildung 19 zusammen. In das Trockenrohr wird etwas

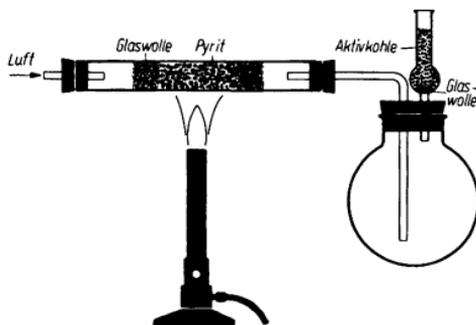


Abb. 19 Rösten von Pyrit

Glaswolle und darauf die gekörnte Aktivkohle gegeben. Unter ständigem Überleiten von Luft erhitzt man den Pyrit kräftig. Nach Beendigung des Versuches wird wenig Kaliumpermanganatlösung oder Jod-Kaliumjodid-Lösung in den Kolben getropft.

Hinweis. Der Pyrit ist kräftig zu erhitzen, sonst geht er teilweise in Eisensulfat über. Spiritusbrenner können daher nicht verwendet werden.

Auswertung. Pyrit setzt sich mit Luft zu Schwefeldioxyd um, das sich im Kolben ansammelt. Man weist es gemäß Versuch 154 mit Kaliumpermanganatlösung oder Jod-Kaliumjodid-Lösung nach. Überschüssiges Schwefeldioxyd wird von der Aktivkohle in der Trockenröhre adsorbiert. Der Pyrit geht beim Rösten in Eisen(III)-oxyd über, das an der Rotfärbung erkannt wird.

Abwandlung des Versuches. Das Grundgerät 10 kann durch das Grundgerät 8b ersetzt werden. Ferner ist es möglich, auf die Vorrichtung zur Adsorption des Schwefeldioxyds zu verzichten. Dann muß man jedoch die Schüler anweisen, den Versuch rechtzeitig abzubrechen beziehungsweise das entstehende Schwefeldioxyd in Wasser einzuleiten. Sehr geringen apparativen Aufwand erfordert die folgende Versuchsausführung: Man bringt ein erbsengroßes Stückchen Pyrit auf eine Magnesiumrinne und erhitzt es mit der oxydierenden Flamme des Lötrohres. Das entstehende Schwefeldioxyd

wird am Geruch, mittels feuchten Lackumpapiers und durch einen mit Kaliumpermanganatlösung getränkten Streifen Filterpapier identifiziert.

Versuch 156: Müller-Kühne-Verfahren

Ziel des Versuches. Das Prinzip der Herstellung von Schwefeldioxyd nach dem Müller-Kühne-Verfahren soll erkannt werden.

Geräte: Spiritusbrenner, Lötrohr, Verbrennungsrohr (\varnothing 20 mm) oder Jenaer Reagenzglas mit durchstoßenem Boden, Magnesiumrinne oder Porzellanschiffchen, Stativ, Filterpapier, Tropfpipette, Spatel

Chemikalien: Lötrohrholz, Kohlepulver, entwässertes Calciumsulfat, stark verdünnte Kaliumpermanganatlösung oder Jod-Kaliumjodid-Lösung, Phenolphthaleinlösung

Ausführung. Auf die Magnesiumrinne oder ein Porzellanschiffchen bringt man ein Gemisch von gepulverter Lötrohrholzkohle und gebranntem Gips (Mengenverhältnis etwa 1 : 1). Die Magnesiumrinne wird in das Verbrennungsrohr oder ein Jenaer Reagenzglas mit durchstoßenem Boden gegeben, das waagrecht an das Stativ eingespannt ist. Einen Zentimeter vor die eine Öffnung der Röhre hält man ein Blatt Filterpapier, das mit stark verdünnter Kaliumpermanganatlösung oder Jod-Kaliumjodid-Lösung getränkt wurde. Vor die andere Öffnung der Glasröhre wird die leuchtende Flamme eines Spiritusbrenners oder eines Bunsenbrenners gebracht. Nun erhitzt man die Substanz vorsichtig vor dem Lötrohr mit oxydierender Flamme. Dabei darf das Pulver nicht weggeblasen werden. Nachdem das Erhitzen beendet wurde, versetzt man die in der Magnesiumrinne verbleibende erkaltete Substanz mit wenig Wasser und prüft mit Phenolphthaleinlösung die Reaktion.

Auswertung. Die Kaliumpermanganatlösung beziehungsweise Jod-Kaliumjodid-Lösung wird durch das entstehende Schwefeldioxyd entfärbt. Die Lösung des festen Rückstandes reagiert alkalisch. Man läßt für die Zersetzung des Calciumsulfats die Reaktionsgleichung aufstellen:



Versuch 157: Nachweis des Sulfitions

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine weitere Nachweisreaktion des Sulfitions kennenlernen.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglasständer, Spatel

Chemikalien: Natriumsulfid, Bariumchlorid, verdünnte Salzsäure, destilliertes Wasser

Ausführung. Man löst wenig Natriumsulfid in destilliertem Wasser, fügt etwas Bariumchloridlösung zu und säuert mit verdünnter Salzsäure an.

Auswertung. Es entsteht ein weißer Niederschlag von Bariumsulfid, der von Salzsäure gelöst wird:



Versuch 158: Katalytische Oxydation von Schwefeldioxyd

Ziel des Versuches. Es soll erkannt werden, daß Schwefeldioxyd katalytisch oxydiert werden kann. Einige Eigenschaften des dabei entstehenden Schwefeltrioxyds sind zu untersuchen. Ferner lernen die Schüler eine Nachweisreaktion für Sulfationen kennen.

Ausführung a

Geräte: Bunsenbrenner, Gummigebläse, Grundgerät 8, Schlauchverbindung, Reagenzglasständer, Grundgerät 10, Kolben mit doppelt durchbohrtem Stopfen, rechtwinklig gebogenes Glasrohr, Trockenrohr (Chlorcalciumrohr), Stativ, Tropfpipette

Chemikalien: schweflige Säure, Vanadium(V)-oxyd- oder Eisen(III)-oxydkatalysator, Aktivkohle, Bariumchloridlösung, verdünnte Salzsäure, destilliertes Wasser

Ausführung b

Geräte: Spiritusbrenner, Stehkolben, Verbrennungslöffel, Gummistopfen, Tropfpipette

Chemikalien: schweflige Säure, Vanadium(V)-oxyd- oder Eisen(III)-oxydkatalysator, Bariumchloridlösung, verdünnte Salzsäure, destilliertes Wasser

Ausführung a. Die Apparatur wird entsprechend der Abbildung 20 zusammengestellt. Man erhitzt den Katalysator auf dunkle Rot-

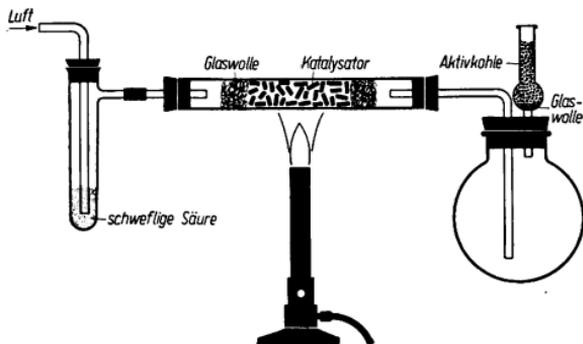


Abb. 20 Katalytische Oxydation von Schwefeldioxyd

glut und drückt langsam Luft durch die schweflige Säure. Sobald der Kolben mit Nebel ausgefüllt ist, unterbricht man die Luft-

zufuhr und beendet das Erhitzen. Dann wird die Adsorptionsvorrichtung vom Kolben abgenommen und wenig destilliertes Wasser in den Kolben gegossen. Nach kräftigem Schütteln setzt man der Lösung einige Tropfen Bariumchloridlösung zu und säuert mit verdünnter Salzsäure an.

Ausführung b. Man gibt in den Stehkolben 2 bis 3 ml schweflige Säure. Dann wird der Katalysator auf dem Verbrennungslöffel zum Glühen gebracht und in den Kolben eingeführt. Man kann den Katalysator so oft erhitzen und in das Gefäß einbringen, bis es vom Nebel ausgefüllt ist. Darauf verschließt man den Kolben, schüttelt ihn und versetzt die Lösung mit einigen Tropfen Bariumchloridlösung und verdünnter Salzsäure.

Hinweis. Die für Ausführung a benötigte schweflige Säure kann hergestellt werden, indem man in einem Erlenmeyerkolben wenig Natriumsulfit oder Natriumhydrogensulfit in etwa 100 ml Wasser löst, etwa 5 ml konzentrierte Schwefelsäure zufügt und schüttelt.

Auswertung. Unter Einfluß des Katalysators wird Schwefeldioxyd in Schwefeltrioxyd umgewandelt, das mit Wasser zu Schwefelsäure reagiert. Die Sulfationen können mit Bariumchlorid nachgewiesen werden. Der entstehende Niederschlag von Bariumsulfat ist in Salzsäure zum Unterschied von Bariumsulfit nicht löslich. Bei Ausführung b wird neben Bariumsulfat auch Bariumsulfit ausgefällt. Der Sulfitniederschlag löst sich in Salzsäure. Es bleibt unlösliches Bariumsulfat zurück.

Abwandlung des Versuches. Bei Verwendung eines Chromoxyd-katalysators kann bei niedrigeren Temperaturen gearbeitet werden, so daß nur ein Spiritusbrenner notwendig ist.

Versuch 159: Oxydation von Schwefeldioxyd durch Salpetersäure

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen das Grundprinzip des Bleikammervfahrens kennenlernen.

Geräte: *Spiritusbrenner, Stehkolben, Stopfen mit Tropftrichter und Verbrennungslöffel, Stativ, Spatel*

Chemikalien: *Schwefel, konzentrierte Salpetersäure, Bariumchloridlösung, Wasser*

Ausführung. Man bringt in den Stehkolben 2 ml konzentrierte Salpetersäure und entzündet im Verbrennungslöffel Schwefel. Dann wird der Verbrennungslöffel, der ebenso wie der Tropftrichter durch einen Stopfen geführt ist, in den Kolben eingesenkt und das Gefäß fest verschlossen. Nachdem sich braune Gase gebildet haben, füllt man nun durch den Tropftrichter Wasser ein. Schließlich wird der Kolben geschüttelt und der Flüssigkeit Bariumchloridlösung zugesetzt.

Auswertung. Unter Einwirkung von Salpetersäure wird Schwefel-

dioxyd zu Schwefeltrioxyd umgewandelt. Dieses bildet mit Wasser Schwefelsäure. Sulfationen können in der salpetersauren Lösung mit Bariumionen nachgewiesen werden.

Versuch 160: Nachweis des Sulfations

Ziel des Versuches. Es werden Möglichkeiten für den Nachweis von Sulfationen gezeigt.

Geräte: Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel
Chemikalien: verdünnte Schwefelsäure, Lösungen verschiedener Sulfate, verdünnte Salzsäure, Bariumchloridlösung, Blei(II)-nitratlösung, kristalline Weinsäure

Ausführung. 1 ml verdünnte Schwefelsäure und die verdünnten Lösungen von Sulfaten werden in Reagenzgläser gegeben, mit wenigen Tropfen Bariumchloridlösung versetzt und mit verdünnter Salzsäure angesäuert. Danach füllt man erneut die Sulfationen enthaltenden Lösungen in Reagenzgläser, fügt verdünnte Blei(II)-nitratlösung hinzu und schüttelt kräftig. Es ist anschließend mit etwas Weinsäure zu versetzen und nochmals zu schütteln.¹⁾

Auswertung. Die Sulfationen fallen aus Bariumchlorid einen weißen Niederschlag von Bariumsulfat, der in starken Säuren unlöslich ist. Mit Blei(II)-nitrat entsteht ein weißer Niederschlag von Blei(II)-sulfat. Dieser löst sich bei Zusatz von Weinsäure infolge Komplexbildung wieder.

Abwandlung des Versuches. Die Empfindlichkeit des Sulfatnachweises mit Bariumionen läßt sich sehr gut veranschaulichen, indem man in ein großes Becherglas Wasser, 5 Tropfen Bariumchloridlösung und einen Tropfen 1 n Schwefelsäure gibt. Dann wird mit einem Glasstab umgerührt und beobachtet, ob sich bereits eine Trübung zeigt. Ist die Lösung noch ungetrüb, so tropft man weiter Schwefelsäure zu, bis die Reaktion eindeutig zu beobachten ist.

Versuch 161: Salzbildung mit Schwefelsäure

Ziel des Versuches. Anhand der allgemeinen Salzbildungsgleichungen sind Sulfate darzustellen.

Geräte: Spiritusbrenner, 8 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Objektträger, Tropfpipette
Chemikalien: verdünnte Schwefelsäure, Zinkgranalien, Eisenfeilspäne, Kupferblech, Zinkoxyd, Kupfer(II)-oxyd, Magnesiumoxyd, Natronlauge, Kalilauge, Lackmuslösung

Ausführung. Man gibt Zink, Eisenfeilspäne und Kupferblech in Reagenzgläser und läßt verdünnte Schwefelsäure auf die Metalle

¹⁾ Die Versuche sind besonders für die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise geeignet.

einwirken. Das entweichende Gas kann wie in Versuch 137, Seite 115, geprüft werden. Dann löst man geringe Mengen Magnesiumoxyd, Zinkoxyd und Kupfer(II)-oxyd unter schwachem Erwärmen in verdünnter Schwefelsäure und dampft je einen Tropfen der erhaltenen Lösungen auf dem Objektträger ein. Abschließend bringt man je 1 ml verdünnte Natronlauge und Kalilauge in Reagenzgläser, setzt 2 bis 3 Tropfen Lackmuslösung hinzu und läßt verdünnte Schwefelsäure bis zum Farbumschlag zutropfen.¹⁾ Tropfen der entstehenden Lösungen werden auf Objektträgern eingedampft.²⁾

Hinweis. Mitunter wird beim Übergießen von Magnesiumoxyd und Zinkoxyd mit Säure Kohlendioxyd entwickelt. Das ist auf den Gehalt dieser Substanzen an Carbonat zurückzuführen. Deshalb sollte man beide Oxyde vor der Verwendung glühen.

Auswertung. Verdünnte Schwefelsäure reagiert mit unedlen Metallen, Metalloxyden und Basen unter Bildung von Sulfaten.

Analoge Versuche. Man kann verdünnte Schwefelsäure auch auf Magnesium einwirken lassen. Hierzu wird Magnesiumband verwendet. Damit die Reaktion nicht zu heftig abläuft, empfiehlt es sich, das Metall zunächst mit 1 ml Wasser zu übergießen und erst dann die verdünnte Säure tropfenweise hinzuzusetzen.

Versuch 162: Konzentrierte Schwefelsäure treibt leichter flüchtige Säuren aus ihren Verbindungen

Ziel des Versuches. Es wird gezeigt, daß die Schwefelsäure zur Darstellung anderer Säuren dienen kann.

Geräte: 5 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Tropfpipette, Glasstab, schwarz lackierter Glasstab, Schutzbrille

Chemikalien: Natriumcarbonat, Kaliumcarbonat oder Calciumcarbonat, Natriumnitrat oder Kaliumnitrat, Natriumsulfit oder Natriumhydrogensulfit, Natriumchlorid oder Kaliumchlorid, Kalkwasser, blaues Lackmuspapier, konzentrierte Ammoniaklösung

*Ausführung.*²⁾ Man bringt sehr kleine Mengen des Carbonats, des Nitrats, des Sulfits oder Hydrogensulfits und des Chlorids in je ein Reagenzglas und gibt mit Hilfe einer Tropfpipette konzentrierte Schwefelsäure dazu. Über die Öffnung des Glases mit dem Carbonat wird ein geschwärzter Glasstab gehalten, der zuvor mit Kalkwasser benetzt wurde. Bei der Nitratprobe ist die Färbung der entweichenden Gase zu beachten. Der Öffnung des Reagenzglases, in dem sich ein Sulfit oder Hydrogensulfit befindet, nähert man angefeuchtetes blaues Lackmuspapier. Sehr vorsichtig ist eine Geruchsprobe durchzuführen. Die bei der Chloridprobe entweichenden Gase werden mit einem Glasstab untersucht, an dem ein Tropfen konzentrierter Ammoniaklösung hängt.²⁾



¹⁾ Beispiele für die Titration siehe Versuch 56, Seite 61.

²⁾ Man kann die Schüler getrennt-gemeinschaftlich arbeiten lassen.

Auswertung. Die Schwefelsäure verdrängt die leichter flüchtigen Säuren aus ihren Salzen. Man läßt für die Umsetzungen Reaktionsgleichungen aufstellen.

Versuch 163: Eigenschaften von Calciumsulfat

Ziel des Versuches. Einige Eigenschaften des technisch wichtigsten Sulfats sollen erkannt werden.

Geräte: *Spiritusbrenner, Reagenzglas, Glühröhrchen, Reagenzglasshalter, Reagenzglasständer, Spatel, Abdampfschale, Mikroskop, Objektträger*
Chemikalien: *ungebrannter Gips, gebrannter Gips, Münze, Wasser*

Ausführung. Ungebrannter Gips wird im trockenen Glühröhrchen erhitzt. Dann rührt man in einer Abdampfschale gebrannten Gips mit Wasser zu einem Brei an, drückt eine Münze in die plastische Masse und läßt erstarren. Abschließend wird wenig Gips mit einem Überschuß von Wasser angerührt. Einen Tropfen der Aufschlammung betrachtet man nach 15 Minuten unter dem Mikroskop. Zum Vergleich wird auch gebrannter Gips mit dem Mikroskop untersucht.

Auswertung. Beim Erhitzen des ungebrannten Gipses scheidet sich an den kälteren Teilen des Reagenzglases Wasser ab. — Der aus gebranntem Gips und Wasser angerührte Brei erstarrt. Nach Entfernen der Münze ist in der festen Masse deutlich der Abdruck ihrer Prägung zu erkennen. Unter dem Mikroskop erscheint gebrannter Gips amorph, in der Aufschlammung zeigen sich monokline Kristalle.

Abwandlung des Versuches. Sind Bunsenbrenner vorhanden, so kann der ungebrannte Gips auch im Reagenzglas erhitzt werden.

Versuch 164: Bestimmung des Kristallwassergehalts von Sulfaten

Ziel des Versuches. Es soll erkannt werden, daß Sulfate Kristallwasser enthalten.

Geräte: *Bunsenbrenner, Reagenzglas, Reagenzglasshalter, Reagenzglasständer*
Chemikalien: *Kupfer(II)-sulfat*

Ausführung. Man erhitzt Kupfersulfat vorsichtig im trockenen Reagenzglas.

Hinweis. Bei zu starkem Erhitzen zersetzt sich die Substanz unter Bildung von Kupfer(II)-oxyd und Schwefeltrioxyd.

Auswertung. Das Kupfersulfat entfärbt sich. An den kälteren Teilen des Reagenzglases scheiden sich Wassertröpfchen ab.

Abwandlung des Versuches. Die quantitative Untersuchung des Kristallwassergehalts von Kupfersulfat eignet sich sehr gut als Schülerdemonstrationsversuch. Dabei wägt man etwa 1 g Kupfersulfat mit der Präzisionswaage genau ein und erhitzt vorsichtig im

Porzellantiegel, bis das Kristallwasser vollständig ausgetrieben ist. Dann wird erneut die Masse der Substanz bestimmt. Bei der Auswertung kann man die Anzahl der Kristallwassermoleküle je Salzmolekül nach folgendem Ansatz ermitteln:

$$\begin{aligned} \text{Eingewogene Menge} &: \text{Menge nach dem Glühen} \\ &= x : \text{Molekulargewicht} \\ &\quad \text{der wasserfreien Substanz} \end{aligned}$$

Mit x erhält man das Molekulargewicht der wasserhaltigen Substanz. Die Differenz zwischen dem ermittelten Molekulargewicht der wasserhaltigen Substanz und dem bekannten der wasserfreien Substanz ergibt, dividiert durch 18, die Anzahl der in der Verbindung enthaltenen Kristallwassermoleküle.

Analoge Versuche. Man kann auch andere Sulfate, wie Natriumsulfat, Magnesiumsulfat und Zinksulfat verwenden. Allerdings ist bei ihnen die Kristallwasserabgabe nicht mit einer Farbänderung verbunden. Deshalb sind sie vornehmlich für quantitative Bestimmungen des Kristallwassergehalts zu benutzen.

ERGÄNZUNGEN

Agrochemie

Versuch 165: Einfluß der Calcium- und Natriumionen auf die Krümelstruktur des Bodens

Ziel des Versuches. Es soll festgestellt werden, daß Calciumionen auf die Krümelstruktur des Bodens fördernd einwirken und Natriumionen die Krümelstruktur zerstören können.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel

Chemikalien: humushaltiger Feinboden (auf Korngröße unter 2 mm abgeseibte Bodenprobe), pulverisiertes Calciumcarbonat, Natriumcarbonat, Wasser

Ausführung. In die Reagenzgläser wird etwa 2 cm hoch humushaltige Feinerde gegeben. Einer der drei Proben setzt man eine Spatelspitze pulverisiertes Calciumcarbonat, einer anderen eine Spatelspitze Natriumcarbonat zu. Dann werden alle Reagenzgläser zu drei Vierteln mit Wasser aufgefüllt und möglichst gleichmäßig etwa 20 Sekunden geschüttelt. Man läßt die Aufschlammung absetzen und vergleicht, wie lange es dauert, bis die Flüssigkeit über dem Bodensatz in den Gläsern klar wird.

Auswertung. Am schnellsten klärt sich die Calciumcarbonat enthaltende Aufschlammung. Es sind deutlich sich verhältnismäßig schnell absetzende, grobe Teilchen zu erkennen, die durch die Einwirkung der Calciumionen auf die kolloiden Bodenteilchen entstanden sind (Koagulation der Ton-Humus-Kolloide durch Calciumionen). Als nächste wird die Aufschlammung der reinen Feinerde klar. Die Klärung der mit Natriumcarbonat behandelten Probe erfordert die meiste Zeit. Die gröberen Ton-Humus-Teilchen wurden so fein zerteilt, daß sie in der Schwebe bleiben oder sich nur langsam absetzen (Peptisation von Ton-Humus-Kolloiden).

Versuch 166: Kolorimetrische Bestimmung der Bodenreaktion

Ziel des Versuches. Der Reaktionszustand eines Bodens ist durch die kolorimetrische Ermittlung des pH - Wertes nachzuweisen. Durch diesen Versuch sollen die Schüler befähigt werden, die Bodenreaktion selbständig festzustellen.

Geräte: Becherglas, Glasstab, Meßzylinder (25 ml), Waage

Chemikalien: 1 n Kaliumchloridlösung, Universalindikatorpapier, Feinbodenprobe

Ausführung. 10 g der Bodenprobe werden im Becherglas mit 25 ml 1 n Kaliumchloridlösung aufgeschlämmt und etwa 1 Minute mit dem Glasstab durchgerührt. Man läßt die Aufschlämmung einige Minuten ruhig stehen, bis sich die festen Bestandteile abgesetzt haben. In die fast klare Lösung wird für etwa 30 Sekunden ein Streifen Indikatorpapier getaucht. Danach vergleicht man die Färbung des Indikators mit der Farbskala und liest den p_H -Wert ab. Zwischenwerte werden geschätzt.

Auswertung. Entsprechend dem abgelesenen p_H -Wert wird der Boden klassifiziert:

$< p_H$ 4,5	stark sauer	p_H 5,6–6,5	schwach sauer
p_H 4,6–5,5	sauer	p_H 6,6–7,1	neutral
		p_H 7,2	alkalisch

Abwandlungen des Versuches. Die kolorimetrische Bestimmung der Bodenreaktion kann auch im Reagenzglas vorgenommen werden. Dabei wird die zu untersuchende Probe ebenfalls mit der zweieinhalbfachen Menge 1 n Kaliumchloridlösung aufgeschlämmt. Ferner läßt sich statt Universalindikatorpapier der flüssige Czernsy-Indikator benutzen (Anwendung entsprechend der beigegebenen Gebrauchsanweisung).

Soll die Bodenreaktion genauer ($p_H \pm 0,3$) ermittelt werden, so kann man nach der Feststellung des p_H -Bereiches mittels Universalindikatorpapier mit dem für den betreffenden p_H -Bereich anwendbaren Indikal- oder Stuphan-Indikatorpapier arbeiten.

Versuch 167: Nachweis von Calciumionen im Boden

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Calciumionen im Boden nachweisen.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Tropfpipette

Chemikalien: Feinboden, stark verdünnte Essigsäure, 10%ige Ammoniumoxalatlösung

Ausführung. Etwa 5 g Feinboden werden im Reagenzglas mit 12 ml stark verdünnter Essigsäure geschüttelt. Danach läßt man absetzen, dekantiert die weitgehend klare Lösung und versetzt sie mit einigen Tropfen Ammoniumoxalatlösung.

Auswertung. Je nach Calciumgehalt des Bodens tritt ein mehr oder weniger starker Niederschlag von Calciumoxalat auf.

Versuch 168: Bestimmung des Kalkgehaltes im Boden

Ziel des Versuches. Der Kalkgehalt des Bodens soll durch eine vereinfachte Methode untersucht werden, ohne dabei geringe Mengen anderer Carbonate zu berücksichtigen.

Ausführung a

Geräte: Reagenzglas, Tropfpipette

Chemikalien: lufttrockene Probe Feinboden, verdünnte Salzsäure

Ausführung b

Geräte: Reagenzglas mit seitlichem Ansatzrohr, Stopfen, kleines Reagenzglas (10 mm × 120 mm), Kolbenprober, Hornschalenwaage mit Wägesatz
Chemikalien: wie bei Ausführung a

Ausführung a. In das Reagenzglas gibt man etwa 2 cm hoch Feinboden und fügt tropfenweise verdünnte Salzsäure hinzu. Es wird beobachtet, wie stark die Substanz aufbraust.

Ausführung b. Man bringt in das Reagenzglas mit seitlichem Ansatzrohr etwa 10 g der Bodenprobe. Die einzusetzende Menge hängt vom Kalkgehalt der Probe ab, der in einer Voruntersuchung nach Ausführung a ermittelt werden kann. Nun führt man in das Glas ein kleines, unverschlossenes Reagenzglas mit etwa 10 ml verdünnter Salzsäure ein und verschließt das größere mit dem Stopfen. Das seitliche Ansatzrohr wird mit einem Kolbenprober verbunden. Man versucht, mit ihm Luft in die Apparatur zu drücken, um zu prüfen, ob sie dicht ist. Dann wird das Reagenzglas geneigt, so daß Salzsäure auf die Bodenprobe gelangt. Das sich entwickelnde Gas verdrängt den Kolben des Probers aus der Nullstellung.

Auswertung. Die Salzsäure setzt sich mit den im Boden enthaltenen Carbonaten um. Man läßt die Reaktionsgleichung dafür aufstellen. Der Kalkgehalt der Probe wird bei Ausführung a nach der Stärke des Aufbrausens geschätzt:

kein Aufbrausen	<1% CaCO ₃
schwaches, nicht anhaltendes Aufbrausen	1–2% CaCO ₃
deutliches, nicht anhaltendes Aufbrausen	3–4% CaCO ₃
starkes, anhaltendes Aufbrausen	>4% CaCO ₃

Bei Ausführung b wird das Volumen des entwickelten Kohlendioxids an der Skala des Kolbenprobers abgelesen und daraus der Kalkgehalt des Bodens berechnet. Da der ermittelte Wert nur annähernd genau ist, kann die Umrechnung auf das Volumen im Normzustand unterbleiben.

Beispiel: Eine Probe von 10 g Boden ergab 30 ml Kohlendioxid. Da 22400 ml Kohlendioxid 100 g Calciumcarbonat entsprechen, ergeben sich für 30 ml 0,125 g. Daraus folgt, daß die Probe zu etwa 1,25% aus Calciumcarbonat besteht.

Abwandlung des Versuches. Bei Ausführung b können statt des Kolbenprobers auch andere Geräte zur Feststellung des Gasvolumens benutzt werden, wie Gasmeßglocken, graduierte Rohre, in denen das Gas pneumatisch aufgefangen wird usw.

Versuch 169: Ermittlung des Kalkbedarfs für einen sauren Boden

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine einfache Methode zur Ermittlung des Kalkbedarfs kennenlernen.

Geräte: 2 Bechergläser (600 ml), 2 Bechergläser (400 ml, hohe Form), Glasstab, Trichter, Rundfilter, Filtriergestell oder Stativ, Bürette mit Stativ, Meßzylinder (100 ml)

Chemikalien: 1 n Kaliumchloridlösung, 0,1 n Natronlauge, Phenolphthaleinlösung, lufttrockener Feinboden

Ausführung. Man schlämmt 100 g Feinboden in einem großen Becherglas mit 250 ml 1 n Kaliumchloridlösung auf und läßt die Probe etwa 10 Minuten stehen. Während dieser Zeit wird mit dem Glasstab einige Male umgerührt. Dann filtriert man die Aufschlammung in ein anderes Becherglas und gießt die ersten 20 ml des Filtrats fort. Vom Rest werden 125 ml abgenommen, zur Titration in das dritte Becherglas gegeben und mit einigen Tropfen Phenolphthalein versetzt. Nun titriert man langsam mit 0,1 n Natronlauge (je Minute etwa 1 ml Natronlauge) bis zur Rosafärbung.

Auswertung. Die zur Neutralisation verbrauchte Menge 0,1 n Natronlauge ist ein Maß für die Acidität und damit für den Kalkbedarf des Bodens. Ein Milliliter 0,1 n Natronlauge ist 2,8 mg Calciumoxyd gleichzusetzen. Wenn für 100 g Boden 2,8 mg Calciumoxyd erforderlich sind, beträgt der theoretische Kalkbedarf eines Hektars 84 kg (1 ha Ackerboden enthält bei 22,5 cm Krumentiefe rund 3000000 kg Boden).

Der letzte Wert muß noch mit dem empirisch ermittelten Faktor 3,5 multipliziert werden, so daß 1 ml 0,1 n Natronlauge bei der Neutralisation einem Kalkbedarf von rund 290 kg CaO/ha oder rund 520 kg CaCO₃/ha entspricht.

Abwandlung des Versuches. Bei der Titration mit Natronlauge wartet man nach jedem Milliliter eine Minute, stellt den p_H-Wert fest und fährt damit fort bis p_H = 7 erreicht ist. So kann ermittelt werden, wieviel Kalk beispielsweise für einen p_H-Wert von 6 erforderlich ist. Es läßt sich auch voraussagen, welchen p_H-Wert man bei einer maximal zulässigen Kalkgabe erreicht. Man kann ein Kurvendiagramm aufstellen und dabei den p_H-Wert als Abzisse, Natronlauge-Verbrauch beziehungsweise äquivalente Calciumoxyd-Menge als Ordinate auftragen. Im Idealfall ist die Kurve eine Gerade. Steiler oder flacher Verlauf ist ein Ausdruck für geringes oder starkes Puffervermögen des Bodens (evtl. sind noch Parallelversuche mit Sandboden und kolloidreichem Boden möglich).

Versuch 170: Ionenadsorption und -austausch im Boden

Ziel des Versuches. Das Experiment dient zur Ableitung der Grundlagen des Basenaustausches. Die Schüler lernen die sorptiven Eigenschaften des Bodens als wichtige Grundlage der Düngelehre kennen.

Geräte: Stativ, Tropftrichter, 5 Reagenzgläser, davon eines mit durchstoßenem Boden, Watte

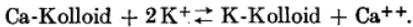
Chemikalien: 1%ige Kaliumchloridlösung und 70%ige Perchlorsäure in Pipettenflaschen, gesättigte Natriumcarbonatlösung, lehmiger Sand oder humusreicher Feinboden

Hinweis. Der Boden ist zuvor auf sein Adsorptionsvermögen zu prüfen, weil dies sehr unterschiedlich sein kann. Es soll kein lufttrockener Boden verwendet werden, weil Benetzungsschwierigkeiten auftreten können.

Ausführung. Auf den durchstoßenen Boden des einen Reagenz-

glases wird ein fester Wattebausch gebracht. Dann füllt man Fein-erde ein, drückt sie etwas fest und bedeckt sie mit einem weiteren Wattebausch. Aus dem Tropftrichter läßt man langsam Kaliumchloridlösung auf die Bodenprobe tropfen und fängt in einem zweiten Reagenzglas etwa 8 ml Filtrat auf. Je 4 ml des Filtrats werden mit 5 Tropfen Perchlorsäure auf Kaliumionen bzw. mit 8 Tropfen gesättigter Natriumcarbonatlösung auf Calciumionen geprüft. Zum Vergleich führt man eine Blindprobe durch, indem man Kaliumchloridlösung mit Perchlorsäure und Natriumcarbonatlösung untersucht.

Auswertung. Die Kaliumchloridlösung ergibt mit Perchlorsäure einen Niederschlag von Kaliumperchlorat, das Filtrat bleibt nach Zusatz von Perchlorsäure ungetrübt. Mit Natriumcarbonat reagiert die Kaliumchloridlösung nicht, während das Filtrat durch Natriumcarbonatlösung getrübt wird. Die Trübung ist darauf zurückzuführen, daß Calciumionen als Calciumcarbonat ausgefällt werden. Die Bodenkolloide haben den größten Teil der Kaliumionen adsorbiert und dafür die äquivalente Menge Calciumionen in die Lösung gegeben:



Abwandlung des Versuches. Die Kaliumchloridlösung kann auch mit einer Tropfpipette auf die Bodensäule gebracht werden.

Ergänzende Versuche. Statt Kaliumchloridlösung läßt man destilliertes Wasser durch die Bodensäule laufen. Es tritt keine oder nur eine schwache Trübung durch Calciumcarbonat auf. Ferner kann außer dem lehmigen Sand oder dem Humusboden auch geglähter Seesand verwendet werden. Da in diesem keine Bodenkolloide vorhanden sind, erfolgt keine Adsorption von Kaliumionen. Durch mit Kaliumionen gesättigten Boden kann man anschließend 1 n Salzsäure oder 1 n Schwefelsäure sickern lassen. Die Wasserstoffionen verdrängen die Kaliumionen wieder von den Bodenkolloiden. Im Filtrat ist daher mit Perchlorsäure Kalium nachweisbar.

Versuch 171: Löslichkeit von Phosphatdüngemitteln

Ziel des Versuches. Die Löslichkeit von Phosphatdüngemitteln in Wasser und schwacher Säure ist zu untersuchen.

Geräte: 8 Reagenzgläser, 3 Trichter, 3 Rundfilter, Spatel
Chemikalien: Magnesiummischung¹⁾ als Reagenz auf Phosphationen, Superphosphat, Thomasphosphat, Magnesiumphosphat, 2%ige Zitronensäurelösung, Wasser

Ausführung. Je eine Spatelspitze Superphosphat, Thomasphosphat und Magnesiumphosphat werden in je ein Reagenzglas gegeben und mit etwa 10 ml Wasser 30 Sekunden geschüttelt. Die entstandenen Aufschlammungen werden filtriert. Danach prüft man die Filtrate mit Magnesiummischung auf Phosphationen. Die Filterrückstände von Thomasphosphat und Magnesiumphosphat werden im Trichter

¹⁾ Magnesiummischung ist eine ammoniakalische Lösung von Ammoniumchlorid und Magnesiumchlorid.

mit Zitronensäure übergossen. Die Filtrate fängt man ebenfalls auf und untersucht sie mit Magnesiummischung.

Auswertung. Superphosphat ist in Wasser zum Unterschied von Thomasphosphat und Magnesiumphosphat gut löslich. Daher gibt das wäßrige Filtrat von Superphosphat mit Magnesiummischung sofort einen Niederschlag von Magnesium-Ammonium-Phosphat MgNH_4PO_4 . Die beiden anderen Düngemittel lösen sich erst im schwach sauren Bereich. So können im Filtrat ihrer zitronensauren Lösungen Phosphationen nachgewiesen werden.

Versuch 172: Bildung unlöslicher Calcium- und Eisenphosphate

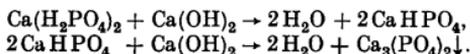
Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß die erfolgreiche Anwendung von Phosphatdüngemitteln einen geregelten Kalkzustand des Bodens voraussetzt.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Tropfpipette

Chemikalien: Filtrat einer Superphosphatlösung oder Calciumdihydrogenphosphatlösung, Kalkwasser, 5%ige Eisen(III)-chloridlösung

Ausführung. In die beiden Reagenzgläser werden je etwa 5 ml Calciumdihydrogenphosphatlösung gegeben. Dann fügt man der einen Lösung die gleiche Menge Kalkwasser, der anderen tropfenweise Eisen(III)-chloridlösung zu, bis deutliche Trübung auftritt.

Auswertung. Das wasserlösliche Calciumdihydrogenphosphat wird in alkalischer Lösung über das schwerlösliche Calciumhydrogenphosphat in das praktisch wasserunlösliche Calciumphosphat überführt. Dafür sind die Reaktionsgleichungen aufzustellen:



Eisen(III)-ionen bilden unlösliches Eisen(III)-phosphat.



Ähnliche Verhältnisse liegen im sauren Boden vor.

Versuch 173: Mischen von ammoniumhaltigen und kalkhaltigen Düngemitteln

Ziel des Versuches. Es soll erkannt werden, daß ammoniumhaltige Düngemittel nicht mit kalkhaltigen gemischt werden dürfen.

Geräte: Reibschale mit Pistill, Uhrglas, Tropfpipette

Chemikalien: Ammoniumsulfat, Branntkalk, rotes Lackmuspapier, Wasser

Ausführung. Etwas Ammoniumsulfat wird in der Reibschale mit wenig Branntkalk verrieben. Danach feuchtet man die Mischung mit einigen Tropfen Wasser an und führt die Geruchsprobe durch. Nun werden zwei Streifen feuchtes rotes Lackmuspapier kreuz-

weise auf die Innenseite und Außenseite des Uhrglases geklebt. Mit dem Uhrglas bedeckt man dann die Reibschale.

Auswertung. Die nichtflüchtige Base Calciumhydroxyd verdrängt die schwächere, flüchtige Base Ammoniumhydroxyd aus ihrem Salz. Dafür ist die Reaktionsgleichung aufzustellen.

Analoge Versuche. Als ammoniumhaltige Düngemittel können für diesen Versuch auch Kaliammonsalpeter, Kalkammonsalpeter und Ammonsalpeter eingesetzt werden. Anstelle des Branntkalkes sind basisch wirkende, kalkhaltige Düngemittel, wie Thomasphosphat, Alkalisinterphosphat, Löschkalk, Mischkalk, Bunakalk und Scheide-schlamm zu benutzen.

Versuch 174: Nachweis von Ammoniak in Wirtschaftsdünger

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß Stallung Ammoniak an die Luft abgibt und deshalb schnell untergepflügt werden muß, nachdem er auf den Acker gebracht wurde.

Ausführung wie bei Versuch 130, Seite 118.

Versuch 175: Nachweis von Chloridionen in Kainit

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen den hohen Chlorgehalt von Kainit feststellen, der sich für manche Kulturen schädlich auswirkt.

Geräte: Reagenzglas, Tropfpipette

Chemikalien: Kainit, Silbernitratlösung, verdünnte Salpetersäure destilliertes Wasser

Ausführung. Eine Spatelspitze Kainit wird in etwa 10 ml Wasser gelöst, angesäuert und mit 5 Tropfen Silbernitratlösung versetzt.

Auswertung. Es tritt ein kräftiger Niederschlag von Silberchlorid auf. Dafür ist die Reaktionsgleichung in Ionenschreibweise aufzustellen.

Analoge Versuche. Anstelle von Kainit sind auch Sylvinit, 40er oder 50er Kalidüngesalz und Emgekali zu benutzen.

Versuch 176: Nachweis von Calciumcarbonat in Kalkammonsalpeter

Ziel des Versuches. Es wird bewiesen, daß der in wäßriger Lösung von Kalkammonsalpeter verbleibende unlösliche Rückstand aus Calciumcarbonat besteht:

Geräte: Grundgerät 6, Spatel

Chemikalien: Kalkammonsalpeter, verdünnte Essigsäure, Kalkwasser, 10%ige Ammoniumoxalatlösung, Wasser

Ausführung. Im Reagenzglas A wird eine Spatelspitze Kalkammonsalpeter mit 10 ml Wasser etwa eine halbe Minute geschüttelt. Den unlöslichen Rückstand läßt man absetzen und dekantiert. Das

Reagenzglas B wird mit 10 ml Kalkwasser gefüllt. Nun gibt man zum Rückstand in Reagenzglas A 2 bis 3 ml verdünnte Essigsäure, verschließt das Glas sofort mit der Gasableitung und leitet das sich entwickelnde Gas in das Kalkwasser ein. Nach Beendigung der Reaktion werden in Reagenzglas A noch etwa 10 ml Wasser zugegeben. Die entstehende Lösung wird mit Ammoniumoxalat-Lösung auf Calciumionen geprüft.

Auswertung. Beim Übergießen des in Wasser unlöslichen Rückstandes von Kalkammonsalpeter mit Säure wird Kohlendioxyd entwickelt. Folglich ist die untersuchte Substanz ein Carbonat. In der sauren Lösung der Probe sind mit Ammoniumoxalat Calciumionen nachzuweisen.

Versuch 177: Untersuchung von Am-Sup-Ka (Volldüngemittel)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen feststellen, daß in dem Volldüngemittel die für die Pflanze wichtigen Elemente Stickstoff, Phosphor und Kalium enthalten sind.

Geräte: 4 Reagenzgläser, Spatel, Schutzbrille, Tropfpipette
Chemikalien: Am-Sup-Ka, konzentrierte Natronlauge, Magnesiamischung, 70%ige Perchlorsäure, rotes Lackmuspapier, Wasser

Ausführung. Man gibt 2 Spatel Am-Sup-Ka in ein Reagenzglas und löst die Substanz in etwa 15 ml Wasser. Dann werden je 3 bis 4 ml dieser Lösung in die drei weiteren Reagenzgläser gefüllt. In ein Reagenzglas tropft man wenig konzentrierte Natronlauge, ohne die Wand des Glases zu benetzen, und führt einen Streifen angefeuchtetes rotes Lackmuspapier ein wenig in das Gefäß ein. Nötigenfalls muß die Probe leicht erwärmt werden. Die Am-Sup-Ka-Lösung in einem weiteren Reagenzglas wird mit Magnesiamischung und im letzten mit einigen Tropfen Perchlorsäure untersucht.

Auswertung. Natronlauge macht aus der Volldüngerlösung Ammoniak frei, das rotes Lackmuspapier bläut. Mit Magnesiamischung entsteht ein Niederschlag von Magnesium-Ammonium-Phosphat. Perchlorsäure fällt einen Niederschlag von Kaliumperchlorat aus. Somit ist nachgewiesen, daß das Düngemittel die für die Pflanzen wichtigen Grundnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium enthält.

Metalle der 1. bis 4. Hauptgruppe

Versuch 178: Nachweis der Alkalimetalle

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Flammenfärbung der Alkalimetalle kennenlernen.

Geräte: Spatel, 4 Uhrgläser, Magnesiastäbchen, Spiritusbrenner, Kobaltglas

Chemikalien: Chloride, Nitrate oder Carbonate von Natrium, Kalium und Lithium, konzentrierte Salzsäure

Ausführung. Auf eines der Uhrgläser wird eine Spatelspitze des Natriumsalzes, auf ein weiteres 1 ml konzentrierte Salzsäure gegeben. Dann glüht man ein Magnesiastäbchen in der Brennerflamme durch, taucht es in die Salzsäure und tupft es auf das Natrium Salz. An dem Stäbchen bleibt etwas von der Substanz haften. Es wird nun nochmals geglüht. Die Flammenfärbung von Kalium und Lithium wird ebenfalls wie beschrieben ermittelt. Die Kaliumflamme ist außerdem durch ein Kobaltglas zu betrachten.

Auswertung. Die Alkalimetalle färben die Flamme charakteristisch. So verleiht Natrium der Flamme eine leuchtend gelbe, Kalium eine rotviolette und Lithium eine karminrote Färbung. Beim Betrachten der Kaliumflamme muß ein Kobaltglas benutzt werden, weil dieses die Strahlung von als Verunreinigung in fast allen Substanzen vorkommenden Natriumverbindungen absorbiert. Bei stärkerer Verunreinigung kann die Natriumfärbung die des Kaliums überdecken.

Abwandlung des Versuches. Anstelle der festen Substanzen kann man auch Alkalisalzlösungen benutzen. Dazu wird ein Blatt Filterpapier mehrfach zu einem Streifen gefaltet und in die Salzlösung getaucht. Das feuchte Ende dieses Streifens nähert man der Flamme. Der Versuch ist zu beenden, ehe sich das Papier entzündet. Beim Arbeiten mit dem Bunsenbrenner kann man auch Uhrgläschen mit Lösungen der zu prüfenden Substanzen an das Luftloch des Brenners halten und ein glühendes Magnesiastäbchen in die Lösungen tauchen.

Versuch 179: Nachweis der Erdalkalimetalle

Ziel des Versuches. Die Erdalkalimetalle sind durch die Flammenfärbung zu unterscheiden.

Geräte: Spatel, 4 Uhrgläser, Magnesiastäbchen, Spiritusbrenner
Chemikalien: Calciumchlorid, Strontiumnitrat, Bariumchlorid, konzentrierte Salzsäure

Ausführung. Je eine Spatelspitze der zu untersuchenden Salze sowie 1 ml konzentrierte Salzsäure bringt man auf je ein Uhrglas. Der weitere Ablauf des Versuches entspricht dem Versuch 178.

Auswertung. Die Erdalkalimetalle färben die Flamme charakteristisch. Calcium gibt der Flamme eine ziegelrote, Strontium eine karminrote und Barium eine gelbgrüne Färbung.

Analoge Versuche. Außer Strontiumsulfat und Bariumsulfat lassen sich alle Erdalkalisalze für Flammenproben verwenden. Die Salzsäure überführt diese Salze in leichtflüchtige Chloride.

Abwandlung des Versuches. Anstelle der festen Substanzen kann man wie bei Versuch 178 mit den Salzlösungen arbeiten.

Versuch 180: Züchtung von Natriumchloridkristallen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen den Kristallisationsprozeß kennenlernen.

Geräte: Kristallisierschale, Filtriergestell, Trichter, Rundfilter, Reagenzglas

Chemikalien: Natriumchlorid, Wasser

Ausführung. Man stellt eine kaltgesättigte Natriumchloridlösung her und filtriert sie. Ein Teil der Lösung wird in die Kristallisierschale gegossen, die man längere Zeit ruhig stehenläßt. Wenn die Kristallisation eingesetzt hat, gießt man die Lösung in gewissen Zeitabständen vorsichtig ab, wählt die regelmäßigsten Kristalle aus, reinigt die Schale und gibt die erneut filtrierte kaltgesättigte Lösung wieder zu den ausgewählten Kristallen.

Auswertung. Das Natriumchlorid kristallisiert bei langsamem Eindunsten in einem gleichmäßig temperierten Raum in Würfeln aus, die durch Auslese und Nachfüllen kaltgesättigter Kochsalzlösung zu beachtlicher Größe gezüchtet werden können.

Weiterführung des Versuches. Erhitzt man einige der Kristalle im Reagenzglas, so zerspringen sie knisternd. Dabei wird die in den Kristallen eingeschlossene Mutterlauge frei.

Versuch 181: Löslichkeit des Aluminiums in Säuren und Laugen

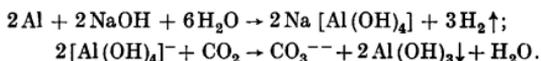
Ziel des Versuches. Der amphotere Charakter von Aluminium soll nachgewiesen werden.

Geräte: Grundgerät 9b und 9c, 2 Stativ, Spiritusbrenner, Spatel

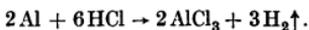
Chemikalien: Aluminiumgrieß, verdünnte Natronlauge, Salzsäure, Kalkstein

Ausführung. In das Reagenzglas A mit seitlichem Ansatzrohr von Grundgerät 9b wird eine Spatelspitze Aluminiumgrieß gefüllt. Darauf befestigt man das Glas am Stativ und verschließt es mit dem durchbohrten Stopfen, durch den der Tropftrichter geführt ist. In den Trichter gibt man verdünnte Natronlauge und läßt sie auf das Aluminium tropfen. Dabei wird bis zum Einsetzen der Gasentwicklung vorsichtig erwärmt. Man fängt das Gas pneumatisch auf und entzündet es an der Flamme. Wenn sich das Aluminium vollständig umgesetzt hat, wird in das Reagenzglas A des Grundgerätes 9c etwas Kalkstein gebracht und der Tropftrichter aufgesetzt, in den man verdünnte Salzsäure gibt. Das Gasableitungsrohr des Gerätes 9c wird in das Reagenzglas A von Gerät 9b gesenkt. Nun erzeugt man einen Kohlendioxidstrom, indem man aus dem Tropftrichter Salzsäure auf den Kalkstein einwirken läßt. Man reinigt das Reagenzglas A von Grundgerät 9b gründlich und füllt erneut eine Spatelspitze Aluminiumgrieß ein. Dann wird der Tropftrichter mit der verdünnten Salzsäure aufgesetzt, die man langsam auf das Aluminium tropft. Das entweichende Gas wird wieder pneumatisch aufgefangen und auf Brennbarkeit geprüft.

Auswertung. Aluminium löst sich in Natronlauge unter Wasserstoffentwicklung zu Natriumaluminat auf. Beim Einleiten von Kohlendioxid in die Lösung fällt weißes Aluminiumhydroxyd aus:



Aluminium löst sich auch in Säuren unter Wasserstoffentwicklung:



Gegenüber starken Basen verhält sich Aluminium wie eine Säure, gegenüber starken Säuren wie eine schwache Base. Es weist amphoterer Charakter auf.

Versuch 182: Hydrolyse von Aluminiumsalzen

Ziel des Versuches. Es ist zu zeigen, daß Aluminiumsalze in wäßriger Lösung hydrolysieren.¹⁾

Geräte: Reagenzglas

Chemikalien: Aluminiumchlorid, neutrale Lackmuslösung, Wasser

Ausführung. Man löst etwa 1 g Aluminiumchlorid in 5 ml Wasser und prüft die Lösung mit Lackmus.

Auswertung. Aluminiumchloridlösung reagiert sauer, da sie der Hydrolyse unterliegt.

¹⁾ Siehe auch Versuch 118 auf Seite 105!

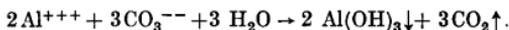
Versuch 183: Löslichkeit von Natrium-, Calcium- und Aluminiumcarbonat

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Löslichkeit der Carbonate vergleichen und untersuchen, ob sie hydrolytisch gespalten werden.

Geräte: Reagenzglasständer, 2 Reagenzgläser, Grundgerät 6
Chemikalien: Natriumcarbonat, Kalkwasser, Aluminiumchlorid, Kalkstein, Salzsäure, rotes Lackmuspapier, Wasser

Ausführung. Etwa 1 g Natriumcarbonat wird in 5 ml Wasser gelöst. Die Lösung prüft man mit rotem Lackmuspapier. Nun füllt man in das Reagenzglas B des Grundgerätes 6 etwa 5 ml Kalkwasser. Im Reagenzglas A wird Kalkstein mit Salzsäure übergossen und das entstehende Kohlendioxyd in das Kalkwasser eingeleitet. Abschließend löst man etwa 1 g Aluminiumchlorid in 5 ml Wasser und setzt Natriumcarbonatlösung hinzu.

Auswertung. Natriumcarbonat ist in Wasser leicht löslich. Die Blaufärbung des Lackmuspapieres zeigt Hydrolyse an (siehe Versuch 118!). Calciumcarbonat ist in Wasser fast unlöslich. Es fällt als weißer Niederschlag aus. Primär gebildetes unlösliches Aluminiumcarbonat unterliegt sofort der Hydrolyse. Dabei fällt weißes Aluminiumhydroxyd aus und Kohlendioxyd entweicht:



Versuch 184: Löslichkeit der Hydroxyde der Metalle der 1. bis 4. Hauptgruppe

Ziel des Versuches. Der metallische Charakter der Elemente der 1. bis 4. Hauptgruppe soll an je einem Beispiel untersucht werden.

Geräte: Reagenzglasständer mit 4 Reagenzgläsern
Chemikalien: Natriumhydroxyd, Calciumhydroxyd, Kalilauge, Kalium-Aluminiumsulfat (Alaun), Zinn(II)-chlorid, neutrale Lackmuslösung, Wasser

Ausführung. 2 bis 3 Plätzchen Natriumhydroxyd, eine reichliche Spatelspitze Calciumhydroxyd, ebensoviel Alaun und Zinn(II)-chlorid werden jeweils in einem zur Hälfte mit Wasser gefüllten Reagenzglas gelöst. Die beiden ersten Lösungen prüft man mit neutraler Lackmuslösung. Den letzteren wird zunächst tropfenweise wenig, dann aber im Überschuß Kaliumhydroxydlösung zugesetzt.

Auswertung. Natriumhydroxyd ist in Wasser leicht, Calciumhydroxyd etwas schwerer löslich. Beide Lösungen reagieren jedoch stark basisch. Aluminiumhydroxyd ist wasserunlöslich. Es fällt als weißer, gallertartiger Niederschlag aus und löst sich in überschüssiger Kalilauge unter Bildung von Kaliumaluminat. Aluminiumhydroxyd verhält sich amphoter. Die gleichen Eigenschaften zeigt Zinnhydroxyd. Der in Wasser unlösliche weiße, gallertartige Niederschlag setzt sich mit einem Überschuß von Kalilauge zu Kaliumstannit um.

Versuch 185: Löslichkeit der Sulfate von Elementen der 1. bis 3. Hauptgruppe

Ziel des Versuches. Die Löslichkeit einiger Sulfate von Elementen der 1. bis 3. Hauptgruppe soll charakterisiert werden.

Geräte: *Reagenzglasständer, 5 Reagenzgläser*

Chemikalien: *Natriumsulfat, Magnesiumsulfat, Kalkwasser, Barytwasser, Aluminiumsulfat, verdünnte Schwefelsäure, Wasser*

Ausführung. Man gibt je 1 g Natrium-, Magnesium- und Aluminiumsulfat in je ein Reagenzglas und löst die Substanzen in 5 ml Wasser. Ferner werden je 5 ml Kalkwasser und Barytwasser in je ein Reagenzglas gefüllt und mit einigen Tropfen verdünnte Schwefelsäure versetzt.

Auswertung. Natriumsulfat ist in Wasser leicht löslich. Bei den Erdalkalimetallen nimmt die Löslichkeit der Sulfate innerhalb der Gruppe ab. So wird Magnesiumsulfat leicht und Calciumsulfat schwer gelöst; Bariumsulfat ist unlöslich. Aluminiumsulfat ist in Wasser leicht zu lösen.

Versuch 186: Wasserhärte und Seifenwirkung

Ziel des Versuches. Es soll nachgewiesen werden, daß hartes Wasser die Seifenwirkung herabsetzt.

Geräte: *Reagenzglasständer, 4 Reagenzgläser*

Chemikalien: *destilliertes Wasser, Calciumhydrogencarbonatlösung, Kalkwasser, Calciumsulfatlösung, Seifenlösung*

Ausführung. Die Reagenzgläser werden mit destilliertem Wasser, Calciumhydrogencarbonatlösung, Kalkwasser und Calciumsulfatlösung jeweils zur Hälfte gefüllt und mit wenigen Tropfen klarer Seifenlösung versetzt.

Auswertung. Nach Zugabe von Seifenlösung bleibt nur das destillierte Wasser ungetrübt. In den Lösungen treten Trübungen auf, die von ausgefällter, unlöslicher, gelblicher Kalkseife herrühren. Die unlösliche Kalkseife hat keinerlei Reinigungswirkung.

Versuch 187: Quantitative Untersuchung der Wasserhärte

Ziel des Versuches. Es ist zu zeigen, wie die zunehmende Härte des Wassers den Seifenverbrauch erhöht und die Reinigungswirkung herabsetzt.

Geräte: *Bürette (25 ml), 3 Erlenmeyerkolben (50 ml)*

Chemikalien: *Seifenlösung, destilliertes Wasser, Leitungswasser, Kalkwasser*

Ausführung. In die Erlenmeyerkolben gibt man je 5 ml destilliertes Wasser, Leitungswasser und Kalkwasser. Aus der Bürette setzt man tropfenweise Seifenlösung so lange unter Schütteln zu, bis

ein kräftiger Seifenschaum 5 Minuten bestehen bleibt. Die für die einzelnen Proben erforderlichen Mengen sind zu vergleichen.

Auswertung. Destilliertes Wasser ist frei von Härtebildnern und liefert sofort einen dauerhaften Schaum. Für die Schaumbildung mit Leitungswasser ist etwas mehr, mit Kalkwasser eine erheblich größere Menge Seifenlösung erforderlich.

Abwandlung des Versuches. Legt man 40 ml der zu untersuchenden Lösungen vor und titriert mit einer Seifenlösung nach Boutron und Boudet, so kann die Härte quantitativ ermittelt werden. 1 ml Seifenlösung entspricht einer bestimmten Wasserhärte in °d.H. Eine Methode zur quantitativen Bestimmung der temporären Wasserhärte wird in Versuch 68, Seite 69 beschrieben.

Versuch 188: Beseitigung der temporären und der permanenten Wasserhärte

Ziel des Versuches. Es ist zu zeigen, daß Wasser durch Erhitzen teilweise enthärtet werden kann. In diesem Zusammenhang müßte auf die Ursachen der Kesselsteinbildung hingewiesen werden. Abschließend sollen die Schüler eine Methode zur völligen Enthärtung des Wassers kennenlernen.

Geräte: Erlenmeyerkolben, Dreifuß oder Stativ mit Ring, Asbestdrahtnetz, Spiritusbrenner, Filtriergestell, Trichter, Rundfilter
Chemikalien: hartes Wasser oder mit Calciumhydrogencarbonat- und Calciumsulfatlösung versetztes Wasser, Natriumcarbonatlösung

Ausführung. 50 ml hartes Wasser werden etwa 30 Minuten im Erlenmeyerkolben gekocht.

Auswertung. Beim Kochen fällt aus dem harten Wasser Calciumcarbonat (Kesselstein) aus. Dafür ist die Reaktionsgleichung aufzustellen. Durch Erhitzen wird die temporäre Härte beseitigt (Teilenthärtung). Die Erdalkalisulfate, die die permanente Härte verursachen, bleiben in Lösung.

Weiterführung des Versuches. Der Calciumcarbonatniederschlag wird abfiltriert und das Wasser mit Sodalösung versetzt.

Auswertung. Nach der Zugabe von Soda entsteht ein weißer Niederschlag von Calciumcarbonat. Dafür läßt man die Ionengleichung aufstellen.

Abwandlung des Versuches. Mit Sodalösung kann man zugleich sowohl die permanente als auch die temporäre Härte entfernen. Der Beweis für die völlige Enthärtung kann mit Seifenlösung geführt werden.

Versuch 189: Herstellen von Legierungen aus Blei und Zinn

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß beim Zusammenschmelzen von Blei und Zinn eine Substanz von einheitlichem Gefüge entsteht.

Geräte: Schmelzlöffel oder Eisenschale, Tiegelzange, Dreifuß oder Stativ mit Ring, Porzellandreieck, Blechrinne, Bunsenbrenner, Eisendraht
Chemikalien: Blei, Zinn

Ausführung. 16 g Zinn und 9 g Blei und einige Gemische der Metalle in beliebigen Verhältnissen werden im Schmelzlöffel oder in der Eisenschale bis zum Schmelzen erhitzt und mit dem Eisendraht gut durchgerührt.¹⁾ Dann wird die Schmelze in die Metallrinne gegossen.

Auswertung. Blei und Zinn haben sich im geschmolzenen Zustand miteinander vermengt. Nach dem Erstarren ist eine einheitliche metallische Masse entstanden, eine Legierung. Bei der Legierung aus 16 g Zinn und 9 g Blei handelt es sich um Weichlot (Lötzinn).

Versuch 190: Bestimmung der Schmelzpunkte von selbsthergestellten Blei-Zinn-Legierungen

Ziel des Versuches. Es ist zu zeigen, daß Legierungen andere Eigenschaften als ihre Bestandteile haben.

Geräte: Sandbad, Dreifuß oder Stativ mit Ring, Porzellandreieck, Thermometer (bis 360 °C), Bunsenbrenner, schwerschmelzbares Reagenzglas
Chemikalien: Blei-Zinn-Legierungen von Versuch 189

Ausführung. Ein kleines Stück der Legierungen²⁾ wird in je ein schwerschmelzbares Reagenzglas gegeben. Dann steckt man das Glas und das Thermometer in ein Sandbad und erhitzt. Die beim Beginn des Schmelzens angezeigte Temperatur wird abgelesen und notiert.

Auswertung. Die Legierung aus 16 g Zinn und 9 g Blei schmilzt bei 181 °C, alle anderen Blei-Zinn-Legierungen haben einen höheren Schmelzpunkt. Reines Blei schmilzt bei 327 °C und reines Zinn bei 232 °C.

Analoger Versuch. Anstelle der selbst hergestellten Legierungen kann auch der Schmelzpunkt von handelsüblichem Lötzinn bestimmt werden.

¹⁾ Zweckmäßig arbeiten die Gruppen getrennt-gemeinschaftlich, Die Mengenverhältnisse jeder Gruppe werden schriftlich fixiert.

²⁾ Es ist getrennt-gemeinschaftlich zu arbeiten.

Nebengruppenelemente

Eisen-Stahl

Versuch 191: Lösen von Stahl und Gußeisen in verdünnter Salzsäure

Ziel des Versuches. In Stahl und in Gußeisen soll Kohlenstoff festgestellt werden.

Ausführung a

Geräte: 4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Trichter, Rundfilter, Filtriergestell, 2 Uhrgläser

Chemikalien: Stahlspäne und Gußeisenfeilspäne, wenig verdünnte Salzsäure

Ausführung b

Geräte: Becherglas (100 ml), Becherglas (600 ml)

Chemikalien (zusätzlich zu Ausführung a): Wasser

Ausführung a. In ein Reagenzglas werden etwa 1 cm hoch Stahlspäne, in ein zweites Gußeisenfeilspäne eingefüllt und einige Milliliter wenig verdünnte Salzsäure zugesetzt. Sobald die anfangs stürmische Gasentwicklung nachläßt, gießt man noch etwas Säure nach. Die Zugabe von Säure muß so oft wiederholt werden, bis keine Gasentwicklung mehr festzustellen ist. Dann filtriert man jede der erhaltenen Lösungen, nimmt das Filterpapier aus dem Trichter und legt es auseinandergefaltet auf das Uhrglas.

Ausführung b. Das kleine Becherglas wird etwa 0,5 cm hoch mit Stahl- oder Gußeisenfeilspänen gefüllt. Dann gibt man so oft kleine Mengen wenig verdünnter Salzsäure hinzu, bis die Gasentwicklung beendet ist. Danach wird die entstehende Lösung in das mit etwa 200 ml Wasser gefüllte große Becherglas gegossen. Das Becherglas mit der Lösung muß beim Umgießen mehrmals geschüttelt werden.

Auswertung. Das Eisen löst sich in der wenig verdünnten Salzsäure auf. Der im Stahl beziehungsweise im Gußeisen enthaltene Kohlenstoff bleibt zurück und wird in Ausführung a beim Filtrieren der Lösung abgetrennt. In der stark verdünnten Lösung von Ausführung b sind die feinverteilten Kohlenstoffteilchen ebenfalls zu erkennen.

Abwandlung des Versuches. Statt der wenig verdünnten Salzsäure läßt sich auch verdünnte Schwefelsäure verwenden.

Versuch 192: Langsames Erhitzen von Stahl

Ziel des Versuches. Die Anlaßfarben des Stahls bei verschiedenen hohen Temperaturen sind zu beobachten.

Ausführung a

Geräte: Spiritusbrenner, Tiegelzange

Chemikalien: Stahlblech oder eine unlackierte Rasierklinge

Ausführung b

Geräte: Spiritusbrenner, Dreifuß oder Stativ mit Ring, Asbestpappe

Chemikalien: wie bei Ausführung a

Ausführung a. Ein Stück Stahlblech oder eine Rasierklinge wird mit der Tiegelzange kurze Zeit in der Brennerflamme erhitzt. Dann läßt man abkühlen und beobachtet die Färbungen.

Ausführung b. Man legt das Stück Stahlblech oder die Rasierklinge auf Asbestpappe, die dann auf dem Dreifuß vorsichtig von unten erwärmt wird. Die Färbung des Bleches ist ständig zu beobachten.

Auswertung. Durch Erwärmen werden im Stahlblech Strukturveränderungen hervorgerufen, die an der Farbänderung zu erkennen sind. Die Oberfläche des Stahls zeigt die sogenannten Anlaßfarben. Bei Ausführung a ähneln diese den Farben des Regenbogens.

Ausführung b gestattet es, die Farben nacheinander auf der gesamten Oberfläche zu beobachten. Die Anlaßfarben sind für bestimmte Temperaturbereiche charakteristisch. Zwischen 200° und 250° wird der Stahl gelb, bei 250° bis 280° braunrot, von 290° bis 330° blau und darüber grau. Es ist allerdings zu beachten, daß auch die Dauer des Erhitzens für das Auftreten der Anlaßfarben von Bedeutung ist. Erhitzt man den Stahl längere Zeit bei niedriger Temperatur, so entstehen Anlaßfarben, die sonst nur bei höheren Temperaturen auftreten.

Versuch 193: Langsames Abkühlen und Abschrecken von glühendem Stahl

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die beim Härten und Anlassen auftretenden Veränderungen der Eigenschaften von Stahl kennenlernen.

Geräte: Spiritusbrenner, Tiegelzange, Becherglas (600 ml), Objektträger, Schutzbrille

Chemikalien: 2 Rasierklingen, Blumendraht, Wasser

Ausführung. Eine Rasierklinge wird mit der Tiegelzange gefaßt und mit der einen Schneide über den Objektträger gezogen, um zu prüfen, ob sie das Glas ritzt. Danach erhitzt man sie etwa 5 Minuten in der Brennerflamme und taucht sie noch glühend in kaltes Wasser. Die Ritzprobe wird wiederholt. Man versucht vorsichtig, die Klinge zu biegen (Schutzbrille). Nun führt man sie langsam

von oben in die Flamme. Wenn sie blau angelauten ist, wird sie sofort aus der Flamme herausgezogen. Ritz- und Elastizitätsprobe sind noch einmal durchzuführen.

Die zweite Rasierklinge wird ebenfalls etwa 5 Minuten kräftig erhitzt und anschließend langsam abgekühlt, indem man sie allmählich nach oben aus der Flamme zieht und dann noch kurze Zeit über die Flammenspitze hält. Nach dem Erkalten führt man erneut die Ritz- und Elastizitätsprobe durch.

Abschließend wird Blumendraht ebenso wie die Rasierklingen untersucht.

Auswertung. Zunächst sind die Rasierklingen elastisch und ritzen Glas nicht. Die erhitzte und abgeschreckte Klinge zeigt keine Elastizität und ist so hart, daß sie Glas ritzt. Nach dem nochmaligen Erwärmen bis zum Auftreten der blauen Anlaßfarbe hat sie ihre alte Elastizität zurückerhalten. Die erhitzte und langsam abgekühlte Rasierklinge läßt sich leicht biegen. Blumendraht ist nicht elastisch. Er kann leicht gebogen werden. Durch Abschrecken ist Blumendraht nicht zu härten.

Abwandlung des Versuches. Anstelle der Rasierklingen können auch Stricknadeln oder kleine Nägel verwendet werden.

Versuch 194: Erhitzen von Brauneisenerz

Ziel des Versuches. Der Wassergehalt in Brauneisenerz soll nachgewiesen werden.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Spatel
Chemikalien: Brauneisenerz

Ausführung. Etwas zerkleinertes Brauneisenerz wird im Reagenzglas erhitzt.

Auswertung. Beim Erhitzen entweicht aus Brauneisenstein Wasserdampf, der an den kälteren Teilen des Reagenzglases kondensiert.

Versuch 195: Bildung von Rost

Ziel des Versuches. Der Sauerstoffverbrauch beim Rosten wird nachgewiesen.

Geräte: Reagenzglasständer, Grundgerät 6
Chemikalien: Eisenpulver oder Eisenfeilspäne, gefärbtes Wasser

Ausführung. Das Reagenzglas A von Grundgerät 6 wird unter Schütteln mit Wasser gespült. Dann streut man etwas Eisenpulver auf die feuchte Innenwand und setzt die Gasableitung auf. Das Reagenzglas B wird zur Hälfte mit gefärbtem Wasser gefüllt. Man stellt das Gerät in den Reagenzglasständer und betrachtet es nach einigen Tagen.

Auswertung. Das Eisenpulver beginnt in der feuchten Luft zu rosten. Da bei dem Oxydationsvorgang Sauerstoff verbraucht wird, entsteht im Reagenzglas A ein Unterdruck, der durch das Ansteigen des gefärbten Wassers im Glasrohr angezeigt wird.

Abwandlung des Versuches. Anstelle des Grundgerätes 6 kann auch das Grundgerät 5a mit einem rechtwinklig gebogenen Ableitungsrohr verwendet werden, dessen äußerer Schenkel etwas länger ist. In das Reagenzglas bringt man auf einen Streifen feuchtes Filterpapier Eisenpulver. Dann wird das Glas waagrecht an einem Stativ befestigt und das Ableitungsrohr in ein Becherglas mit gefärbtem Wasser getaucht.

Versuch 196: Reduktion von Eisenoxyd durch Kohlenstoff

Ziel des Versuches. Die direkte Reduktion eines Eisenoxyds durch Kohlenstoff soll gezeigt werden. Der Versuch bereitet die Behandlung des Hochofenprozesses vor.

Geräte: Stativ, Grundgerät 6, Becherglas, Bunsenbrenner
Chemikalien: Eisenoxyd, Aktivkohlepulver, Kalkwasser

Ausführung. Das Reagenzglas B wird zur Hälfte mit Kalkwasser gefüllt. In das Reagenzglas A gibt man ein Gemisch von Eisenoxyd und Kohlepulver. Dann wird die Gasableitung aufgesetzt, das Glas am Stativ befestigt und kräftig erhitzt. Kurze Zeit nachdem man zu erhitzen begonnen hat, wird das Ableitungsrohr in das Kalkwasser getaucht.

Auswertung. Das Kalkwasser trübt sich. Durch Reduktion des Eisenoxyds mittels Kohlenstoff ist Kohlendioxyd entstanden, das aus Kalkwasser Calciumcarbonat ausfällt.

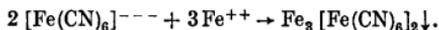
Versuch 197: Bildung von Berliner Blau und Turnbells Blau

Ziel des Versuches. Die Bildung von farbigen Hexacyanoferrat-komplexen soll beobachtet werden.

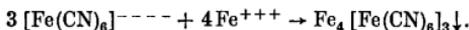
Geräte: 4 Reagenzgläser, Gummistopfen, Reagenzglasständer, 2 Tropfpipetten, Spatel
Chemikalien: Eisen(II)-sulfat, Eisen(III)-chlorid, Kaliumhexacyanoferrat(II) (gelbes Blutlaugensalz), Kaliumhexacyanoferrat(III) (rotes Blutlaugensalz), Wasser

Ausführung. Von den vier Salzen werden in Reagenzgläsern je etwa 3 ml Lösungen hergestellt. Sobald man dem Eisen(II)-salz Wasser zugesetzt hat, ist das Glas mit dem Stopfen zu verschließen. Erst dann schüttelt man, bis sich die Substanz gelöst hat. Zu der Eisen(II)-sulfatlösung werden einige Tropfen der Lösung von Kaliumhexacyanoferrat(III) gegeben. Danach versetzt man die Eisen(III)-salzlösung mit einigen Tropfen der Kaliumhexacyanoferrat(II)-lösung.

Auswertung. In beiden Fällen bilden sich blaue Niederschläge. Aus der Eisen(II)-salzlösung wird mit Kaliumhexacyanoferrat(III) Turnbulls Blau gebildet:



Kaliumhexacyanoferrat(II) fällt aus der Eisen(III)-salzlösung einen Niederschlag von Berliner Blau aus:



Abwandlung des Versuches. Die Bildung von Berliner Blau und Turnbulls Blau läßt sich vorteilhaft auch als Tüpfelreaktion zeigen, da hier mit sehr geringen Chemikalienmengen gearbeitet werden kann.

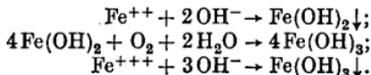
Versuch 198: Fällung von Eisen(III)-hydroxyd durch verdünnte Natronlauge

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine Nachweisreaktion für Eisen kennenlernen.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasstände, Gummistopfen, Spatel
Chemikalien: Eisen(II)-sulfat, Eisen(III)-chlorid, verdünnte Natronlauge, Wasser

Ausführung. Frisch bereiteten Lösungen von Eisen(II)-sulfat und Eisen(III)-chlorid wird verdünnte Natronlauge zugefügt. Das Reagenzglas mit der Eisen(II)-salzlösung verschließt man sofort mit einem Gummistopfen. Nach wenigen Minuten wird der Stopfen wieder entfernt und die Farbänderung des Niederschlages beobachtet.

Auswertung. Aus der Eisen(II)-salzlösung fällt bei Luftabschluß grünlich-weißes Eisen(II)-hydroxyd aus. Bei Luftzutritt wird dieses zu rotbraunem Eisen(III)-hydroxyd oxydiert. Die Eisen(III)-salzlösung setzt sich mit Natronlauge sofort zu Eisen(III)-hydroxyd um. Man läßt die Reaktionsgleichungen aufstellen:



Versuch 199: Reaktion von Eisen(III)-salzlösung mit Kalliumthiocyanat

Ziel des Versuches. Es sollen Eisen(III)-ionen nachgewiesen werden.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasstände, Spatel
Chemikalien: Eisen(III)-salz, Kaliumthiocyanat (Kaliumrhodanid), Wasser

Ausführung. Man stellt eine Eisen(III)-salzlösung her und fügt etwas Kaliumthiocyanatlösung hinzu.

Auswertung. Es bildet sich Eisen(III)-thiocyanat, das die Lösung blutrot färbt. Dafür wird die Ionengleichung aufgestellt:



Versuch 200: Bestimmung des Eisengehalts einer Eisen(II)-sulfatlösung

Ziel des Versuches. Der Eisengehalt einer Eisen(II)-salzlösung soll durch Umsetzung mit Kaliumpermanganat in schwefelsaurer Lösung maßanalytisch bestimmt werden.

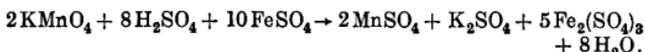
Geräte: *Bürette, Vollpipette (10 ml), Becherglas, Blatt weißes Papier, Stativ mit Bürettenklemme*

Chemikalien: *0,1 n Kaliumpermanganatlösung, Eisen(II)-sulfatlösung, 10%ige Schwefelsäure*

Ausführung. 10 ml der Eisen(II)-sulfatlösung (etwa 25 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ auf 1 l Lösung) werden mit Hilfe der Vollpipette in das Becherglas gefüllt. Dazu gibt man etwa 5 ml Schwefelsäure. Nun wird mit der Kaliumpermanganatlösung aus der Bürette unter ständigem Umschwenken des Becherglases titriert. Die Titration ist beendet, wenn die untersuchte Lösung schwach rosa gefärbt bleibt. Den Verbrauch an Kaliumpermanganatlösung liest man an der Bürette ab (x ml). Aus drei Messungen wird das arithmetische Mittel gebildet.

Hinweis. Die Eisen(II)-salzlösung darf keine Fe^{+++} -Ionen enthalten.

Auswertung. Die Eisen(II)-salzlösung reduziert die rotviolette Lösung von Kaliumpermanganat:



Daher werden beim Titrieren die einfallenden Tropfen der Permanganatlösung anfangs sofort entfärbt. Sobald jedoch die Fe^{++} -Ionen vollständig zu Fe^{+++} -Ionen oxydiert sind, wird die Probe bei weiterer Zugabe von Permanganatlösung rosa.

Beim Titrieren wurden x ml 0,1 n Kaliumpermanganatlösung verbraucht. 1 l dieser Lösung entspricht 15,192 g Eisen(II)-sulfat, folglich 5,585 g Eisen. 1 ml kommen 5,585 mg Eisen zu. In den vorgelegten 10 ml der Eisen(II)-sulfatlösung sind also x · 5,585 mg Eisen enthalten. 1 l Lösung enthält x · 5,585 · 50 mg Eisen.

Weitere Nebengruppenelemente

Versuch 201: Flammenfärbung durch Kupfer(II)-chlorid

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Kupfer durch Flammenfärbung nachweisen.

Geräte: *Spiritusbrenner, Magnesiastäbchen, 2 Uhrgläser*
Chemikalien: *festes Kupfer(II)-chlorid, konzentrierte Salzsäure*

Ausführung. Das Magnesiastäbchen wird ausgeglüht und noch heiß zunächst in konzentrierte Salzsäure und dann in festes Kupfer(II)-chlorid getaucht, von dem eine kleine Menge auf das Uhrglas gegeben wurde. Dann hält man das Magnesiastäbchen mit dem daran haftenden Kupfer(II)-chlorid wieder in die Flamme.

Auswertung. Die Flamme wird grün gefärbt.

Analoger Versuch. Die gleiche Flammenfärbung ist zu beobachten, wenn man ein Stück Kupferblech oder -draht in Salzsäure taucht und dann in die Brennerflamme führt.

Versuch 202: Reaktion von Kupfersulfat mit Kaliumhexacyanoferrat(II)

Ziel des Versuches. Eine Nachweisreaktion von Kupfer soll erarbeitet werden.

Geräte: *2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel*
Chemikalien: *Kupfersulfat, Kaliumhexacyanoferrat(II) (gelbes Blutlaugensalz), Wasser*

Ausführung. Man löst Kupfersulfat und Kaliumhexacyanoferrat(II) in je 3 ml Wasser und gibt beide Lösungen zusammen.

Auswertung. Es bildet sich ein rotbrauner Niederschlag von Kupfer(II)-hexacyanoferrat(II):



Versuch 203: Reaktion von Kupfersulfat mit Ammoniumhydroxyd

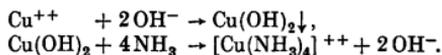
Ziel des Versuches. Kupfer soll durch die Bildung des Kupfer-tetramminkomplexes nachgewiesen werden.

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglasständer, Tropfpipette*
Chemikalien: *Kupfersulfat, Ammoniaklösung, Wasser*

Ausführung. Es werden 3 ml Kupfersulfatlösung hergestellt und tropfenweise mit Ammoniaklösung versetzt.

Auswertung. Es fällt ein blauer Niederschlag von Kupferhydroxyd

aus, der sich im Überschuß von Ammoniaklösung unter Bildung des tiefblauen Kupfertetramminkomplexes löst:



Versuch 204: Reduktion von Silberionen zu Silber

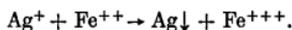
Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß durch Reduktion aus Silbernitratlösung metallisches Silber abgeschieden werden kann.

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglasständer, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner*

Chemikalien: *Silbernitratlösung, Eisen(II)-sulfat, Wasser*

Ausführung. 3 ml Eisen(II)-sulfatlösung werden im Reagenzglas frisch bereitet, mit Silbernitratlösung versetzt und bis zum Sieden erhitzt.

Auswertung. Es bildet sich ein dunkler Niederschlag von metallischem Silber. Die Silberionen werden durch Eisen(II)-sulfat zu metallischem Silber reduziert:



Versuch 205: Einwirkung von Eisen(II)-chloridlösung auf Silberchlorid

Ziel des Versuches. Die Wirkungsweise eines Entwicklers¹⁾ soll erklärt werden.

Geräte: *3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, dunkles Papier, Stopfen*
Chemikalien: *Silbernitratlösung, verdünnte Salzsäure, Eisen(II)-chlorid, Wasser*

Ausführung. Man gibt verdünnte Salzsäure in zwei Reagenzgläser, versetzt sie mit Silbernitratlösung, läßt absetzen und dekantiert die Flüssigkeit. Ein Glas wird in helles Sonnenlicht gestellt, das andere mit dunklem Papier umhüllt. Nachdem sich der belichtete Niederschlag schwarzviolett gefärbt hat, entfernt man das Papier wieder und setzt beiden Niederschlägen eine frisch bereitete, heißgesättigte Eisen(II)-chloridlösung zu.

Auswertung. Nach einiger Zeit scheidet sich aus dem belichteten Silberchlorid schwarzes Silber ab. An der unbelichteten Probe ist zunächst keine Veränderung zu erkennen. — Eisen(II)-chlorid wirkt reduzierend. Es hat also die Funktion eines Entwicklers. Da es ein

¹⁾ Zum fotografischen Prozeß siehe auch Versuche 103 und 104 auf den Seiten 94 und 95!

sehr schwaches Reduktionsmittel ist, greift es den Silberchloridniederschlag nur dort an, wo durch die Belichtung bereits katalytisch wirkende Silberkeime gebildet wurden.

Versuch 206: Reaktion von Zinksulfat mit Natronlauge

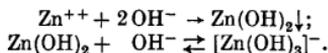
Ziel des Versuches. Es soll eine Nachweisreaktion für Zink erarbeitet werden.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglasständer, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Tropfpipette, Spatel

Chemikalien: Zinksulfat, verdünnte Natronlauge, Wasser

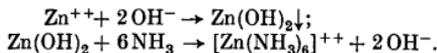
Ausführung. Im Reagenzglas werden 3 ml Zinksulfatlösung hergestellt und tropfenweise mit Natronlauge versetzt, bis ein anfänglich auftretender Niederschlag sich wieder auflöst. Anschließend erhitzt man die Lösung unter ständigem Schütteln des Glases, ohne sie zum Sieden zu bringen.

Auswertung. Zunächst fällt ein weißer Niederschlag von Zinkhydroxyd aus, der sich im Überschuß des Fällungsmittels löst. Es bilden sich Zinkationen:



Die Zinkatombildung ist umkehrbar. Deshalb fällt beim Erwärmen wieder Zinkhydroxyd aus.

Analoger Versuch. Anstelle von Natronlauge läßt sich auch Ammoniaklösung verwenden. Es fällt zuerst wieder Zinkhydroxyd aus, das sich im Überschuß des Fällungsmittels löst. Dabei wird aber kein Zinkat, sondern ein Zinkhexamminkomplex gebildet:



Versuch 207: Lösen von Zinkoxyd in Zinkchloridlösung

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Wirkungsweise von Zinkchloridlösung als Lötwasser kennenlernen.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglasständer, Spatel

Chemikalien: Zinkchlorid, Zinkoxydpulver, Wasser, Lackmuspapier

Ausführung. Zunächst wird im Reagenzglas eine Zinkchloridlösung hergestellt und mit Lackmuspapier geprüft. Dann gibt man etwas Zinkoxydpulver dazu.

Auswertung. Das Lackmuspapier wird gerötet, weil Zinkchlorid als Salz einer schwachen Base und einer starken Säure infolge Hydrolyse sauer reagiert. Metalloxyde werden in Zinkchloridlösung unter

Bildung von Komplexsalzen gelöst. Wegen dieser Eigenschaften benutzt man die Lösung als Lötwasser. Die Oxydbeschläge auf den Lötstellen werden entfernt. Zum Reinigen des Lötkolbens wird meist ein Lötstein verwendet, der aus Ammoniumtetrachlorzinkat $(\text{NH}_4)_2 [\text{ZnCl}_4]$ besteht.

Versuch 208: Reduktion von Kaliumdichromat durch schweflige Säure

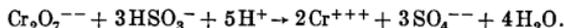
Ziel des Versuches. Das Experiment ist zur Erweiterung des Redoxbegriffes einzusetzen.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglasständer, Spatel

Chemikalien: Kaliumdichromat, schweflige Säure, Wasser

Ausführung. Im Reagenzglas werden 3 ml Kaliumdichromatlösung bereitet und mit schwefliger Säure versetzt.

Auswertung. Die zunächst orangefarbene Lösung färbt sich grün. Das sechswertige Chrom wird zu dreiwertigem reduziert. Dafür wird die Ionengleichung aufgestellt:



Versuch 209: Thermischer Zerfall des Kaliumpermanganats

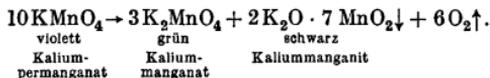
Ziel des Versuches. Das siebenwertige Mangan soll zum sechs- und vierwertigen reduziert werden.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Becherglas, Holzspan, Spiritusbrenner, Spatel

Chemikalien: Kaliumpermanganat, Wasser

Ausführung. Eine Spatelspitze Kaliumpermanganatkristalle wird im Reagenzglas erhitzt. Der entweichende Sauerstoff ist mit einem glimmenden Holzspan nachzuweisen. Nun erhitzt man bis zur Rotglut, läßt abkühlen und schüttet den Glührückstand in das mit wenig Wasser gefüllte Becherglas.

Auswertung. Es bildet sich eine tiefgrüne Lösung von Kaliumpermanganat. Am Boden setzt sich schwarzer Schlamm von Braunstein ab. Das Kaliumpermanganat zerfällt bei Rotglut. Die Reaktion wird durch folgende Gleichung ausgedrückt:



Man läßt die Wertigkeit des Mangans in den drei Verbindungen bestimmen.

Versuch 210: Reaktion von Eisen mit Kupfersulfatlösung

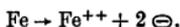
Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß Eisen ein größeres Lösungsbestreben zeigt als Kupfer.

Geräte: *Becherglas, Spatel*

Chemikalien: *Kupfersulfat, Eisennagel oder Eisenblechstreifen, Wasser*

Ausführung. Im Becherglas werden 50 ml konzentrierte Kupfersulfatlösung hergestellt und das blanke Stück Eisen hineingelegt. Nach einiger Zeit nimmt man das Eisen aus der Lösung und betrachtet es.

Auswertung. Das Eisen hat sich mit einer dünnen Kupferschicht überzogen. In der Lösung sind Eisen(II)-ionen nachzuweisen.



Die hierbei frei gewordenen Elektronen entladen Kupferionen:



Das Kupfer setzt sich an dem Eisen ab.

Analoge Versuche. Anstelle des Eisens können auch sorgfältig gereinigte Streifen anderer unedler Metalle benutzt werden. Ferner ist es möglich, Kupferdraht in ein Reagenzglas mit Silbernitratlösung zu tauchen. Indem man das Verhalten verschiedener Metalle untersucht, kann die elektrochemische Spannungsreihe entwickelt werden. Dabei sollte man die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise anwenden.

Metall	Ionen in der Lösung
Kupfer	Ag ⁺ Fe ⁺⁺ (⁺) Zn ⁺⁺ Mg ⁺⁺
Eisen	Ag ⁺ Cu ⁺⁺ Zn ⁺⁺ Mg ⁺⁺
Zink	Ag ⁺ Cu ⁺⁺ Fe ⁺⁺ (⁺)Mg ⁺⁺
Magnesium	Ag ⁺ Cu ⁺⁺ Fe ⁺⁺ (⁺)Zn ⁺⁺

Versuche in Halbmikrotechnik

Vorbemerkungen

Die Halbmikrotechnik bei chemischen Untersuchungen hat in den letzten Jahren große Bedeutung erlangt. Das ist durch die recht erheblichen Vorzüge bedingt, die sie gegenüber der bisher allgemein üblichen Makrotechnik besitzt. Genannt seien die niedrigen Anschaffungskosten der Ausstattung, der geringe Verbrauch an Chemikalien, die oft stark vereinfachten Analysemethoden. Besonders geeignet lassen diese Merkmale die Halbmikrotechnik für chemische Schülerversuche erscheinen. Hierbei erweist sich weiterhin als günstig, daß viele Experimente, bei denen giftige gasförmige Produkte auftreten, in der Halbmikrotechnik ohne Bedenken durchgeführt werden können, weil die Mengen der schädlichen Stoffe äußerst gering sind.

Im folgenden Kapitel sind einige ausgewählte Schülerversuche in Halbmikrotechnik beschrieben. Diese Arbeitsweise wird hier in vereinfachter Form angewandt. Die Durchführung dieser Versuche setzt jedoch eine besondere Ausrüstung an Geräten und Chemikalien voraus. Die Ausstattung für einen Schülerarbeitsplatz sollte folgendes umfassen:

- 1 Reagenzglasständer für 10 bis 12 Reagenzgläser 10 mm × 100 mm oder ein einfacher Holzblock mit entsprechenden Bohrungen
- 1 Reagenzlashalter
- 1 Spiritusbrenner
- 10 Reagenzgläser 10 mm × 100 mm
- 2 Reagenzgläser 16 mm × 160 mm
- 2 Bechergläser, 30 ml
- 1 Trichter ø 3 cm
- 3 Tropfpipetten mit ausgezogener Spitze und Gummihütchen, etwa 15 cm lang
- 1 Porzellantüpfelplatte
- 4 Uhrgläser ø 3 cm
- 4 Objektträger
- 10 Rundfilter ø 5 cm
- 10 Blatt Lackmuspapier, rot
- 10 Blatt Lackmuspapier, blau
- 5 Magnesiastäbchen
- 1 Spatel
- 1 Gestell für Reagenzienflaschen mit 12 bis 15 Tropffläschchen, 10ml
- 2 bis 3 Weithalsfläschchen mit Schraubverschluß, 10 ml
- 2 bis 3 Fläschchen mit Glasstopfen, 20 ml
- 1 Flasche mit Stopfen, 100 bis 200 ml für destilliertes Wasser
- 1 Lappen zum Säubern

Häufig benötigte Chemikalien sind in Flaschen im Gestell unterzubringen. Für alle wichtigen Lösungen, die im Unterricht angewendet werden, ist es zweckmäßig,

Pipettenflaschen zu benutzen. Dazu eignen sich auch die Tropffläschchen aus der Apotheke, die leicht zu beschaffen sind. Im folgenden wird das Vorhandensein von Pipettenflaschen vorausgesetzt. Sind derartige Flaschen nicht vorhanden, muß zusätzlich zu den jeweils angegebenen Geräten für jede benutzte Flüssigkeit eine weitere Tropfpipette bereitgestellt werden. Konzentrierte Säuren dürfen allerdings nur in Flaschen mit Glasstopfen aufbewahrt werden. Für die folgenden Versuche werden nachstehende Chemikalien besonders häufig benötigt. Diese sollten in Pipettenflaschen von etwa 10 bis 25 ml Inhalt bereitstehen.

Salpetersäure, 10%ig	Kalkwasser, gesättigt
Salzsäure, 10%ig	Bariumchloridlösung, 10%ig
Schwefelsäure, 10%ig	Silbernitratlösung, 2%ig
Schwefelwasserstoffwasser, gesättigt	Wasserstoffperoxydlösung, 3%ig
Natronlauge, 10%ig	Methylorangelösung, 0,1%ig
Ammoniaklösung, 10%ig	Lackmuslösung, 0,1%ig
Ammoniaklösung, 25%ig	Phenolphthaleinlösung, 0,1%ig

Diese Lösungen sollten zum Nachfüllen auch in größeren Vorratsflaschen bereitstehen. Für einzelne Reaktionen weiterhin benötigte Chemikalien werden nach Bedarf ausgegeben. Dazu gehören:

1. Lösungen

Aluminiumchlorid, 10%ig
 Ammoniummolybdat, 6%ig
 Bleinitrat, 10%ig
 Calciumchlorid, 10%ig
 Eisen(II)-sulfat, 10%ig
 Eisen(III)-chlorid, 10%ig
 Kaliumnitrat, 10%ig
 Kaliumsulfat, 10%ig
 Kupfer(II)-sulfat, 10%ig
 Magnesiumchlorid, 10%ig
 Natriumchlorid, 10%ig
 Natriumhydrogenphosphat, 10%ig
 Zinksulfat, 10%ig
 Zinn(II)-chlorid, 10%ig

2. Feste Stoffe

Ammoniumchlorid
 Bariumchlorid
 Calciumchlorid, kristallin
 Bleinitrat
 Kaliumchlorid
 Kupfer(II)-sulfat
 Natriumchlorid
 Natriumhydrogenphosphat

Experimente zur anorganischen Chemie in Halbmikrotechnik

Versuch 211: Reduktion von Kupfer(II)-oxyd mit Wasserstoff

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen feststellen, daß sich Metall-oxyde durch Wasserstoff reduzieren lassen.

Geräte: *Reagenzglas mit seitlichem Ansatzrohr (15 mm × 160 mm, Ansatzrohr 35 mm), Gummistopfen, 20 mm langes Schlauchstück, 80 mm langes Glasrohr, Trichter, Aluminiumstreifen (3 mm breit als Mikrospatel), Spiritusbrenner, Reagenzglasständer als Stativ*

Chemikalien: *granuliertes Zink, verdünnte Salzsäure, Kupfer(II)-oxyd*

Ausführung. Eine kleine Menge Kupfer(II)-oxyd bringt man in die Mitte des Glasröhrchens. Dann werden Zinkgranula 2 cm hoch in das Reagenzglas gefüllt und darauf so viel Salzsäure gegossen, bis sie etwa 3 cm über dem Zink steht. Den Gummistopfen setzt man so leicht auf, daß er sich durch das seitliche Ansatzrohr herausblasen läßt. Das Glasrohr mit dem Kupfer(II)-oxyd wird nun mittels des Schlauches an das Ansatzstück angeschlossen. Die Gasentwicklung läuft während dieser Arbeiten. Das Glas muß ab und zu geschüttelt werden, damit die anfänglich entstehenden Schaumbblasen nicht in das Ansatzrohr treten. Während dieser Vorbereitungen hat sich so viel Wasserstoff entwickelt, daß die Luft aus der Apparatur verdrängt ist. Nun stellt man die ganze Vorrichtung in den Reagenzglasständer (untere Lochreihe) und erhitzt das Kupfer(II)-oxyd im Glasrohr mit kleiner Flamme. Nach wenigen Minuten setzt die Reduktion ein. Die Zink- und Säuremenge reichen für die Dauer des Versuches vollkommen aus. Es wird keine Säure nachgefüllt.

Hinweis. Sollte das Rohr durch einen voreiligen Schüler zu zeitig erhitzt werden, so schießt bei der möglichen Knallgasexplosion der leicht aufgesetzte Gummistopfen aus der Öffnung. Wird auf die Versuchsdiziplin streng geachtet, dann besteht keine Unfallgefahr.

Auswertung. Der Wasserstoff reduziert das Kupfer(II)-oxyd zu Kupfer. Dabei entsteht Wasser, das man zu Beginn der Reduktion am Rohausgang als feinen Beschlag sehen kann. Das Kupfer bildet einen deutlich sichtbaren roten Spiegel im Reaktionsröhrchen.

Analoge Versuche. Anstelle des Kupfer(II)-oxyds lassen sich auch Bleioxyd und Nickeloxyd verwenden. Bei Nickeloxyd entsteht ein Nickel-Spiegel, und bei Bleioxyd bilden sich Kügelchen von geschmolzenem Blei.



Versuch 212: Darstellung von Magnesiumsulfat aus Magnesium und verdünnter Schwefelsäure

Ziel des Versuches. Der Schüler soll die allgemeine Salzbildungs-gleichung ableiten:



Geräte: Reagenzglas, Tropfpipette, 2 Objektträger, 2 Spatel, Reagenzglas-halter

Chemikalien: Magnesiumgrieß, verdünnte Schwefelsäure

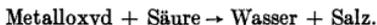
Ausführung. In das Reagenzglas gibt man vorsichtig 6 Tropfen ver-dünnte Schwefelsäure und läßt nach und nach Körnchen von Magnesiumgrieß hineinfallen. Man wartet jeweils, bis sich die Körnchen aufgelöst haben. Zunächst ist lebhaft Gasentwicklung sichtbar. Der Versuch wird abgebrochen, wenn sich die Körnchen nicht mehr lösen oder die Gasentwicklung nur noch sehr langsam erfolgt. Mit der Tropfpipette werden dann nacheinander 2 Tropfen der Salzlösung auf den Rand des Objektträgers gebracht. Der Objektträger wird nun mit dem Reagenzglashalter über der Spiritusflamme kreisend bewegt, so daß die Lösung schwach siedet. Man kann die Wärmezufuhr durch Heben oder Senken steuern. Tritt der erste dünne Salzrand am Tropfen auf, wird das Eindampfen unterbrochen. Man erhält dadurch ausgezeichnete Kristalle.

Auswertung. Magnesium reagiert mit Schwefelsäure unter Entwick-lung von Wasserstoff. Letzterer wird in diesem Versuch nicht nach-gewiesen. Das Magnesiumsulfat erhält man in glasklaren Kristallen, die bei stärkerem Erhitzen auf dem Objektträger eine weiße Kruste bilden.

Analoge Versuche. Anstelle von Schwefelsäure können auch andere Säuren und Metalle verwendet werden. Magnesium eignet sich des-halb gut, weil das Auflösen sehr wenig Zeit erfordert und recht vollständig geschieht.

Versuch 213: Darstellung von Kupfersulfat aus Kupfer(II)-oxyd und verdünnter Schwefelsäure

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die allgemeine Salzbildungs-gleichung ableiten:



Geräte: Reagenzglas, Tropfpipette, Objektträger, Spatel, Reagenzglas-halter

Chemikalien: Kupfer(II)-oxyd, verdünnte Schwefelsäure

Ausführung. Man gibt 25 Tropfen verdünnte Schwefelsäure in das Reagenzglas, fügt eine Spatelspitze Kupfer(II)-oxyd (der Spatel soll 5 mm lang mit Oxyd bedeckt sein) hinzu und erwärmt. Sobald eine klare, blaue Lösung entstanden ist, entnimmt man ihr mit der Tropfpipette 2 Tropfen und dampft sie vorsichtig bis zur Kristall-

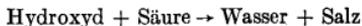
bildung auf dem Objektträger ein. Danach kann weiter erhitzt werden. Vorteilhaft wird mit 2 Objektträgern gearbeitet. Man stellt den einen davon beiseite, wenn beim Eindampfen der Salzrand erscheint, und läßt auskristallisieren. Den anderen erhitzt man, bis die Kristalle ihre blaue Farbe verloren haben.

Auswertung. Die angegebenen Mengen Kupfer(II)-oxyd lösen sich meist vollständig in verdünnter Schwefelsäure. Dabei entsteht Wasser. Beim Eindampfen der Lösung erhält man blaues Kupfer(II)-sulfat. Durch längeres Erhitzen der Kristalle dieses Salzes bildet sich wasserfreies, weißes Kupfer(II)-sulfat.

Analoge Versuche. Anstelle von Schwefelsäure kann verdünnte Salzsäure, anstelle des Kupfer(II)-oxyds können Magnesiumoxyd oder Zinkoxyd verwendet werden. Lösen sich die Oxyde nicht vollständig, so dekantiert man die Salzlösung vom abgesetzten Oxyd.

Versuch 214: Darstellung von Natriumchlorid aus Natronlauge und Salzsäure

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die allgemeine Salzbildungs-gleichung:



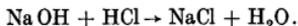
ableiten und den Neutralisationsvorgang kennenlernen.

Geräte: *Reagenzglas, Tropfpipette, Objektträger, Spiritusbrenner*

Chemikalien: *verdünnte Salzsäure, verdünnte Natronlauge, Phenolphthaleinpapier*

Ausführung. Mit der Pipette werden 6 Tropfen Salzsäure in das Reagenzglas gebracht und ein kleines Stück Phenolphthaleinpapier hinzugefügt, das in der Säure schwimmt. Dann setzt man bis zur Rotfärbung tropfenweise Natronlauge hinzu. Um beim Eindampfen der Lösung kein rot gefärbtes Salz zu erhalten, gibt man wieder einen Tropfen Säure zu. Danach dampft man 2 Tropfen der Lösung auf einem Objektträger vorsichtig ein, bis die Kristallbildung einsetzt.

Auswertung. Natriumhydroxyd reagiert mit Salzsäure. Dabei bildet sich Wasser. Dieser Vorgang heißt Neutralisation. Der Neutralisationspunkt läßt sich durch den Farbumschlag des Reagenz-papiers genau feststellen. Die Neutralisationswärme ist fühlbar. Beim Eindampfen der Lösung erhält man kristallines Natriumchlorid. Der gesamte Vorgang läßt sich in folgender Gleichung zusammenfassen:



Analoge Versuche. Anstelle von Salzsäure können Schwefelsäure, Essigsäure, Phosphorsäure und Salpetersäure, anstelle von Natronlauge kann Kalilauge benutzt werden.

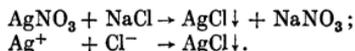
Versuch 215: Nachweisreaktionen

Ziel des Versuches. Durch Fällungsreaktionen lassen sich verschiedene Ionen nachweisen.

Geräte: Objektträger mit Hohlschliff, Glasstäbchen, schwarzes Papier
Chemikalien: Silbernitratlösung, Natriumchloridlösung

Ausführung. Man bringt auf den Objektträger einen Tropfen Natriumchloridlösung und dicht daneben einen Tropfen Silbernitratlösung. Der Objektträger wird nun auf dunkles Papier gelegt. Die beiden Tropfen werden mit dem Glasstäbchen verrührt.

Auswertung. Aus den Ionen des Silbers und des Chlors entsteht ein Niederschlag von Silberchlorid:



Analoge Versuche. Ebenso können Identitätsreaktionen für das Sulfat-, Carbonat-, Phosphat- und das Eisen(III)-Ion ausgeführt werden.

Versuch 216: Darstellung von Chlor aus konzentrierter Salzsäure und Kaliumpermanganat

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen einige typische Eigenschaften des Chlors feststellen.

Geräte: Becherglas, Uhrglas oder eine Glasplatte als Deckel für das Becherglas, Pinzette
Chemikalien: kristallines Kaliumpermanganat, konzentrierte Salzsäure (wird gesondert ausgeteilt), rotes Lackmuspapier

Ausführung. Man gibt mit der Pinzette in das Becherglas einen Kristall Kaliumpermanganat. Dann wird der Streifen Lackmuspapier gut angefeuchtet und auf die Unterseite des Deckglases für das Becherglas angeklebt. Nun bringt man einen Tropfen konzentrierte Salzsäure auf den Permanganatkristall und deckt das Becherglas sofort zu. Die Farbe des entstehenden Gases und die Farbänderung des Lackmuspapierstreifens sind zu beobachten. Danach stellt man durch Lüften des Deckels den Geruch des Gases vorsichtig fest.

Auswertung. Das durch die oxydierende Wirkung des Permanganats aus der Salzsäure freigesetzte Chlor ist grünlichgelb gefärbt und bleicht in wenigen Minuten den roten Lackmuspapierstreifen vollständig. Das Gas besitzt einen charakteristischen Geruch.

Reinigungsvorschrift. Nach Beendigung des Versuches tropft man sofort unter Anheben des Glasdeckels 3 bis 4 Tropfen Ammoniaklösung in das Becherglas, läßt es einige Minuten bedeckt stehen und reinigt es wie üblich mit Leitungswasser.



Hinweis. Wird der Versuch in einem kleinen Raum von vielen Schülern durchgeführt, so öffnet man nach dem Versuch die Fenster.

Hält man das Becherglas wie oben beschrieben immer abgedeckt, dann besteht aber eigentlich kaum eine Gefahr, daß die kleinen Chlormengen schädlich wirken.

Versuch 217: Darstellung von Bromwasser aus Kaliumbromid und Chlorwasser

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß sich Brom von Chlor aus seinen Verbindungen verdrängen läßt. Sie sollen einige Eigenschaften des Broms feststellen.

Geräte: Reagenzglas, Wattebausch, Pinzette, Tropfpipette, Rundfilter, Spiritusbrenner

Chemikalien: Kaliumbromid, 5 ml Chlorwasser (in Reagenzgläsern bereitgestellt)

Ausführung. Mit der Pinzette gibt man 2 Kristalle Kaliumbromid in das Reagenzglas und fügt 10 Tropfen Chlorwasser hinzu. Nun wird umgeschüttelt. Dann verschließt man das Reagenzglas mit etwas Watte, erhitzt ganz leicht und hält das Filter hinter das Glas. Danach entfernt man die Watte und riecht vorsichtig daran.¹⁾



Auswertung. Bei vorsichtigem Arbeiten erkennt man gegen das weiße Papier braune Bromdämpfe, die beim Unterbrechen des Erhitzens dichter werden und wieder nach unten sinken. Dieser Vorgang zeigt, daß Chlor das Brom aus seiner Verbindung ausgetrieben hat. Aus der Färbung der Flüssigkeit folgt, daß Brom eine braune Farbe hat und sich in Wasser löst. Brom kann durch Erwärmen aus der Lösung ausgetrieben werden und besitzt einen eigentümlichen, widerlichen Geruch.

Versuch 218: Darstellung von Jod aus Kaliumjodid und Chlorwasser

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß sich Jod von Chlor aus seinen Verbindungen verdrängen läßt. Dazu sollen einige Eigenschaften des Jods festgestellt werden.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Pinzette, Tropfpipetten, Spiritusbrenner, Becherglas

Chemikalien: Kaliumjodid (1 Kristall je Arbeitsplatz oder 1 ml einer Kaliumjodidlösung), Chlorwasser, Stärkelösung, Wasser

Ausführung. Wie bei Versuch 217 gibt man zu einem Kristall Kaliumjodid oder 1 ml Kaliumjodidlösung tropfenweise Chlorwasser. Ein Tropfen der entstehenden wäßrigen, dunkelbraunen Lösung wird in ein zweites Reagenzglas gegeben, 2 ml Stärkelösung hinzugefügt und beobachtet. Anschließend erhitzt man die Lösung und kühlt sie durch Eintauchen in das mit Wasser gefüllte Becherglas

¹⁾ Die Watte wird anschließend eingesammelt und in ein Gefäß mit Sodalösung geworfen.

wieder ab. Die Lösung im ersten Reagenzglas wird vollständig eingedampft und so lange erhitzt, bis violette Dämpfe auftreten. Man erkennt diese deutlicher, wenn hinter das Reagenzglas das Rundfilter gehalten wird.

Hinweis. Durch einen Überschuß von Chlorwasser in verdünnten Lösungen wird das Jod zu Jodsäure oxydiert, die farblos ist. Deshalb muß das Chlorwasser langsam zugegeben werden.

Auswertung. Die Braunfärbung der Lösung zeigt, daß sich elementares Jod durch Chlorwasser aus Kaliumjodid verdrängen läßt. Die braune Farbe ist auf die Solvatation des Jods zurückzuführen. Sie verschwindet bei der Kristallisation. Jod wird durch die Blaufärbung von Stärkelösung nachgewiesen. Diese Jodstärke entfärbt sich beim Erwärmen. Abkühlung läßt die Farbe wieder erscheinen. Joddämpfe sind violett.

Versuch 219: Chlornachweis mit Kaliumjodid-Stärke-Papier

Ziel des Versuches. Die Ergebnisse des Versuches 218 sollen von den Schülern als Nachweisreaktion für Chlor angewendet werden.

Geräte: *Becherglas, Uhrglas oder Glasplatte als Deckel für das Becherglas, Pinzette*

Chemikalien: *Kaliumpermanganat, konzentrierte Salzsäure, Ammoniaklösung, Kaliumjodid-Stärke-Papier*

Ausführung. Man verfährt wie bei Versuch 216. Statt des Lackmuspapierstreifens wird ein Streifen Kaliumjodid-Stärke-Papier verwendet.

Auswertung. Das Reagenzpapier färbt sich nach wenigen Minuten blauviolett. Das Chlor hat das Jod aus dem Kaliumjodid ausgetrieben. Die Stärkelösung im Papier reagiert unter Blaufärbung mit dem Jod.

Versuch 220: Darstellung von Chlorwasserstoff aus Kochsalz und Schwefelsäure

Ziel des Versuches. Die Schüler lernen eine wichtige Verdrängungsreaktion und einige Eigenschaften des Chlorwasserstoffs kennen.

Geräte: *2 normale Uhrgläser, Tropfpipette, Spatel, Becherglas mit Wasser*

Chemikalien: *Natriumchlorid, konzentrierte Schwefelsäure (wird gesondert ausgeteilt), verdünnte Natronlauge, blaues Lackmuspapier*

Ausführung. Auf die Innenseite des einen Uhrglases heftet man einen feuchten Streifen blaues Lackmuspapier. Auf das andere gibt man 2 Kristalle Natriumchlorid. Die Vorratsflasche mit konzentrierter Schwefelsäure wird dicht neben das Glas gestellt, ihr Stopfen vorsichtig entfernt und mit der Tropfpipette ein Tropfen Säure auf das Natriumchlorid gebracht. Nun deckt man das andere Uhrglas mit dem Lackmuspapierstreifen über die Probe.

Hinweis. Beim Entnehmen der Säure ist darauf zu achten, daß sich in der Spitze der Pipette nur ein Tropfen befindet. Die Pipette muß sofort in das dicht danebenstehende Waschwasserglas gestellt werden, damit kein Tropfen Schwefelsäure auf die Tischfläche fällt. Wischlappen und Lauge sind immer bereitzuhalten.

Auswertung. Die konzentrierte Schwefelsäure verdrängt aus dem Kochsalz gasförmigen Chlorwasserstoff, der das feuchte blaue Lackmuspapier kräftig rot färbt. Er bildet mit dem in der Luft befindlichen Wasserdampf weiße Salzsäurenebel. Diese verstärken sich, wenn man das obere Uhrglas anhebt und über die Probe haucht oder einen Streifen feuchtes Fließpapier hineinhält.

Analoge Versuche. Ebenso kann durch Umsetzung von Kaliumbromid mit konzentrierter Schwefelsäure Bromwasserstoff hergestellt werden, der auch mit Wasserdampf starke Nebel bildet. Die Bromwasserstoffdämpfe färben sich nach kurzer Zeit leicht braun, weil Bromwasserstoff durch die Wirkung der konzentrierten Säure teilweise schnell oxydiert wird. — Zur Ableitung des Gruppenbegriffs am Beispiel der Halogene kann man beide Ausführungen als Parallelversuche nebeneinander durchführen und gegebenenfalls noch durch den analogen Versuch mit Kaliumjodid ergänzen. Treten farbige Gase auf, sollte man statt des einen Uhrglases besser eine Reibschale verwenden.

Versuch 221: Nachweis des Chlorwasserstoffs durch Ammoniumchloridrauch

Ziel des Versuches. Hier soll der Schüler eine wichtige Nachweisreaktion für Chlorwasserstoffgas kennenlernen.

Geräte: 2 Uhrgläser, Tropfpipette, Spatel, Becherglas mit Wasser
Chemikalien: Natriumchlorid, konzentrierte Schwefelsäure

Ausführung. Man verfährt zuerst wie in Versuch 220. Nach dem Auftropfen der Schwefelsäure auf das Kochsalz hält man mit der Pipette einen Tropfen Ammoniaklösung nicht zu dicht über das Uhrglas.

Auswertung. Dichter weißer Rauch von Ammoniumchlorid sinkt in Streifen zu Boden.

Versuch 222: Darstellung von Ammoniak aus konzentrierter Natronlauge und Ammoniumchlorid

Ziel des Versuches. In diesem Versuch sollen die Schüler eine Methode zur Darstellung von Ammoniak erarbeiten sowie seine typischen Eigenschaften feststellen.

Geräte: 2 Uhrgläser, Glasstab, Pinzette, Spatel, Tropfpipette
Chemikalien: kristallines Ammoniumchlorid, Natriumhydroxyd in Plättchen, konzentrierte Salzsäure, rotes Lackmuspapier, Phenolphthaleinpapier

Ausführung. Je ein Streifen Lackmuspapier und Phenolphthaleinpapier werden gut angefeuchtet nebeneinander auf der Innenseite eines Uhrglases befestigt. Auf das zweite Uhrglas gibt man einige Kristalle Ammoniumchlorid, legt darauf mit der Pinzette eine kleine Schuppe oder ein Plätzchen Natriumhydroxyd und fügt mit der Pipette einen Tropfen Wasser hinzu. Dieses Uhrglas wird mit dem anderen zugedeckt. Nach kurzer Zeit lüftet man das obere Glas und prüft vorsichtig den Geruch. Dann taucht man den Glasstab in die Salzsäure und hält ihn dicht über das Uhrglas.

Auswertung. Das Natriumhydroxyd zersetzt bei dieser Konzentration das Ammoniumchlorid. (Für die Reaktion ist die Gleichung aufzustellen.) Das entweichende Ammoniakgas färbt das Lackmuspapier blau, das Phenolphthaleinpapier rot. Ammoniak bildet mit dem Wasser des Reagenzpapiers eine Base, Ammoniumhydroxyd, deren Reaktion durch die Farbänderung der Reagenzpapiere angezeigt wird. Ammoniak weist einen charakteristischen Geruch auf. Mit konzentrierter Salzsäure tritt weißer Ammoniumchloridrauch auf.

Versuch 223: Darstellung von Schwefelwasserstoff

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Schwefelwasserstoff darstellen, nachweisen und seine Eigenschaften untersuchen.

Geräte: Becherglas, Pinzette, Uhrglas oder Glasplatte zum Abdecken des Becherglases

Chemikalien: gekörntes Eisensulfid, verdünnte Salzsäure, Ammoniaklösung, Bleiacetatpapier

Ausführung. Man heftet einen angefeuchteten Streifen Bleiacetatpapier auf die Unterseite der Glasplatte und legt ein kleines Körnchen Eisensulfid mit der Pinzette in das Becherglas. Dann wird ein großer Tropfen Salzsäure auf das Eisensulfid gebracht und das Becherglas zugedeckt.

Während des Versuches sind die Fenster des Übungszimmers zu öffnen.

Auswertung. Das Bleiacetatpapier färbt sich bald durch den aus Eisensulfid und Salzsäure gebildeten Schwefelwasserstoff schwarz. Er setzt sich mit dem Bleisalz zu schwarzem Bleisulfid um. Hebt man das Uhrglas ein wenig an, so nimmt man den typischen Geruch des Schwefelwasserstoffs wahr.

Hinweis. Ist die Konzentration der Salzsäuredämpfe im Becherglas anfänglich noch zu stark, so färbt sich das Reagenzpapier unter Bildung von Bleisulfochlorid orangefarben. Bei einer größeren Menge von Schwefelwasserstoff entsteht aber bald schwarzes Bleisulfid.

Reinigungsvorschrift. Man gießt etwas Ammoniakwasser in das Becherglas, läßt es eine Weile zugedeckt stehen und spült es dann aus.

Versuch 224: Darstellung von Schwefelwasserstoffwasser, Verbrennen von Schwefelwasserstoff zu Schwefeldioxyd bzw. Schwefel

Ziel des Versuches. Von den Schülern sollen einige wichtige Eigenschaften des Schwefelwasserstoffs festgestellt sowie die Möglichkeit erkannt werden, ihn zur Herstellung von Schwefel zu verwenden.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, ein durchbohrter Gummistopfen mit rechtwinklig gebogenem und zu einer Spitze ausgezogenem Glasrohr, Objektträger, Watte, Spiritusbrenner

Chemikalien: Paraffin, Schwefelpulver, Wasser, Bleiacetatpapier, blaues Lackmuspapier

Ausführung. In das eine Reagenzglas füllt man etwa 1,5 cm hoch Paraffinbröckchen und gibt halb soviel Schwefelpulver hinzu. Kurz hinter die Mündung des Glases wird ein Wattefilter von 1 cm Länge geschoben und der Stopfen mit dem Glasrohr aufgesetzt. Die ausgezogene Spitze soll zunächst nach oben zeigen. Das Reagenzglas wird in den Halter eingespannt und dieser mit seinem Griff in eine der unteren Bohrungen des Reagenzglasständers gesteckt. Nun erhitzt man das Gemisch. Es schmilzt und wird braun. Bei etwa 170 °C setzt eine lebhaft Gasentwicklung ein. Sie hört bei Unterbrechung der Wärmezufuhr sofort auf und kann so reguliert werden. Man hält einen Streifen feuchtes Bleiacetatpapier vor die Spitze des Glasrohres. Nun wird das entweichende Gas sofort entzündet und die Flammenfärbung beobachtet. Durch entsprechendes Erwärmen reguliert man den Gasstrom, so daß das Flämmchen etwa 0,5 cm hoch brennt. Es ist eine blaue Flamme mit rotem Saum zu erkennen. Über die Flamme hält man einen feuchten Streifen blaues Lackmuspapier. Jetzt wird der Objektträger so in die Schwefelwasserstoffflamme gehalten, daß sie dadurch breitgedrückt wird. Schließlich löscht man die Flamme und leitet das dann entweichende Schwefelwasserstoffgas in das kalte Wasser des zweiten Reagenzglases.

Hinweis. Brennt die Flamme gelb leuchtend wie eine Kerzenflamme, so ist zu stark erhitzt worden. Das Wattefilter läßt dann Paraffinnebel hindurch.

Auswertung. Schwefel setzt sich mit Paraffin, einer wasserstoffreichen Verbindung, zu Schwefelwasserstoff um. Dieses Gas färbt Bleiacetatpapier schwarz und verbrennt mit blauer Flamme zu dem stechend riechenden Schwefeldioxyd, das Lackmuspapier rötet. Bei unvollkommener Verbrennung entsteht Schwefel. Für beide Reaktionen sind die Gleichungen aufzustellen. Schwefelwasserstoff löst sich in Wasser. Dabei entsteht Schwefelwasserstoffwasser, das ebenfalls Schwefelwasserstoffgeruch aufweist und Bleiacetatpapier schwarz färbt.

Versuch 225: Methode zum schnellen Nachweis einiger Gase

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine sehr einfache, schnell durchzuführende Nachweismethode für Gase kennenlernen.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipette, Watte
Chemikalien: Kaliumpermanganatkristalle, konzentrierte Salzsäure, Kaliumbromidlösung

Ausführung. Man gibt in ein Reagenzglas 1 bis 2 Kristalle Kaliumpermanganat und setzt 4 Tropfen konzentrierte Salzsäure hinzu. Dann wird das Reagenzglas mit einem Wattebausch verschlossen und in den Reagenzglasständer neben ein Glas mit Kaliumbromidlösung gestellt. Nach etwa zwei Minuten führt man in das erste Reagenzglas die trockene Pipette bis nahe an die Probe ein. Zuvor wurde das Gummihütchen der Tropfpipette mit Daumen und Zeigefinger zusammengedrückt. Über der Probe lockert man allmählich den Druck auf das Gummihütchen und hält die Pipette schließlich nur noch dort, wo der Gummi an einem Wulst befestigt ist. Danach wird die Tropfpipette in die Kaliumbromidlösung eingeführt und einige Male auf das Gummihütchen gedrückt.

Auswertung. Mit der Pipette konnte über der Probe von Kaliumpermanganat und konzentrierter Salzsäure Gas aufgesaugt werden. Drückt man das Gas in die Kaliumbromidlösung, so färbt sie sich braun. Die Färbung wird von Brom verursacht, das aus seiner Verbindung verdrängt wurde. Diese Reaktion ist für das Element Chlor charakteristisch, das im Periodensystem über dem Brom steht.

Analoge Versuche. Man kann sich der beschriebenen Methode auch beim Identifizieren von Chlorwasserstoff bedienen. Hier wird das bei der Reaktion einer Spatelspitze Kochsalz mit 2 bis 3 Tropfen konzentrierte Schwefelsäure entweichende Gas mit einer Tropfpipette aufgesaugt. Nun hält man die Pipette nur mit ihrer Spitze ins Wasser. Dabei steigt langsam Wasser in ihr hoch. Abschließend wird die Flüssigkeit in der Tropfpipette noch mit blauem Lackmuspapier und Silbernitratlösung untersucht. — Weiterhin ist es möglich, auch Kohlendioxyd wie beschrieben nachzuweisen. Dazu tropft man wenig Salzsäure auf ein kleines Stück Marmor, saugt das entweichende Gas ab und drückt es in Kalkwasser oder Barytwasser. Die Trübung des Kalkwassers durch das gebildete Calciumcarbonat beweist, daß das untersuchte Gas Kohlendioxyd enthält.

Hinweis. Nötigenfalls kann mit der Tropfpipette mehrmals Gas über der Probe abgesaugt werden, damit ein einwandfreier Nachweis zu erbringen ist.

Ausgewählte Versuche aus der qualitativen anorganischen Analyse in Halbmikrotechnik

Ziel der Versuche. Die Schüler sollen einfache Reaktionen zum qualitativen Nachweis einiger Anionen und Kationen in unbekanntesten Substanzen kennenlernen. Für jede Reaktion ist die Gleichung aufzustellen.

Einzelreaktionen mit Anionen

Versuch 226: Nachweis von Hydroxylionen

Ausführung a

Chemikalien: *Natronlauge, Barytwasser oder Kalkwasser, rotes Lackmuspapier*

Ausführung b

Geräte: *Porzellantüpfelplatte, Tropfpipette*

Chemikalien: *Natronlauge, Barytwasser oder Kalkwasser, Methylorange-lösung, Phenolphthaleinlösung, Rotkohlfarbstofflösung*

Ausführung a. Auf einen Streifen rotes Lackmuspapier gibt man an verschiedenen Stellen je 1 Tropfen Natronlauge und Barytwasser oder Kalkwasser.

Ausführung b. In drei Vertiefungen der Tüpfelplatte bringt man je 1 Tropfen Methylorange-lösung, einer Lösung von Rotkohlfarbstoff und Phenolphthaleinlösung. Dazu wird mit der Tropfpipette je 1 Tropfen Natronlauge, Barytwasser oder Kalkwasser nacheinander hinzugefügt.

Auswertung. Hydroxylionen enthaltende Lösungen (Basen oder hydrolysierte Salzlösungen, wie z. B. Natriumcarbonatlösung) verursachen bei verschiedenen Indikatoren bestimmte Farbänderungen:

Lackmuspapier: von rot in blau,
Rotkohlfarbstoff: von violett in grün,
Methylorange: von orangerot in gelb,
Phenolphthaleinlösung: von farblos in rot.

Versuch 227: Nachweis von Chloridionen

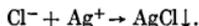
Geräte: Reagenzglas

Chemikalien: Natriumchloridlösung, Silbernitratlösung, verdünnte Salpetersäure, konzentrierte Ammoniaklösung

Ausführung. Man gibt in ein Reagenzglas 2 Tropfen Natriumchloridlösung und 3 Tropfen verdünnte Salpetersäure. Dann fügt man 1 Tropfen Silbernitratlösung hinzu.

Weiterführung des Versuches. Danach wird unter Umschütteln des Reagenzglases so lange konzentrierte Ammoniaklösung hinzuge tropft, bis der vorher entstandene Niederschlag wieder aufgelöst ist.

Auswertung. Die Chloridionen der Natriumchloridlösung bilden mit den Silberionen der Silbernitratlösung einen weißen, flockigen Niederschlag von Silberchlorid, der in Salpetersäure unlöslich ist (zum Unterschied von anderen aus neutralen Lösungen mit Silbernitrat entstehenden Niederschlägen, z. B. Silbersulfid):



Er löst sich jedoch in Ammoniaklösung unter Bildung von Diamminsilberchlorid $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$. Diese Reaktion ist typisch für Silberverbindungen.



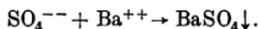
Versuch 228: Nachweis von Sulfationen

Geräte: Reagenzglas

Chemikalien: Kaliumsulfatlösung, verdünnte Salzsäure, Bariumchloridlösung

Ausführung. Man gibt in ein Reagenzglas 2 Tropfen Kaliumsulfatlösung und 3 Tropfen verdünnte Salzsäure. Dann fügt man 1 Tropfen Bariumchloridlösung hinzu.

Auswertung. Die Sulfationen der Kaliumsulfatlösung bilden mit den Bariumionen der Bariumchloridlösung einen weißen Niederschlag von Bariumsulfat, der in Salzsäure unlöslich ist (zum Unterschied von anderen aus neutralen Lösungen mit Bariumchlorid entstehenden Niederschlägen, z. B. Bariumcarbonat):



Versuch 229: Nachweis von Carbonationen

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipette

Chemikalien: Barytwasser oder Kalkwasser, verdünnte Salzsäure, Natriumcarbonat oder Calciumcarbonat

Ausführung. Zwei Reagenzgläser stehen im Ständer nebeneinander. In das eine füllt man etwa 1,5 cm hoch gesättigtes Barytwasser oder Kalkwasser. In das andere gibt man einige Körnchen festes

Natriumcarbonat oder Calciumcarbonat, das mit 2 bis 3 Tropfen verdünnter Salzsäure versetzt wird. Das hierbei entstehende Gas wird mit einer trockenen Tropfpipette abgesaugt und sofort in das Barytwasser (oder Kalkwasser) eingedrückt.

Auswertung. Natriumcarbonat reagiert wie alle Carbonate mit verdünnter Salzsäure unter Kohlendioxydentwicklung. Kohlendioxyd bildet mit Barytwasser oder Kalkwasser einen Niederschlag von Bariumcarbonat beziehungsweise Calciumcarbonat.

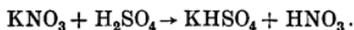
Versuch 230: Nachweis von Nitrationen

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, 2 Tropfpipetten

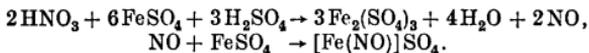
Chemikalien: Eisen(II)-sulfat, destilliertes Wasser, Kaliumnitratlösung, konzentrierte Schwefelsäure

Ausführung. Zunächst bereitet man 4 ml einer gesättigten Eisen(II)-sulfatlösung zu, wobei auf keinen Fall erwärmt werden darf. In ein zweites Reagenzglas werden 3 Tropfen Kaliumnitratlösung und dazu etwa 1 ml Eisen(II)-sulfatlösung gegeben. Danach läßt man an der Innenwand des schräggehaltenen Reagenzglases aus einer Tropfpipette etwa 0,5 ml konzentrierte Schwefelsäure hinunterlaufen, die sich am Boden des Glases sammelt.

Auswertung. Die konzentrierte Schwefelsäure reagiert zunächst mit dem Nitrat. Dabei entsteht Salpetersäure:



Die Salpetersäure oxydiert nun Eisen(II)-sulfat zu Eisen(III)-sulfat. Dabei wird Stickstoffmonoxyd frei und lagert sich an das überschüssige Eisen(II)-sulfat unter Bildung von braunschwarzem Mononitroso-eisen(II)-sulfat an:



Auf diese Weise bildet sich an der Grenzfläche zwischen der konzentrierten Schwefelsäure und der darüberstehenden Lösung ein braunschwarzer, oft dunkelviolettscheinender Ring.

Versuch 231: Nachweis von Phosphationen

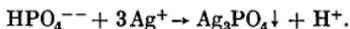
Geräte: Reagenzglas

Chemikalien: Silbernitratlösung, Dinatriumhydrogenphosphatlösung

Ausführung. In ein Reagenzglas werden 2 Tropfen Dinatriumhydrogenphosphatlösung gegeben. Dazu fügt man 1 Tropfen Silbernitratlösung.

Auswertung. Die Phosphationen der Dinatriumhydrogenphosphatlösung bilden mit den Silberionen der Silbernitratlösung

einen gelben Niederschlag von Silberphosphat, der in Säuren löslich ist:



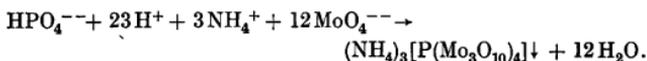
Hinweis. Dieser qualitative Nachweis von Phosphationen ist nur anwendbar, wenn Ionen fehlen, die mit Silberionen ebenfalls einen gelben Niederschlag bilden können, beispielsweise Jodidionen. Eine weitere Nachweismöglichkeit zeigt der folgende Versuch.

Versuch 232: Nachweis von Phosphationen

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Tropfpipette
Chemikalien: Dinatriumhydrogenphosphatlösung, Ammoniummolybdatlösung, konzentrierte Salpetersäure

Ausführung. In ein Reagenzglas gibt man 2 Tropfen Dinatriumhydrogenphosphatlösung und fügt 0,5 ml konzentrierte Salpetersäure hinzu. Danach werden 0,5 ml Ammoniummolybdatlösung zugegeben und das Reagenzglas unter vorsichtigem Schütteln erwärmt.

Auswertung. Vor dem Erwärmen wird die Lösung zunächst gelb. Danach reagieren die Phosphationen in der stark sauren Lösung mit dem Ammoniummolybdat. Dabei bildet sich ein feinkörniger, gelber Niederschlag von Ammoniumphosphormolybdat, einem Salz der Phosphormolybdänsäure:



Hinweis. Manchmal tritt der Niederschlag erst einige Minuten nach dem Erwärmen auf.

Einzelreaktionen mit Kationen

Die Versuche dieses Abschnitts enthalten einfache Reaktionen, die für den Nachweis der betreffenden Kationen ausreichen, sofern keine Kationengemische vorliegen.

Versuch 233: Nachweis von Säuren

Geräte: Porzellantüpfelplatte
Chemikalien: verdünnte Salzsäure, verdünnte Schwefelsäure, verdünnte Salpetersäure, Methylorangelösung, blaues Lackmuspapier

Ausführung. Auf einen Streifen blaues Lackmuspapier gibt man an verschiedenen Stellen je 1 Tropfen Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure. In die Vertiefungen der Tüpfelplatte gibt man je

1 Tropfen Methylorangelösung und fügt einen Tropfen der oben genannten Säuren hinzu.

Auswertung. Wasserstoffionen enthaltende Lösungen (Säuren oder hydrolysierte Salzlösungen, wie z. B. Aluminiumchloridlösung), verursachen bei verschiedenen Indikatoren bestimmte Farbänderungen:

Lackmuspapier: von blau in rot,
Methylorange: von orangerot in rot.

Versuch 234: Nachweis von Alkali- und Erdalkalimetallen durch Flammenfärbung

Siehe dazu Versuche 178 und 179, Seite 155!

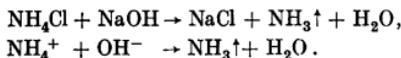
Versuch 235: Nachweis von Ammoniumionen

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner*

Chemikalien: *Ammoniumchlorid oder Ammoniumsulfat, Natronlauge, rotes Lackmuspapier*

Ausführung. In ein Reagenzglas werden einige Körnchen eines Ammoniumsalzes gegeben. Dazu fügt man vorsichtig, ohne die Reagenzglaswand zu benetzen, 3 bis 4 Tropfen Natronlauge. Über die Öffnung wird ein Streifen feuchtes, rotes Lackmuspapier gelegt. Danach erwärmt man das Reagenzglas vorsichtig (nicht zum Sieden bringen!).

Auswertung. Die Ammoniumionen reagieren mit den Hydroxylionen beim Erwärmen und setzen Ammoniak frei, das feuchtes rotes Lackmuspapier bläut:



Abwandlung des Versuches. Noch besser erwärmt man das Reagenzglas in einem kleinen Becherglas mit heißem Wasser (Wasserbad). Das entstehende Ammoniak läßt sich auch durch den Geruch nachweisen.

Versuch 236: Nachweis von Kaliumionen

Geräte: *Reagenzglas*

Chemikalien: *Kaliumsulfatlösung, 20%ige Perchlorsäurelösung*

Ausführung. In ein Reagenzglas werden 5 bis 6 Tropfen einer Kaliumsulfatlösung gegeben, zu der man 2 bis 3 Tropfen Perchlorsäurelösung hinzufügt.

Auswertung. Die Kaliumionen reagieren mit den Perchlorationen

und bilden einen schwachen, weißen Niederschlag von Kaliumperchlorat:



Hinweis. Diese Reaktion dient zum qualitativen Nachweis von Kaliumionen nur bei Abwesenheit von Ammoniumionen, da diese ebenfalls mit Überchlorsäure einen weißen Niederschlag (von Ammoniumperchlorat) bilden.

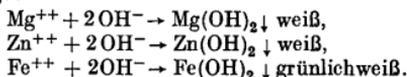
Versuch 237: Reaktionen einiger Kationen mit Natronlauge

Geräte: 8 Reagenzgläser, Reagenzglasständer

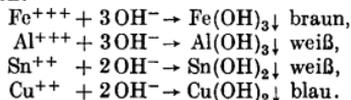
Chemikalien: Lösungen von Magnesiumchlorid, Zinksulfat, Eisen(II)-sulfat, Eisen(III)-chlorid, Aluminiumchlorid, Zinn(II)-chlorid, Kupfersulfat, Bleinitrat, Natronlauge

Ausführung. In einen Reagenzglasständer werden 8 Reagenzgläser gestellt, in die man jeweils 2 Tropfen der Lösungen von Magnesiumchlorid, Zinksulfat, Eisen(II)-sulfat, Eisen(III)-chlorid, Aluminiumchlorid, Zinn(II)-chlorid, Kupfersulfat und Bleinitrat gibt. Zu jeder Salzlösung fügt man 1 Tropfen Natronlauge. Die Reaktionsergebnisse werden miteinander verglichen. Schließlich fügt man noch weitere 3 bis 4 Tropfen Natronlauge hinzu und schüttelt die Reagenzgläser dabei leicht.¹⁾

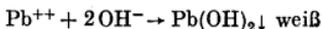
Auswertung. Die einzelnen Kationen reagieren mit den Hydroxylionen der Natronlauge und bilden die entsprechenden Hydroxyde als Niederschläge:



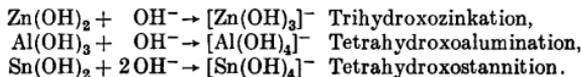
Das grünlichweiße Eisen(II)-hydroxyd wird beim Stehen an der Luft allmählich zu braunem Eisen(III)-hydroxyd oxidiert. Das geschieht schneller, wenn 1 bis 2 Tropfen Wasserstoffperoxydlösung zugegeben werden:



Das blaue Kupfer(II)-hydroxyd bildet beim Erwärmen schwarzes Kupfer(II)-oxyd und spaltet Wasser ab.

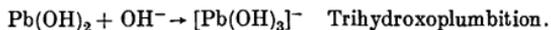


Durch einen Überschuß von Natronlauge lösen sich einige dieser Hydroxyde infolge ihres amphoteren Verhaltens wieder auf:



¹⁾ Es kann getrennt-gemeinschaftlich gearbeitet werden.

Blei(II)-hydroxyd reagiert nur mit stark konzentrierter Natronlauge in großem Überschuß:



Hinweis. Das unterschiedliche Verhalten der angeführten Kationen gegen Natronlauge und die unterschiedliche Farbe der Hydroxydniederschläge kann als qualitativer Nachweis der einzelnen Kationen herangezogen werden. Zink-, Aluminium- und Zinnionen zeigen gleiches Verhalten: Sie können durch Reaktionen mit Ammoniaklösung oder mit Schwefelwasserstoffwasser unterschieden werden.

Versuch 238: Reaktionen einiger Kationen mit Ammoniaklösung

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer

Chemikalien: Lösungen von Zinksulfat, Aluminiumchlorid, Kupfersulfat, Ammoniak

Ausführung. In einen Reagenzglasständer werden 3 Reagenzgläser gestellt, in die man jeweils 2 Tropfen der Lösungen von Zinksulfat, Aluminiumchlorid und Kupfersulfat gibt. Dazu fügt man je 1 Tropfen verdünnte Ammoniaklösung und vergleicht die Reaktionsergebnisse miteinander. Schließlich werden noch weitere 3 bis 4 Tropfen Ammoniaklösung zugefügt und die Reagenzgläser dabei leicht geschüttelt.

Auswertung. Die einzelnen Kationen reagieren zunächst mit den Hydroxylionen der Ammoniaklösung. Dabei fallen die Niederschläge der entsprechenden Hydroxyde aus. Ein Überschuß von Ammoniaklösung löst das Zinkhydroxyd wieder auf und bildet eine Komplexverbindung, Tetramminzinkhydroxyd $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$. Aluminiumhydroxyd zeigt diese Reaktion dagegen nicht. Das Kupfer(II)-hydroxyd bildet mit überschüssiger Ammoniaklösung eine tiefblaue komplexe Verbindung, Tetramminkupfer(II)-hydroxyd $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$.

Hinweis. Diese Reaktionen dienen vor allem zur Unterscheidung von Zink- und Aluminiumionen. Die Reaktion der Kupfer(II)-ionen mit Ammoniaklösung ist empfindlicher, durch sie lassen sich Kupferionen noch in geringer Konzentration nachweisen.

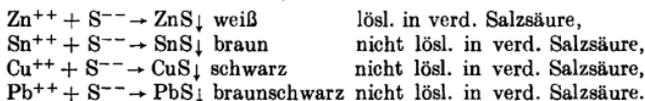
Versuch 239: Reaktionen einiger Kationen mit Schwefelwasserstoff

Geräte: 6 Reagenzgläser, Reagenzglasständer

Chemikalien: verdünnte Salzsäure, Schwefelwasserstoffwasser, Lösungen von Magnesiumchlorid, Zinksulfat, Aluminiumchlorid, Zinn(II)-chlorid, Kupfersulfat, Bleinitrat

Ausführung. In sechs Reagenzgläser gibt man jeweils 2 bis 3 Tropfen einer Lösung von Magnesiumchlorid, Zinksulfat, Aluminiumchlorid, Zinn(II)-chlorid, Kupfersulfat und Bleinitrat und fügt zu jeder

Salzlösung 3 bis 4 Tropfen frisches, gesättigtes Schwefelwasserstoffwasser.¹⁾ Die Reaktionsergebnisse werden miteinander verglichen. Danach gibt man 2 bis 3 Tropfen Salzsäure hinzu und schüttelt. *Auswertung.* Zink-, Zinn(II)-, Kupfer(II)- und Bleiionen bilden mit den Sulfidionen des Schwefelwasserstoffwassers Sulfidniederschläge, Magnesium- und Aluminiumionen dagegen nicht:



Versuch 240: Nachweis von Eisen(III)-Ionen mit Ammoniumthiocyanat

Geräte: *Reagenzglas, Porzellantüpfelplatte, Tropfpipette*
Chemikalien: *Eisen(III)-chloridlösung, Ammoniumthiocyanatlösung (Ammoniumrhodanid), destilliertes Wasser*

Ausführung. In ein Reagenzglas gibt man 1 Tropfen einer Eisen(III)-chloridlösung, füllt zur Hälfte des Glases mit destilliertem Wasser auf und schüttelt. Von dieser verdünnten Lösung wird 1 Tropfen auf die Tüpfelplatte gegeben und 1 Tropfen einer Ammoniumthiocyanatlösung zugefügt.

Auswertung. Eisen(III)-ionen ergeben mit Thiocyanationen eine blutrote Verbindung von Eisen(III)-thiocyanat:



Hinweis. Diese Reaktion ist äußerst empfindlich. Mit ihr lassen sich noch Spuren von Eisen(III)-ionen nachweisen.

Versuch 241: Fällungen mit Sulfationen

Geräte: *2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer*
Chemikalien: *verdünnte Schwefelsäure, Lösungen von Calciumchlorid und Bleinitrat*

Ausführung. In 2 Reagenzgläser gibt man jeweils 2 bis 3 Tropfen der Lösungen von Calciumchlorid und Bleinitrat. Dann werden je 1 bis 2 Tropfen Schwefelsäure hinzugefügt.

Auswertung. Calcium- und Bleiionen bilden mit den Sulfationen Niederschläge der entsprechenden Sulfate.

Analoge Versuche. Anstelle der Schwefelsäure können auch farblose Sulfatlösungen verwendet werden, beispielsweise Natriumsulfat, Kaliumsulfat, Zinksulfat und andere.

¹⁾ Schwefelwasserstoffwasser sollte nach Versuch 146 dargestellt werden.

Nachweis der Anionen mehrerer Salze nebeneinander

Liegen Mischungen von wasserlöslichen Alkalisalzen vor, so können die einzelnen Anionen ohne Schwierigkeiten nebeneinander nachgewiesen werden. Zunächst prüft man einen kleinen Teil des festen Gemisches auf Carbonationen (Versuch 229). Dann löst man es in Wasser auf, teilt die Lösung in mehrere Teile und prüft auf Chlorid-, Sulfat-, Nitrat- und Phosphationen (Versuche 227, 228, 230, 231). Bei Anwesenheit von Erdalkali- oder Schwermetallionen in einem Salzgemisch werden die Nachweisreaktionen für Anionen teilweise gestört. Deshalb muß hier ein Sodauszug gemacht werden.

Versuch 242: Nachweis verschiedener Anionen bei Anwesenheit von Schwermetallionen

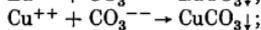
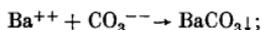
Geräte: 4 kleine Reagenzgläser, großes Reagenzglas (16 mm × 160 mm), Reagenzglasständer, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Reibschale, kleiner Trichter (Ø 3 cm), rundes Filterpapier (Ø 5 cm), Tropfpipette
Chemikalien: Bariumchlorid, Dinatriumhydrogenphosphat, Kupfersulfat, Bleinitrat, wasserfreies Natriumcarbonat, destilliertes Wasser, Lösungen von Calciumchlorid, Silbernitrat, Eisen(II)-sulfat und Ammoniummolybdat sowie konzentrierte Schwefelsäure und konzentrierte Salpetersäure

Ausführung. Ein Gemisch aus gleichen Teilen Bariumchlorid, Dinatriumhydrogenphosphat, Kupfer(II)-sulfat und Bleinitrat wird in einer Reibschale gut verrieben. Davon gibt man etwa 100 mg in das größere Reagenzglas, dazu die vierfache Menge wasserfreies Natriumcarbonat und 6 ml destilliertes Wasser. Dann wird das Gemisch unter vorsichtigem Schütteln zum Sieden erhitzt. Man läßt abkühlen und filtriert. Das farblose Filtrat (Sodauszug genannt) wird in mehrere Teile geteilt, die auf Chlorid-, Sulfat-, Nitrat- und Phosphationen geprüft werden. Wichtig ist dabei das sorgfältige Ansäuern des Sodauszuges vor der eigentlichen Reaktion (Prüfung mit blauem Lackmuspapier).

Zum Nachweis von: wird angesäuert mit:

Chloridionen	verdünnter Salpetersäure,
Sulfationen	verdünnter Salzsäure,
Nitrationen	verdünnter Schwefelsäure,
Phosphationen	verdünnter Salpetersäure.

Auswertung. Die Barium-, Kupfer(II)- und Bleiionen bilden mit den Carbonationen des Natriumcarbonats entsprechend schwerlösliche Carbonate, die auf dem Filter zurückbleiben:



Das Filtrat enthält dann nur die Natriumionen und die Anionen der Salze, die durch Einzelreaktionen nachzuweisen sind.

Untersuchung unbekannter einfacher Verbindungen und Salzgemische

Im folgenden sind Analysengemische zusammengestellt, die nur die in den vorigen Abschnitten aufgeführten Kationen und Anionen enthalten. In den Gemischen sollten im allgemeinen neben Anionen auch ein Kation vorhanden sein. Gegebenenfalls könnte noch ein zweites Kation vorhanden sein, beispielsweise das Ammoniumion neben einem weiteren Kation oder das Magnesiumion neben einem Alkalimetallion.

Einfache Verbindungen:

Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure.

Natronlauge, Kalilauge, Ammoniaklösung, Kalkwasser, Barytwasser.

Chloride, Sulfate, Carbonate, Nitrate und Phosphate von Natrium, Kalium, Ammonium.

Chlorid, Carbonat, Nitrat und primäres Phosphat von Calcium.

Chloride, Sulfate, Carbonate, Nitrate von Magnesium, Zink, Eisen, Aluminium, Kupfer.

Nitrat und Carbonat von Blei.

Zinn(II)-chlorid.

Salzgemische:

Für die Salzgemische können die oben aufgeführten verschiedenen Salze mit jeweils nur einem bestimmten Kation gemischt werden, beispielsweise Kupfer(II)-chlorid mit Kupfer(II)-sulfat oder Zinkcarbonat mit Zinknitrat und Zinksulfat. Salzgemische mit zwei Kationen und verschiedenen Anionen sollte man nur selten ausgeben, und zwar erst dann, wenn die Schüler bereits größere Fertigkeiten erworben haben. Auch bei solchen Voraussetzungen empfiehlt es sich jedoch, nur folgende Gemische zu benutzen, damit unnötige Schwierigkeiten vermieden werden: Calciumcarbonat und Ammoniumnitrat, Kaliumchlorid und Ammoniumsulfat, Kaliumnitrat und Ammoniumphosphat, Calciumdihydrogenphosphat und Ammoniumsulfat, Kaliumchlorid und Magnesiumsulfat. Die Analyse unbekannter Verbindungen und einfacher Salzgemische erfordert trotz der Beschränkungen einen systematischen Untersuchungsang. Dabei ist stets ein sorgfältiges Protokoll anzufertigen.

- a) *Äußere Beschaffenheit.* Farbe und Geruch einer chemischen Verbindung geben oft schon einige Hinweise auf ihre Zusammensetzung.
- Blau oder grüne Farbe: Kupfer(II)-salze,
hellgrüne Farbe: Eisen(II)-salze,
gelb bis gelbbraune Farbe: Eisen(III)-salze,
Geruch nach Ammoniak: Ammoniumsalze.

- b) *Saure oder basische Reaktion.* Eine Flüssigkeit kann man gleich mit Lackmuspapier oder anderen Indikatoren auf ihre Reaktion prüfen. Reagiert eine Flüssigkeit sauer bei Abwesenheit anderer Kationen, liegt eine Säure oder ein Säuregemisch vor. Bei basischer Reaktion und Abwesenheit anderer Anionen handelt es sich um eine Lauge oder ein Laugengemisch.
- c) *Löslichkeit in Wasser.* Von den in Betracht kommenden Substanzen sind nur die Carbonate mit Ausnahme der Alkali- und Ammoniumcarbonate unlöslich.
- d) *Flammenfärbung.* Durch die Flammenfärbung lassen sich einige Kationen nachweisen (siehe Versuche 178 u. 179).
Gelb: Natriumsalze,
ziegelrot: Calciumsalze,
violett (durch Kobaltglas): Kaliumsalze.
- e) *Prüfung auf Ammoniumionen.* Nun wird ein weiterer kleiner Teil der Substanz nach Versuch 235 auf Ammoniumionen untersucht.
- f) *Prüfung auf Kaliumionen.* War die Flammenfärbung zum Nachweis von Kaliumionen nicht eindeutig, so ist es ratsam, bei Abwesenheit von Ammoniumionen die Reaktion mit Perchlorsäure durchzuführen (Versuch 236).
- g) *Prüfung auf Carbonationen.* Dann prüft man einen kleinen Teil der Substanz wie in Versuch 229 auf Carbonationen.
- h) *Prüfung auf weitere Anionen.* Zwei Tropfen der wäßrigen Lösung der zu untersuchenden Substanz werden in einem Reagenzglas mit einem Tropfen Natriumcarbonatlösung versetzt. Tritt dabei kein Niederschlag auf, kann die wäßrige Lösung sofort auf die einzelnen Anionen untersucht werden. Andernfalls muß der Sodaauszug hergestellt und geprüft werden (Versuch 242).
- i) *Prüfung auf weitere Kationen.* Die wäßrige Lösung der Substanz wird in 3 Teile geteilt und wie folgt untersucht:
1. Reaktion mit Natronlauge nach Versuch 237.
 2. Reaktion mit Schwefelwasserstoff nach Versuch 239.
- Die Lösung wird mit 2 bis 3 Tropfen verdünnter Salzsäure versetzt und dann Schwefelwasserstoffwasser zugegeben. Je nach Farbe und Verhalten der Niederschläge kann das anwesende Kation schnell ermittelt werden.

Hydroxydniederschlag	Sulfidniederschlag in saurer Lösung	Kation
blau	schwarz	Cu^{++}
braun	—	Fe^{+++}
grünlichweiß (wird durch Zugabe von 1 Tropfen H_2O_2 -Lösung braun)	—	Fe^{++}
weiß	schwarzbraun	Pb^{++}
weiß (löslich in überschüssiger NaOH -Lösung)	braun	Sn^{++}
weiß	—	Mg^{++}
weiß (löslich in überschüssiger NaOH -Lösung)	—	$\text{Zn}^{++}, \text{Al}^{+++}$

3. Reaktion mit Ammoniaklösung nach Versuch 238. Diese Reaktion wird nur für die Prüfung auf Zink- oder Aluminiumionen angewendet. Ist der Hydroxydniederschlag in über-schüssiger Ammoniaklösung löslich, liegen Zinkionen vor, andernfalls handelt es sich um Aluminiumionen.

Einfache Untersuchungen technisch wichtiger Stoffe:

Die im vorangegangenen beschriebenen analytischen Reaktionen gestatten es auch, einige technisch wichtige Stoffe in ihren Hauptbestandteilen qualitativ zu untersuchen. Hier seien nur einige Hinweise gegeben:

- a) *Düngemittel.* 40er Kali (Hauptbestandteil KCl): Kationen und Anionen können bestimmt werden.

Patentkali (Hauptbestandteil $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$): Beide Kationen und das Anion können bestimmt werden.

Emgekali (Hauptbestandteile KCl/MgSO₄/NaCl): Kalium-, Natrium- und Magnesiumion, sowie die Anionen können bestimmt werden.

Schwefelsaures Kali (Hauptbestandteil K_2SO_4): Kation und Anion können bestimmt werden.

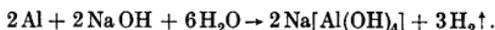
Ammonsulfat (Hauptbestandteil $[NH_4]_2SO_4$): Kation und Anion können bestimmt werden.

Kalkammonsalpeter (Hauptbestandteil $NH_4NO_3/CaCO_3$): Kationen und Anionen können bestimmt werden.

Superphosphat (Hauptbestandteil $Ca[H_2PO_4]_2/CaSO_4$): Kation und Anionen können bestimmt werden.

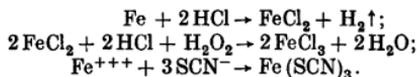
- b) *Metalle und Legierungen.* Einige Gruppen von Metallen und Legierungen lassen sich leicht mit halbmikrochemischen Methoden bestimmen.

1. Auf die blanke Oberfläche eines Metallstückchens bringt man einen Tropfen 30%iger Natronlauge. Wenn nach 3 bis 5 Minuten eine lebhafte Gasentwicklung eintritt, so handelt es sich um Aluminium oder eine Aluminiumlegierung. Andere Metalle und Legierungen zeigen diese Reaktion nicht:

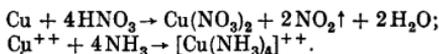


Nun wird der Tropfen mit einem Blatt Filterpapier entfernt. Ist auf der Oberfläche des Metalls ein schwarzer Fleck sichtbar, liegt eine siliciumhaltige Aluminiumlegierung vor (z. B. Duralumin, Silumin). Bleibt die Metalloberfläche unverändert, so ist es reines Aluminium.

2. Auf die blanke Oberfläche eines Metallstückchens wird ein Tropfen verdünnter Salzsäure und dazu ein Tropfen Wasserstoffperoxydlösung gebracht. Nach etwa 5 Minuten saugt man diese Tropfen mit Filterpapier ab und gibt einen Tropfen Ammoniumthiocyanatlösung auf die Stelle. Eine Rotfärbung zeigt Eisen oder Stahl oder eine ihrer Legierungen an:



3. Auf die blanke Oberfläche eines Metallstückchens bringt man einen Tropfen konzentrierter Salpetersäure. Nach einigen Minuten saugt man ihn mit Filterpapier ab und setzt zwei Tropfen Ammoniaklösung hinzu. Tritt eine Blaufärbung ein, so liegt Kupfer oder eine Kupferlegierung vor (Messing, Bronze):



c) *Mineralien und Gesteine.* Hier kommen vor allem Carbonatgesteine (Kalkstein, Dolomit) in Frage, in denen Carbonationen und gegebenenfalls auch Calciumionen nachgewiesen werden können. Löst man ein kleines Stückchen Kalkstein in Salzsäure (filtrieren) und gibt zwei Tropfen Ammoniumthiocyanatlösung hinzu, können Eisen(III)-ionen als Beimengung nachgewiesen werden. Auch die Sulfationen von Gipsmineralien (Marienglas, Fasergips und andere) oder von gebranntem Gips lassen sich im Sodaauszug nachweisen.

Versuche zur organischen Chemie

Allgemeine Arbeitstechniken der organischen Chemie

Reaktionen zur Darstellung organischer Substanzen unterscheiden sich in vieler Hinsicht von den bisher beschriebenen Umsetzungen anorganischer Stoffe. Hier hat man es vorwiegend mit schnell ablaufenden Ionenreaktionen zu tun. Die Umsetzungen organischer Stoffe verlaufen jedoch sehr langsam, da es Reaktionen zwischen Molekülen sind. Deshalb erfordert die Darstellung von organischen Verbindungen meistens einen größeren Zeit- und Geräteaufwand.

Allgemein lassen sich zwei Stufen bei der Darstellung organischer Substanzen unterscheiden:

1. Die Umsetzung der Ausgangsstoffe miteinander, die zum gewünschten Produkt führt. Diese Phase bezeichnet man als Synthese der Verbindung.
2. Die Isolierung der synthetisierten Verbindung von unerwünschten Nebenprodukten und Verunreinigungen. Diese Phase nennt man auch Reinigung.

Die Synthese organischer Verbindungen

Die Synthese einer organischen Verbindung ist wegen der geringen Reaktionsgeschwindigkeit recht zeitraubend. Es gibt Reaktionen, die Stunden, ja Tage in Anspruch nehmen. Zur Beschleunigung der Umsetzungen führt man die Synthese möglichst in Lösungen und bei erhöhter Temperatur durch (es werden sehr oft auch Katalysatoren für den gleichen Zweck verwendet). Nach der sogenannten Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur-Regel¹⁾ von VAN 'T HOFF entspricht eine Temperaturerhöhung um 10 grd einem durchschnittlichen Anwachsen der Reaktionsgeschwindigkeit auf das Zwei- bis Dreifache. Allerdings ist in dieser Beziehung bei organischen Substanzen eine obere Grenze gesetzt, da sich viele von ihnen bei höheren Temperaturen zersetzen. Für die Arbeit im Labor ist außerdem die Feuergefährlichkeit der meisten Kohlenstoffverbindungen zu beachten.

Direktes Erhitzen

Im einfachsten Fall kann das Reaktionsgut direkt in Becherglas, Rundkolben, Porzellanschale oder ähnlichem erhitzt werden. Diese Operation sollte man jedoch möglichst vermeiden, da bei einem Bruch des Gefäßes das Reaktionsgemisch Feuer fangen kann. Läßt sich das direkte Erhitzen nicht umgehen, muß langsam und mit fächernder Flamme erwärmt werden. Besser ist es, den Kolben an ein Stativ zu spannen und so hoch zu setzen, daß er nicht mit der direkten Flamme, sondern nur von

¹⁾ Sie wird abgekürzt als „R-G-T-Regel“ bezeichnet.

der heißen, aufsteigenden Luft berührt wird. Das Erhitzen des Reaktionsgefäßes auf einem Asbestdrahtnetz führt zu dem gleichen Ziel.

Zur Vermeidung des Siedeverzuges werden den Flüssigkeiten Siedesteinchen zugesetzt. Kleine poröse Gegenstände heben den Siedeverzug deshalb auf, weil sie ständig mikroskopisch kleine Luftbläschen abgeben, die ähnlich den Kondensationskernen und den Kristallkeimen als „Dampfkeime“ wirken. Um sie können sich Dampfblasen bilden. Die Siedesteinchen wirken so lange, wie sie diese Gasbläschen abgeben können. Sie lassen sich leicht herstellen, indem man von einer Magnesiumrinne oder einem Magnesiastäbchen kleine Stücke abbricht und in die kalte Flüssigkeit gibt. Ebenso wirken kleine Glas- oder Tonscherben. Wird diese Vorsichtsmaßnahme unterlassen, kann das Reaktionsgefäß unter Umständen zerspringen. (Siehe Versuch 243.)

Erhitzen in Heizbädern

Die geschilderten Schwierigkeiten lassen sich umgehen, wenn Heizbäder angewendet werden. Sie bestehen aus einem weiten Gefäß – Becherglas, Schale aus Eisen, Porzellan oder Glas – das den Reaktionskolben aufnimmt. Gefüllt werden die Heizbäder mit Wasser, mineralischen Ölen, Glycerin oder Sand. Stets ist eine gleichmäßige und schonende Erwärmung des Reaktionsgutes gewährleistet. Außerdem nimmt bei einem Bruch des Reaktionskolbens das Badgefäß die Flüssigkeit auf, wodurch die Brandgefahr vermindert wird.

Hauptsächlich wird Wasser als Badfüllung verwendet. Man erreicht damit Temperaturen bis zu 80 °C. Die Flüssigkeit im Heizbad soll mindestens ebenso hoch stehen wie das Reaktionsgut im Kolben. Ein Nachteil dieser „Wasserbäder“ ist das Nachfüllen des verdampften Wassers bei längerer Benutzung. Das fällt bei der Anwendung von Ölbädern weg. Dazu dienen Mineral- oder Silikonöle, deren höherer Siedepunkt ein vorzeitiges Verdampfen verhindert. Je nach dem Siedepunkt des verwendeten Öles können im Ölbad Temperaturen bis zu 350 °C erreicht werden.

Beliebig hohe Temperaturen lassen sich mit Sandbädern erzielen. Hierzu werden eiserne Schalen benutzt (Abb. 21), die man etwa zur Hälfte mit Sand füllt. Das Reaktionsgefäß ist möglichst tief in den Sand zu stellen. Nachteilig wirkt sich die lange Anheizzeit des Bades aus, das außerdem eine kräftige Heizquelle – nach Möglichkeit einen Bunsenbrenner – erfordert (siehe Versuch 244).

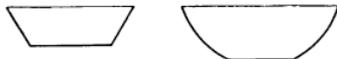


Abb. 21 Sandbadschalen

Erhitzen unter Rückflußkühlung

Verschiedene Untersuchungen erfordern ein längeres Erhitzen. Naturgemäß würden hierbei viele Flüssigkeiten, beispielsweise Lösungsmittel, verdampfen. Das kann durch eine Rückflußkühlung verhindert werden. Hier wird die verdampfende Flüssigkeit kondensiert und in den Reaktionskolben zurückgeleitet. Je nach der Reaktionstemperatur und dem Siedepunkt der Flüssigkeit können verschiedene Vorrichtungen zur Rückflußkühlung verwendet werden. Am einfachsten ist das sogenannte Steigrohr. Es besteht aus einem Glasrohr von etwa 80 cm Länge, das mit einem einfach durchbohrten Stopfen auf das Reaktionsgefäß gesetzt wird. Die umgebende Luft sorgt für Kühlung des Rohres und damit für die Kondensation der Dämpfe. Eine bessere Wirkung kann mit Kugelrückflußkühlrohren (Abb. 22) erzielt werden. Die Kühlwir-

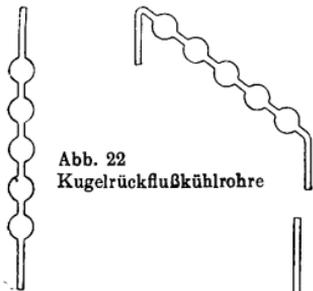


Abb. 22
Kugelrückflußkühlrohre

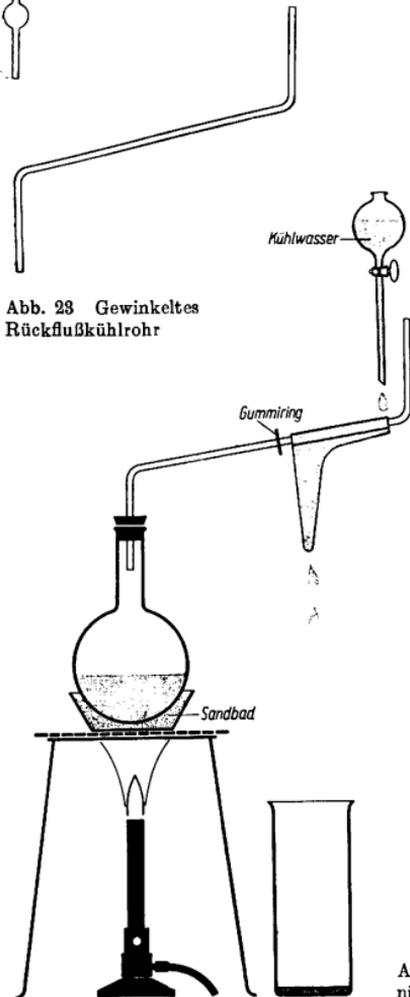


Abb. 23 Gewinkeltes
Rückflußkühlrohr

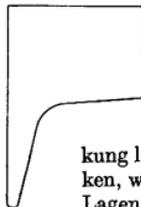


Abb. 24 Form des Filterpapiers
zur Kühlung von Rückflußkühl-
rohren und Kondensationsrohren

kung läßt sich in beiden Fällen verstärken, wenn man die Rohre mit mehreren Lagen feuchten Filterpapiers umwickelt, die von Zeit zu Zeit mit kaltem Wasser besprüht werden können.

Für niedrig siedende Substanzen reicht die Kühlung mit einem geraden Kühlrohr meist nicht aus. In derartigen Fällen kann ein gewinkeltes Rückflußkühlrohr der nebenstehenden Form benutzt werden (Abb. 23). Man kann es sich leicht aus einem Glasrohr passender Länge zurechtbiegen. Der schräg aufsteigende Schenkel dient der eigentlichen Kühlung und wird mit einem Stück angefeuchteten Filterpapiers umwickelt, das in der angegebenen Form zurechtgeschnitten ist (Abb. 24). Die fertige Apparatur zeigt die Abbildung 25. Der Tropftrichter enthält Leitungswasser, das zur Kühlung mit der eingestellten Geschwindigkeit herabtropft, die Filterrolle entlangläuft und an der herabhängenden Fahne abfließt. Als Auffanggefäß dient ein Becherglas geeigneter Größe. Steht kein passender Tropftrichter zur Verfügung, kann die Kühlung auch durch Aufspritzen von Wasser mit einer Spritzflasche erfolgen. Besondere Aufmerksamkeit ist den verwendeten Stopfen beim Erhitzen unter Rückflußkühlung zu schenken. Die gewöhnlich benutzten Gummistopfen werden durch viele organische Flüssigkeiten angegriffen. Will man das vermeiden, so taucht man die Stopfen in flüssiges Paraffin oder umwickelt sie mit Aluminiumfolie (bzw. Stanniolpapier). Für viele Zwecke sind auch Stopfen aus Kork oder PVC brauchbar (siehe Versuch 245).

Abb. 25 Rückflußkühlung bei Flüssigkeiten mit
niedrigem Siedepunkt

Die Reinigung organischer Verbindungen

Alle organischen Umsetzungen sind Gleichgewichtsreaktionen (vgl. Seite 101). Deshalb liegt nach der Synthese meistens ein Reaktionsgemisch vor. Durch die Bildung von Isomeren und das Auftreten von Nebenreaktionen kann sich die Anzahl der Endprodukte zusätzlich erhöhen. Aus diesem Grunde muß außer der Synthese noch eine Isolierung und Reinigung des Reaktionsgutes vorgenommen werden, um das gewünschte Produkt möglichst rein zu erhalten. Je nachdem, ob eine Flüssigkeit oder ein fester Stoff vorliegt, werden unterschiedliche Arbeitstechniken angewendet. Fällt bei der Synthese ein flüssiges Reaktionsgemisch an, so benutzt man zur Reinigung beziehungsweise Isolierung der gewünschten Verbindung das Ausschütteln und die Destillation.

Das Ausschütteln

Ist eine Flüssigkeit von Lösungen, teerigen Bestandteilen oder ähnlichem abzutrennen, versetzt man das Reaktionsgemisch mit einem Lösungsmittel, in dem zwar der zu isolierende Stoff, nicht aber die Begleitsubstanzen löslich sind. Für diesen Vorgang wird der Scheidetrichter benutzt. (Man verwende einen Tropftrichter, dessen Tubus durch einen gut sitzenden Glasstopfen verschließbar ist.) Darin wird das Reaktionsgemisch mit der gleichen Menge eines geeigneten Lösungsmittels versetzt und der Tubus mit dem Glasstopfen verschlossen. Durch kräftiges Schütteln wird der abzutrennende Stoff in das Lösungsmittel übergeführt. Dieses scheidet sich als gesonderte Schicht ab, da es sich mit den Begleitsubstanzen nicht mischt. Beide Schichten werden getrennt abgelassen. Durch Abdampfen des Lösungsmittels wird der reine Stoff isoliert. Beispielsweise fällt bei der Synthese des Aminobenzols (Anilin) ein Aminobenzol-Wasser-Gemisch an, aus dem sich das Aminobenzol nur schwer abtrennen läßt. Deshalb schüttelt man das Reaktionsgemisch mit Äthoxyäthan (Diäthyläther) aus. Es ist mit Wasser wenig mischbar, aber ein gutes Lösungsmittel für Aminobenzol. Beim Umschütteln im Scheidetrichter löst sich das Aminobenzol im Äthoxyäthan, das sich als gefärbte Schicht über dem Wasser absetzt. Das Wasser wird zuerst aus dem Scheidetrichter abgelassen. Das aminobenzolhaltige Äthoxyäthan ist in ein zweites Gefäß zu überführen. Läßt man das Äthoxyäthan abdestillieren, bleibt das reine Aminobenzol zurück (siehe Versuch 246).

Die Destillation

Die Destillation dient sowohl zur Trennung von Gemischen als auch zur Reinigung von Flüssigkeiten. Dementsprechend muß die Destillationsanlage verändert werden. Sie besteht im Prinzip jedoch immer aus einem Destillierkolben (in dem die Flüssigkeit verdampft wird), einem Kondensationsrohr (das die Dämpfe abkühlt und kondensiert) und einer Vorlage (in der sich das Kondensat ansammelt). Man unterscheidet die Destillation im engeren Sinne, wobei der in Dampfform übergehende Stoff, das Destillat, gewonnen wird und die Verdampfung, deren Hauptprodukt der nach dem Abdampfen des Lösungsmittels zurückbleibende Stoff ist.

Die *einfache Destillation* dient der Reinigung von Flüssigkeiten. Als Destillierkolben verwendet man hauptsächlich Weithalsrundkolben, deren Größe der Flüssigkeitsmenge anzupassen ist. Für unsere Zwecke kommen vorwiegend 50 ml- und 100 ml-

Kolben in Betracht. Um ein Überspritzen der Flüssigkeit in das Kondensationsrohr zu verhindern, darf der Kolben höchstens zur Hälfte gefüllt sein. Die Abbildung 26 zeigt die zu verwendenden Kondensationsrohre. Sie lassen sich aus Glasrohren leicht selbst herstellen. Die Länge des Rohres richtet sich nach dem Siedepunkt der zu destillierenden Substanz. Für höher siedende Flüssigkeiten genügen kurze Rohre (etwa 20 cm Länge). Im allgemeinen kommt man mit einer Länge von 35 cm bis 40 cm aus. Zur Kühlung werden die Kondensationsrohre mit mehreren Lagen feuchten Filterpapiers umwickelt, das in der angegebenen Form zurechtgeschnitten wurde (Abb. 24). Die herabhängende Fahne und der Gummiring¹⁾ verhindern das Abfließen des Kühlwassers in die Vorlage. Die fertige Anlage gibt die Abbildung 27 wieder. Als Wasserbehälter für den Kühlvorgang dient ein größerer Tropftrichter, dessen Abflußrohr sich unmittelbar über der Filterrolle befindet. Man reguliere den Wasserstrahl so, daß ein gleichmäßiges Abfließen in das Auffanggefäß gewährleistet ist. Für längere Destillationsprozesse muß das Kühlwasser im Tropftrichter öfter nachgefüllt werden. Steht ein Wasseranschluß zur Verfügung, läßt man mit einem Gummischlauch Wasser aus der Leitung in dem Maße nachfließen, wie es aus dem Tropftrichter abläuft. Flüssigkeiten mit hohem Siedepunkt – über 100 °C – lassen sich ohne Kühlung destillieren, da die Lufttemperatur für die Kondensation des Destillates ausreicht. Es genügt dafür die in Abbildung 28 gezeigte Anlage. Der Destillierkolben wurde durch

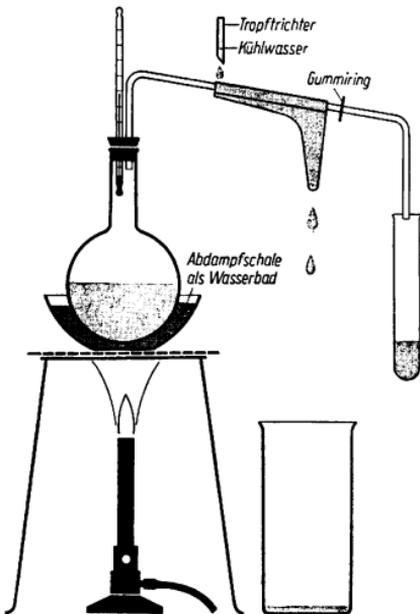


Abb. 27 Einfache Destillieranlage

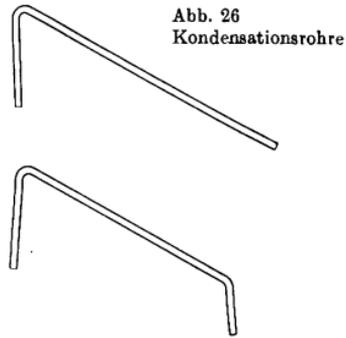


Abb. 26
Kondensationsrohre

Abb. 28
Destillationsanlage
für hochsiedende
Flüssigkeiten



¹⁾ Am besten geeignet sind Gummiringe von einem Bierflaschenverschluss.

ein Reagenzglas mit Ansatzrohr ersetzt. Als Kondensationsraum dient ein Kühlervorstoß, der mit eines einfach durchbohrten Stopfens auf das Ansatzrohr des Reagenzglases geschoben wird. Das Rohr soll aus dem Stopfen herausragen, um eine Berührung des Destillates mit dem Gummistopfen zu vermeiden. Zur Kühlung kann der Vorstoß notfalls mit einem Streifen Filterpapier umhüllt werden, den man von Zeit zu Zeit mit kaltem Wasser besprüht.

Verwendet man bei der Destillation ein Thermometer, so ist es besonders sorgfältig zu behandeln. Vor dem Einführen des Meßinstrumentes in die Bohrung des Stopfens ist es gut mit Wasser oder Propantriol (Glycerin) zu befeuchten, um einen Bruch beim Eindrehen zu vermeiden. Beim Entfernen des Thermometers aus dem Stopfen verfährt man ebenso.

Die Quecksilberkugel des Thermometers soll sich etwas unterhalb des Dampfüberganges vom Destillierkolben in das Kondensationsrohr befinden, denn nur an dieser Stelle kann die Temperatur des Dampfes genau gemessen werden. Darüber stellt man zu niedrige Temperaturen fest, weil dort der Dampfstrom kaum hingelangt. Für die Durchführung der Destillation beachte man die vorangegangenen Ausführungen über das Erhitzen organischer Substanzen.¹⁾ Auch die Destillation wird nach Möglichkeit in Heizbädern und unter Zusatz von Siedesteinchen vorgenommen. Die Verdampfungsgeschwindigkeit ist so zu regulieren, daß das Destillat langsam und tropfenweise in die Vorlage gelangt. Während der Destillation fange man nur die Anteile auf, die bei den angegebenen Temperaturen übergehen. Vorher und nachher übergehende Flüssigkeitsmengen, man bezeichnet sie als Vor- beziehungsweise Nachlauf, sind gesondert aufzufangen und unter Umständen erneut zu destillieren.

Flüssigkeitsgemische können durch *fraktionierte Destillation*²⁾ getrennt werden. Durch Unterbrechung der Destillation bei bestimmten Temperaturen unterteilt man das Kondensat in mehrere Anteile (Fraktionen), die mit den reinen Stoffen angereichert sind. Die Temperaturen, bei denen die einzelnen Fraktionen aufgefangen werden, sind so zu wählen, daß sie in der Höhe der Siedepunkte der enthaltenen Flüssigkeiten liegen.

Will man ein Flüssigkeitsgemisch trennen, dessen Bestandteile beispielsweise bei 88°C und 168°C sieden, wird folgendermaßen verfahren:

1. Das Gemisch wird in einer Destillationsanlage nach Abbildung 27, Abbildung 28 oder im Grundgerät 11 bis zu einer Temperatur von 85°C erhitzt und der Vorlauf, welcher schon Teile der niedrig siedenden Substanz enthält, aufgefangen.
2. Nach dem Wechsel der Vorlage wird die erste Hauptfraktion isoliert, die zwischen 86°C und 90°C anfällt und die Hauptmenge der leichter flüchtigen Substanz enthält.
3. Sobald die Temperatur im Destillierkolben weiter ansteigt, wechselt man wiederum die Vorlage und fängt die zwischen 90°C und 165°C übergehenden Anteile auf. Sie enthalten den Nachlauf des niedrig siedenden und den Vorlauf des höher siedenden Stoffes.
4. Nach erneutem Wechsel der Vorlage wird zwischen 165°C und 168°C die zweite Hauptfraktion isoliert, welche die Hauptmenge der hochsiedenden Verbindung enthält.

Im vorliegenden Beispiel sind in der zweiten und vierten Fraktion die Hauptanteile der reinen Flüssigkeiten enthalten. Die dritte Fraktion enthält sowohl Anteile der

¹⁾ Vgl. Seite 201 ff.

²⁾ Ausführliche Anleitung über die Grundlagen der fraktionierten Destillation in Stroeck, W.: „Einführung in die präparative organische Chemie“, Fachbuchverlag Leipzig 1959.

niedrig siedenden als auch solche der höher siedenden Verbindung. Sollen auch sie noch getrennt werden, muß man diese Fraktion nach dem angegebenen Schema erneut destillieren.

Nicht jedes Flüssigkeitsgemisch ist durch fraktionierte Destillation restlos zu trennen. Liegt ein bestimmtes Mischungsverhältnis vor, so destilliert bei einer festen Temperatur ein Gemisch mit konstanter Zusammensetzung über (azeotropes Gemisch). Deshalb ist eine weitere Trennung durch Destillation nur auf Umwegen möglich. Äthanol und Wasser bilden beispielsweise ein azeotropes Gemisch, wenn die Konzentration des Äthanol 96% beträgt. Dieses Gemisch hat einen Siedepunkt von 78°C, bei dem die konstante Mischung von 96% Äthanol mit 4% Wasser übergeht (siehe Versuch 247).

Die *Wasserdampfdestillation* wird in der organischen Chemie oft angewendet. Mit dieser Arbeitstechnik können Flüssigkeiten schonend abgetrennt werden, die mit Wasser nicht mischbar sind. Bei der Wasserdampfdestillation wird Wasserdampf in das Flüssigkeitsgemisch eingeleitet, wobei die mit Wasser nicht mischbare Substanz von den Dämpfen mitgerissen wird und im Destillierrohr gemeinsam mit dem Wasser kondensiert. Da sich beide Stoffe nicht mischen, bilden sich in der Vorlage zwei Schichten, die gut getrennt werden können. Die benötigte Apparatur für die Wasserdampfdestillation besteht aus einer Destillationsanlage, die mit einem zweiten Rundkolben, dem Dampfkolben, verbunden ist. Er erzeugt den Wasserdampf, den man in das eigentliche Destilliergut im Destillierkolben einleitet. Hierzu dient ein doppelt rechtwinklig gebogenes Glasrohr, dessen langer Schenkel bis auf den Boden des Destillierkolbens reichen muß. Als Vorlage ist ein Tropftrichter zu wählen, dessen Ablaufrohr etwa 1 cm unterhalb des Küens abgeschnitten wurde. Auf diese Weise lassen sich die beiden Schichten nach der Destillation leicht trennen.

Bei Destillationsstörungen besteht die Gefahr, daß das Destilliergut durch einen entstehenden Unterdruck in den Dampfkolben gesaugt wird. Aus diesem Grund besitzt er ein Steigrohr, das bis auf den Boden des Kolbens reicht und für den Druckausgleich sorgt. Während des Destillierens bewegt sich die Flüssigkeit im Destillierkolben sehr heftig. Dadurch können Spritzer in das Destillierrohr gelangen. Das wird verhindert, indem man den Kolben höchstens zur Hälfte füllt und ein Destillierrohr mit langem, aufsteigendem Schenkel verwendet (Abb. 29, siehe Versuch 248).

Beim *Einengen von Lösungen und Abdampfen von Lösungsmitteln* müssen oft größere Mengen dieser Stoffe verdampft werden. Um Brände zu vermeiden und aus Gründen der Sparsamkeit bedient man sich hier der Destillation. Man benutzt dazu eine Anlage wie in Abbildung 27.

Als Vorlage verwendet man ein Reagenzglas mit seitlichem Ansatzrohr, das mit einem längeren Schlauch versehen ist, der über die Kante des Tisches reicht. Auf diese Weise gelingt es, die Dämpfe der meist brennbaren Lösungsmittel von der Flamme fernzuhalten.

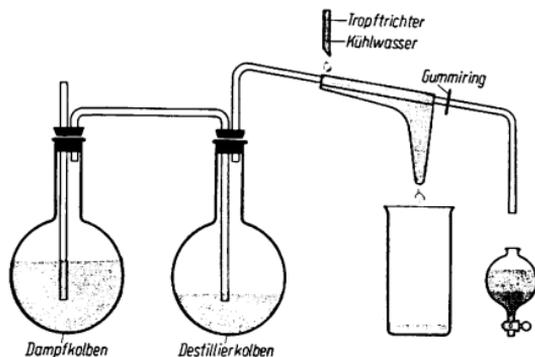


Abb. 29 Wasserdampfdestillation

Reinigung fester Stoffe durch Kristallisation

Meist ist der gewünschte feste Stoff im Reaktionsgemisch gelöst. Will man ihn daraus gewinnen, so muß zunächst durch Eindampfen die Lösung übersättigt werden. Beim Erkalten der auf einen Bruchteil des ursprünglichen Volumens eingeeengten Lösung scheiden sich die Kristalle meist von allein ab. Sollte das unterbleiben, kann durch Reiben mit einem Glasstab an der Gefäßwand die Kristallisation beschleunigt werden. Hierbei entstehen feinste Glasstäubchen, die als Kristallisationskeime dienen.

Die *Isolierung der Kristalle* erfolgt durch Filtrieren. Beim Arbeiten mit organischen Stoffen benutzt man nur weiches Filterpapier.

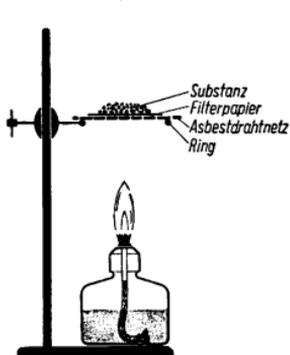


Abb. 30
Trocknen fester Substanzen

Sehr oft hat man es mit öligen Substanzen zu tun, die bei der Filtration nur schwer ablaufen. In solchen Fällen werden Faltenfilter verwendet, die aus einer Filterpapierscheibe hergestellt werden.

Nach der Filtration ist ein *Trocknen der festen Rückstände* notwendig, wenn man sie länger aufbewahren will. Am einfachsten kann zu diesem Zweck der Niederschlag zwischen mehreren Lagen Filterpapier abgepreßt und anschließend an der Luft getrocknet werden. Den Trockenprozeß kann man durch Erwärmen der Substanz auf dem Asbestdrahtnetz beschleunigen (Abb. 30). Es ist jedoch unbedingt darauf zu achten, daß die zu trocknende Substanz nur von der heißen, aufsteigenden Luft berührt wird. Die Höhe des Asbestdrahtnetzes über der Flamme richtet sich nach dem Schmelzpunkt der Substanz.

Versuch 243: Verhinderung des Siedeverzuges

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen das Verhindern des Siedeverzuges durch Siedesteinchen kennenlernen.

Geräte: Reagenzglashalter, Reagenzglas, Spiritusbrenner, Siedesteinchen
Chemikalien: Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff)

Ausführung. In das Reagenzglas werden etwa 7 ml Tetrachlormethan gegeben und zum Sieden erhitzt, wobei das Reagenzglas möglichst ruhig zu halten ist. Anschließend wiederholt man den Versuch, gibt jedoch zur kalten Flüssigkeit Siedesteinchen.



Vorsicht beim Arbeiten mit Tetrachlormethan! Bei zu langem Erhitzen kann Phosgen entstehen! Die Mündung des Reagenzglases darf nicht auf Personen gerichtet sein!

Auswertung. Das Sieden der reinen Flüssigkeit erfolgt unter heftigem Stoßen, wobei das Tetrachlormethan teilweise aus dem Reagenzglas herausspritzt. Beim Erhitzen mit Siedesteinchen unterbleibt das Stoßen.

Abwandlung des Versuches. Das Erhitzen kann auch in einem Becherglas, Stehkolben oder Erlenmeyerkolben auf dem Asbestdrahtnetz erfolgen.

Analoge Versuche. Tetrachlormethan läßt sich auch durch andere Flüssigkeiten ersetzen. Bei organischen Substanzen muß ihre Gefährlichkeit beachtet werden.

Versuch 244: Erhitzen in Heizbädern

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Wirkung von Wasser- und Ölbädern erkennen.

Geräte: *Stativ mit Klemme, Muffe und Ring, Asbestdrahtnetz, Rundkolben, Porzellanschale (etwa 10 cm Durchmesser), Siedesteinchen¹⁾, Spiritusbrenner (besser Bunsenbrenner)*

Chemikalien: *Nähmaschinenöl, Methanol, Äthandiol (Glykol), Wasser*

Ausführung. Auf den Ring des Stativs legt man das Asbestdrahtnetz und setzt die Schale darauf. Der Rundkolben wird mit der Klemme so am Stativ befestigt, daß er in die Schale eintaucht. In den Kolben gibt man etwa 20 ml Methanol. Die Schale ist mit so viel Wasser zu füllen, daß die Flüssigkeitsspiegel in Schale und Kolben gleich hoch sind. Einige Siedesteinchen werden zum Methanol gefügt, dann erhitzt man das Wasserbad. Danach wird der Versuch wiederholt, wobei man statt des Methanols Äthandiol verwendet. Nachdem die Schale gründlich gereinigt und getrocknet wurde, wiederholt man die Versuche mit Nähmaschinenöl als Heizflüssigkeit.²⁾

Auswertung. Im Wasserbad kann Methanol (Kp 64,7 °C) zum Sieden gebracht werden, nicht aber Äthandiol (Kp 197,4 °C). Im Ölbad siedet auch das Äthandiol.

Versuch 245: Erhitzen unter Rückflußkühlung

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Wirkung von Rückflußkühlern kennenlernen.

Geräte: *Stativ mit Klemme, Muffe und Ring, Asbestdrahtnetz, Porzellanschale, Rundkolben mit durchbohrtem Stopfen, 80 cm langes Steigrohr, Rückflußkühlrohr nach Abbildung 22, Tropftrichter, Meßzylinder (25 ml), Filterpapier, Spiritusbrenner (besser Bunsenbrenner)*

Chemikalien: *Methanol, Wasser*

Ausführung. 15 ml Methanol werden in den Rundkolben gegeben, der wie bei Versuch 244 in einem Wasserbad steht. Auf den Kolben setzt man ein Steigrohr, das in einem einfach durchbohrten Stopfen steckt. Nun erhitzt man im Wasserbad genau 10 Minuten zum Sieden, läßt erkalten und bestimmt mit dem Meßzylinder den Verlust an Methanol.

Der Versuch wird mit dem Rückflußkühlrohr wiederholt.

¹⁾ Siehe Seite 202.

²⁾ Die einzelnen Teilversuche können auch getrennt-gemeinschaftlich durchgeführt werden.

Auswertung. Die Messungen zeigen, daß die Flüssigkeitsverluste bei Benutzung eines Steigrohres größer sind. Die Kühlung ist hier nicht so intensiv wie bei dem Rückflußkühler aus Kugelkühlrohren.

Versuch 246: Ausschütteln von Bromwasser

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Arbeitstechnik des Ausschüttelns kennenlernen.

Geräte: mit Glasstopfen verschließbarer Tropftrichter, Reagenzglas
Chemikalien: Bromwasser, Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff)¹⁾



Ausführung. In den Tropftrichter gibt man etwa 10 ml Bromwasser und versetzt es mit etwa 5 ml Tetrachlormethan. Man verschließt den Tropftrichter mit einem Stopfen und schüttelt mehrmals kräftig um. Anschließend kann die untere Schicht in ein Reagenzglas abgetrennt werden.

Auswertung. Durch das Schütteln geht das Brom aus der wäßrigen Schicht in das Tetrachlormethan über, in dem es leichter löslich ist. Wasser und Tetrachlormethan mischen sich nicht. Das schwerere Tetrachlormethan setzt sich am Boden des Scheidetrichters ab und kann mit dem gelösten Brom leicht abgetrennt werden.

Versuch 247: Destillation eines Flüssigkeitsgemisches

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Trennung eines Gemisches von zwei Flüssigkeiten durch fraktionierte Destillation kennenlernen.

Geräte: Stativ mit Ring, Asbestdrahnetz, Rundkolben, Destillierrohr (nach Abb. 26), Tropftrichter, Thermometer, Spiritusbrenner (besser Bunsenbrenner)

Chemikalien: Speiseöl, Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff)¹⁾

Ausführung. Man stellt zunächst eine Mischung von 5 ml Speiseöl und 15 ml Tetrachlormethan her. Diese gibt man in den Rundkolben und baut nach Abbildung 27 eine Destillieranlage zusammen. Nachdem zum Flüssigkeitsgemisch einige Siedesteinchen gefügt wurden, erhitzt man den Rundkolben und erwärmt bis zu einer Temperatur von 80 °C. Die Temperatur ist so zu regulieren, daß das Destillat tropfenweise in die Vorlage gelangt. Sobald die Temperatur schnell über 80 °C ansteigt, ist die Destillation zu unterbrechen.

Auswertung. Nach der Destillation ist die Mischung in ihre Bestandteile getrennt. Das Tetrachlormethan, Siedepunkt 76,7 °C, befindet sich in der Vorlage, während das schwerflüchtige Öl im Destillierkolben zurückbleibt.

¹⁾ Siehe Gefahrenhinweis zu Versuch 243.

Abwandlung des Versuches. Man kann das Gemisch auch direkt auf dem Asbestdrahtnetz erhitzen. Stehen nur Spiritusbrenner zur Verfügung, ist das direkte Erhitzen vorzuziehen, da sonst der Vorgang zu lange Zeit benötigt. Anstelle der oben angewendeten Apparatur kann man auch das Grundgerät 11 benutzen.

Versuch 248: Wasserdampfdestillation

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen das Trennen eines Methylbenzol-Wassergemisches mit Hilfe der Wasserdampfdestillation kennenlernen.

Geräte: *Stativ mit Ring, Dreifuß, Asbestdrahtnetz, 2 Rundkolben, Tropftrichter mit abgeschnittenem Ablaufrohr, Destillierrohr, doppelt rechtwinklig gebogenes Glasrohr, Steigrohr, Spiritusbrenner (besser Bunsenbrenner)*
Chemikalien: *Methylbenzol (Toluol), Wasser*

Ausführung. Die Apparatur wird nach Abbildung 29 zusammengesetzt. Der Destillierkolben ist an das Stativ zu spannen, während der Kolben zur Dampferzeugung auf dem Dreifuß steht. In den Destillierkolben gibt man ein Gemisch von Methylbenzol und Wasser, das den Kolben höchstens zu einem Drittel füllt. Dann wird das Wasser im Dampfkolben zum Sieden erhitzt. Die Destillation beginnt, sobald genügend Dampf aus dem Dampfkolben in den Destillierkolben gelangt. Damit hier anfangs eine Kondensation des Dampfes unterbleibt, empfiehlt es sich, das Destilliergut mit einem zweiten Brenner so lange zu erhitzen, bis der Wasserdampf in heftigem Strom übergeht. Ein weiteres Erwärmen des Destillierkolbens erübrigt sich, weil jetzt der Wasserdampf für die notwendige Temperatur sorgt. Die Destillation ist zu unterbrechen, wenn keine öligen Tröpfchen mehr in die Vorlage übergehen.

Auswertung. Das Methylbenzol wird von dem übergehenden Wasserdampf in die Vorlage getragen und kondensiert mit dem Dampf. Die beiden Schichten in der Vorlage bestehen aus Wasser und dem zu isolierenden Anteil, dem Methylbenzol.

Qualitative Analyse organischer Stoffe

Versuch 249: Nachweis von Kohlenstoff und Wasserstoff

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Kohlenstoff und Wasserstoff qualitativ nachweisen.

Ausführung a

Geräte: Grundgerät 5a, Reagenzglas, Stativ, Reagenzglasständer, Spatel, Spiritusbrenner

Chemikalien: organische Substan: (z. B. Kerzenparaffin), Kupfer(II)-oxyd, gesättigte Bariumhydroxydlösung (Barytwasser)

Ausführung b

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Spatel, Tropfpipette, Spiritusbrenner

Chemikalien: wie bei Ausführung a

Ausführung a. Man gibt ein Stückchen Kerzenparaffin (etwa halbe Erbsengröße) in das Grundgerät 5a und darauf 4 cm hoch Kupfer(II)-oxyd (Abb. 31). Nun verschließt man das Reagenzglas und befestigt es waagrecht (Klemme an der Mündung des Reagenzglases) am Stativ. Das zweite Reagenzglas wird zu einem Viertel mit Barytwasser gefüllt. Nun erhitzt man das waagerechte Reagenzglas zuerst in der Mitte, anfangs vorsichtig, dann kräftig und rückt mit der Flamme langsam zum Boden des Reagenzglases vor.

Ausführung b. Wie bei Ausführung a gibt man in ein trockenes Reagenzglas Paraffin und Kupfer(II)-oxyd. In das zweite Reagenzglas füllt man 3 ml Barytwasser und stellt das Glas einstweilen ab. Das erste Reagenzglas wird mit dem Reagenzglashalter am oberen Ende erfaßt und mit einer Neigung von etwa 45° zuerst in der Mitte erhitzt. Dann bringt man langsam den unteren Teil des Reagenzglases in die Flamme. Ist die Reaktion zwischen der organischen Substanz und dem Kupfer(II)-oxyd in Gang gekommen (erkennbar an der Kupferbildung aus dem Kupfer(II)-oxyd), so unterbricht man das Erhitzen und hält das Glas senkrecht. Eine Tropfpipette wird so weit eingeführt, daß deren Spitze bis nahe an die Festsubstanz heranreicht. Schon vor

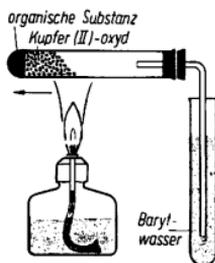


Abb. 31 Kohlenstoff- und Wasserstoffnachweis

dem Einführen muß das Gummihütchen zusammengepreßt werden. Nun läßt man das Gummihütchen los, wodurch das Gas aus dem unteren Teil des Reagenzglases abgesaugt wird. Die Tropfpipette taucht man jetzt so weit in das Barytwasser ein, daß die Spitze den Boden berührt, und preßt das eingesaugte Gas langsam heraus. Dieser Vorgang wird dreimal wiederholt, so daß genügend Gas mit dem Barytwasser reagieren kann.

Auswertung. Bei der Umsetzung organischer Substanzen mit Kupfer(II)-oxyd entstehen Kohlendioxyd und Wasser. Das letztere kondensiert sich am kalten Teil des Reagenzglases (Tröpfchenbeschlag). Das Kohlendioxyd sammelt sich bei Ausführung b als spezifisch schweres Gas im unteren Teil des Glases und kann mit der Tropfpipette in das Barytwasser überführt werden. Dort bildet es schwerlösliches Bariumcarbonat, das die Lösung trübt. Bei Ausführung a wird es gleich in das Barytwasser eingeleitet.

Analoge Versuche können mit allen wasserfreien organischen Stoffen, soweit sie nicht einen zu niedrigen Siedepunkt besitzen, ausgeführt werden. Anstelle von Barytwasser kann auch mit Kalkwasser gearbeitet werden.

Versuch 250: Stickstoffnachweis durch Bildung nitroser Gase

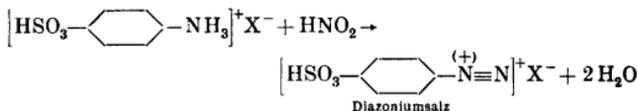
Ziel des Versuches. Die Schüler sollen einen sehr einfachen qualitativen Stickstoffnachweis durchführen.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spatel, Rundfilter, Spiritusbrenner
Chemikalien: stickstoffhaltige organische Substanz (Harnstoff oder Keratin), Kupfer(II)-oxyd, Gieß-Reagenz¹⁾

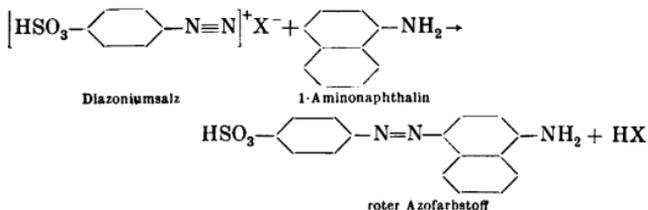
Ausführung. Man gibt in ein trockenes Reagenzglas eine Spatelspitze von der zu untersuchenden Substanz und darauf etwa 4 cm hoch Kupfer(II)-oxyd. Dann wird etwas Filterpapier zusammengerollt, mit Gieß-Reagenz befeuchtet und etwa zu einem Drittel in das Reagenzglas gesteckt. Das Glas faßt man an der Mündung mit dem Reagenzglashalter und hält es waagrecht in die Flamme. Mit dem Erhitzen beginnt man in der Mitte des Reagenzglases und rückt mit der Flamme langsam gegen den Boden des Glases vor.

Auswertung. Beim Erhitzen in Gegenwart von Kupfer(II)-oxyd wird die stickstoffhaltige organische Substanz im unteren Teil des Reagenzglases oxydativ zersetzt, wobei sich neben anderen Stoffen auch nitrose Gase bilden, die mit Gieß-Reagenz eine lebhaftere Rotfärbung auf dem Filterpapier hervorrufen. Der rote Farbstoff wird durch folgende Reaktionen gebildet: Die entstehenden nitrosen Gase ergeben mit Wasser (Feuchtigkeit im Filterpapier) salpetrige Säure. Diese reagiert mit der in Gieß-Reagenz enthaltenen 4-Aminobenzolsulfonsäure (liegt in saurer Lösung als sulfonsaures Phenyl-ammoniumsalz vor) und bildet ein Diazoniumsalz:

¹⁾ 0,1 g 1-Aminonaphthalin (α -Naphthylamin) werden in 100 ml siedendem Wasser gelöst, dann 5 ml konzentrierte Äthansäure (Eisessig) und eine Lösung von 1 g 4-Aminobenzolsulfonsäure (Sulfanilsäure) in 100 ml Wasser zugesetzt.



Dieses Diazoniumsalz reagiert („kuppelt“) mit dem ebenfalls in Griebß-Reagenz enthaltenen 1-Aminonaphthalin (α -Naphthylamin) und bildet einen roten Farbstoff:



Abwandlung des Versuches. Anstelle von Kupfer(II)-oxyd kann auch Mangan(IV)-oxyd (Braunstein) verwendet werden.

Versuch 251: Stickstoffnachweis nach Rosenthaler

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen einen weiteren qualitativen Nachweis von Stickstoff kennenlernen.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Reagenzglasstände, Spatel, Trichter, Rundfilter, Spiritusbrenner
 Chemikalien: stickstoffhaltige organische Substanz (z. B. Horn), Schwefelpulver, Kaliumcarbonat, 10%ige Eisen(III)-chloridlösung, 10%ige Schwefelsäure, blaues Lackmuspapier

Ausführung. Eine kleine Spatelspitze der Substanz gibt man in ein trockenes Reagenzglas, fügt etwa die vierfache Menge Schwefelpulver und ebensoviel Kaliumcarbonat hinzu und mischt durch Schütteln. Dann wird das Gemisch kräftig erhitzt. Es entsteht eine Schmelze, die noch einige Zeit weiter zu erhitzen ist. Nach dem Erkalten löst man die erstarrte Schmelze in Schwefelsäure. Weil dabei viel Schwefelwasserstoff frei wird, muß die Schwefelsäure entweder unter dem Abzug oder im Freien zugegeben werden. Nachdem die Gasentwicklung beendet ist, soll noch Schwefelsäure vorhanden sein (Prüfung mit Lackmuspapier auf saure Reaktion). Dann wird etwas von der Lösung in das zweite Reagenzglas filtriert. Sollte das Filtrat durch kolloiden Schwefel getrübt sein, so ist dies für den Nachweis belanglos. Schließlich versetzt man das Filtrat mit 1 bis 2 Tropfen Eisen(III)-chloridlösung.

Auswertung. Beim Erhitzen der stickstoffhaltigen organischen Substanz mit Schwefel und Kaliumcarbonat entsteht Kaliumthio-



cyanat (KCNS), das mit Eisen(III)-ionen das rotgefärbte Eisen(III)-thiocyanat bildet:



Eine rote bis braunrote Färbung im Reagenzglas zeigt demnach Stickstoff in der untersuchten Substanz an.

Versuch 252: Nachweis von Schwefel durch die Heparprobe

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen einen qualitativen Schwefelnachweis selbst erproben.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spatel, Spiritusbrenner, Kristallisierschale

Chemikalien: schwefelhaltige organische Substanz (z. B. Thioharnstoff), wasserfreies Natriumcarbonat (calcinierte Soda), Silbermünze oder Silberlöffel, Wasser

Ausführung. Man gibt eine kleine Spatelspitze der Substanz in ein Reagenzglas, fügt etwa die gleiche Menge Natriumcarbonat hinzu und mischt durch Schütteln. Nun wird auf Rotglut erhitzt und etwas von der geglühten Mischung auf das blanke Silber gebracht. Man feuchtet mit 1 bis 2 Tropfen Wasser an, zerdrückt die Festsubstanz mit dem Glasstab und spült nach einigen Sekunden den Brei vom Silber ab. (Vgl. auch Versuch 152, Seite 134.)

Auswertung. Beim Glühen einer organischen schwefelhaltigen Substanz mit Natriumcarbonat entsteht Natriumsulfid, das mit Silber in Gegenwart von (wenig) Wasser schwarzbraunes Silbersulfid bildet (Heparprobe).

Versuch 253: Prüfung auf Halogene (Bellsteinprobe)

Ziel des Versuches. Es soll der qualitative Nachweis von Halogenen geführt werden.

Geräte: Tiegelzange oder Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Uhrglas
Chemikalien: Kupferdraht oder Kupferdrahtnetz, halogenhaltige organische Substanz (z. B. PVC)

Ausführung. Man biegt ein Ende eines Kupferdrahtes zu einer engen Öse, faßt den Draht am anderen Ende mit einer Tiegelzange und glüht die Öse so lange in der Flamme, bis jegliche Flammenfärbung verschwunden ist. Die heiße Öse wird nun in die zu untersuchende Substanz getaucht, von der man eine kleine Probe auf ein Uhrglas gegeben hat. Nun wird die Kupferdrahtöse wieder erhitzt.

Auswertung. Mit glühendem Kupfer bilden sich Kupferhalogenide, die bei hohen Temperaturen merklich verdampfen und die Flamme grün färben (Beilsteinprobe).

Abwandlung des Versuches. Die zu untersuchende Substanz mischt man mit halogenfreiem Kupfer(II)-oxyd und bringt davon etwas auf einem ausgeglühten Kupferdraht oder Magnesiastäbchen in den heißesten Teil der Flamme.

Analoge Versuche. Anstelle von PVC können auch das Mottenschutzmittel „Globol“ oder die Schädlingsbekämpfungsmittel DDT und HCH (Hexamittel) benutzt werden.

Versuch 254: Prüfung auf Halogene (Kalkmethode)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen einen weiteren qualitativen Nachweis von Halogenen kennenlernen.

Geräte: 2 Reagenzpläser, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Spiritusbrenner, Becherglas, Reibschale mit Pistill, Trichter, Rundfilter
Chemikalien: halogenhaltige organische Substanz, halogenfreies Calciumoxyd, 10%ige Salpetersäure, 5%ige Silbernitratlösung, blaues Lackmuspapier, destilliertes Wasser

Ausführung. Eine kleine Menge einer halogenhaltigen Substanz wird mit etwa der dreifachen Menge reinem Calciumoxyd verrieben und einige Zeit in einem Reagenzglas geglüht. Man taucht das heiße Glas in das Becherglas, das 10 ml destilliertes Wasser enthält. Das Reagenzglas zerspringt. Nun gibt man bis zur deutlich sauren Reaktion (Prüfung mit Lackmuspapier) verdünnte Salpetersäure zu und filtriert etwas von der Lösung in das andere Reagenzglas. Das Filtrat wird mit einigen Tropfen Silbernitratlösung versetzt.

Auswertung. Beim Glühen der halogenhaltigen organischen Substanz mit Calciumoxyd bildet sich Calciumhalogenid (z. B. Calciumchlorid), das sich dann als wasserlöslicher Stoff im Filtrat befindet und in salpetersaurer Lösung mit Silbernitrat einen Niederschlag von Silberhalogenid ergibt.

Kettenkohlenwasserstoffe und ihre Abkömmlinge

Gesättigte Kohlenwasserstoffe

Versuch 255: Darstellung und Zusammensetzung von Methan

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Darstellung und Eigenschaften des Methans kennenlernen sowie Kohlenstoff und Wasserstoff als Bestandteile nachweisen.

Ausführung a

Geräte: Grundgerät 7, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Becherglas, Tropfpipette, kleines Reagenzglas

Chemikalien: Aluminiumcarbid, konzentrierte Natronlauge, Baryt- oder Kalkwasser, Wasser

Ausführung b

Geräte: wie bei Ausführung a, jedoch das Gasableitungsrohr so gebogen, daß sich das Reagenzglas A waagrecht einspannen läßt, aber Bunsenbrenner, Stativ, Reibschale mit Pistill

Chemikalien: wasserfreies Natriumacetat¹⁾, trockener Natronkalk, Baryt- oder Kalkwasser

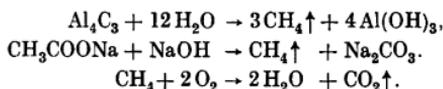
Ausführung a. In ein Reagenzglas gibt man 1 g gepulvertes Aluminiumcarbid, versetzt es mit 3 bis 4 ml Wasser und schüttelt gut durch. Um das Schäumen des Gemisches zu verhindern, gibt man etwas Lauge zu. Nun wird schwach erwärmt. Dabei setzt Gasentwicklung ein. Man prüft das Gas auf Farbe und Geruch, fängt es im Reagenzglas pneumatisch auf und entzündet es. Die Wand des Reagenzglases ist zu beobachten. Anschließend gibt man mit der Pipette wenig Baryt- oder Kalkwasser in das Reagenzglas, schüttelt um, so daß die Innenwand benetzt wird, und hält es nochmals über die Flamme.

Ausführung b. Je 2 g Natriumacetat und Natronkalk werden gut zusammen verrieben und in das Reagenzglas gefüllt. Durch leichtes Klopfen des waagrecht gehaltenen Glases auf den Tisch wird ein Luftkanal über der Mischung erzeugt. Nach Einspannen an das Stativ wird das Reagenzglas kräftig erhitzt. Dann wird wie bei Ausführung a verfahren.

¹⁾ Darstellung von wasserfreiem Natriumacetat:

In einer Eisenschale wird Natriumacetat erhitzt. Es schmilzt und gibt dabei Wasserdampf ab. Ist sämtliches Wasser verdampft, so erstarrt das Salz. Man erhitzt weiter, bis die Substanz erneut geschmolzen ist. Anschließend wird sie noch warm gepulvert und in einer luftdicht schließenden Flasche aufbewahrt.

Auswertung. Aus dem Reagenzglas entweicht ein farbloses, geruchloses und brennbares Gas, das Methan. Das Beschlagen des Reagenzglases mit Wassertröpfchen zeigt Wasserstoff an, die Trübung der Baryt- oder Kalkwassertröpfchen Kohlendioxyd, dessen Kohlenstoff aus dem Gas stammt:



Die zweite Reaktion beweist gleichzeitig das Vorhandensein einer Methylgruppe im Natriumacetat.

Weiterführung des Versuches. Das entstandene Carbonat in der Ausführung b läßt sich durch Zugeben von verdünnter Salzsäure nachweisen. Unter Aufbrausen entweicht Kohlendioxyd. Diese Reaktion zeigt das Ausgangsgemisch nicht.

Versuch 256: Brennbarkeit von Methan—Luft-Gemischen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen den Begriff Explosionsgrenze ableiten.

Geräte: Grundgerät 7, vier Reagenzgläser mit Stopfen, Reagenzglashalter oder Stativ mit Muffe und Klemme, Spiritusbrenner, Spatel
Chemikalien: Aluminiumcarbid, konzentrierte Natronlauge, Wasser

Ausführung. Zwei Reagenzgläser werden pneumatisch vollständig, das dritte zu einem Zehntel und das vierte zur Hälfte mit Methan gefüllt. Mit nach unten gerichteter Mündung läßt man aus dem dritten und vierten Reagenzglas das restliche Wasser abfließen und Luft einströmen. Das zuerst gefüllte Glas wird nicht untersucht, da es unbekannte Mengen Luft enthält. Die übrigen Gläser werden mit Stopfen verschlossen. Dann hält man sie der Reihe nach mit nach unten gerichteter Mündung an die Flamme.

Auswertung. Das Methan im zweiten Glas und das Methan—Luft-Gemisch im Reagenzglas 4 brennen ruhig ab, während das Gemisch im dritten Glas verpufft. Die Explosionsgrenze von Methan—Luft-Gemischen liegt zwischen einem Methangehalt von 5,4% und 14,02% Methan (Schlagwetterexplosionen!).

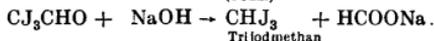
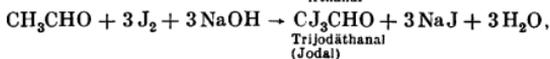
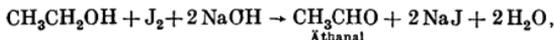
Versuch 257: Darstellung von Trijodmethan (Jodoform)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen ein Alkylhalogenid darstellen und die Jodoformprobe auf Äthanol (Äthanolnachweis) kennenlernen.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Becherglas, Tropfpipette, Spiritusbrenner
Chemikalien: 96%iges Äthanol, verdünnte Natronlauge, Jod-Kaliumjodid-Lösung, Wasser

Ausführung. 1 ml Äthanol wird im Reagenzglas mit der gleichen Menge Natronlauge vermischt. Nun fügt man 5 ml Wasser und dann tropfenweise so lange Jod-Kaliumjodid-Lösung hinzu bis eine schwache Gelbfärbung erscheint. Ein Tropfen Lauge entfärbt die Lösung wieder. Nun wird schwach erwärmt. Dabei färbt sich die Flüssigkeit erneut gelb, und der Geruch nach Trijodmethan tritt auf. Zum Abkühlen stellt man die Lösung in das mit Wasser gefüllte Becherglas.

Auswertung. Bei der Umsetzung von Jod mit Äthanol entsteht Trijodmethan, das gelbe Kristalle bildet und einen charakteristischen Geruch besitzt. Diese Reaktion dient häufig als Nachweis von Äthanol. Sie ist jedoch nicht spezifisch, da sie unter anderem auch mit Äthanal (Acetaldehyd) und Propanon (Aceton) erfolgt:



Versuch 258: Nachweis von Chlor im Trichlormethan (Chloroform)

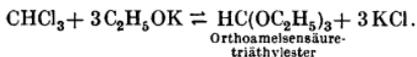
Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Chlor in Trichlormethan nachweisen und erkennen, daß die Trichlormethanmoleküle nicht dissoziiert sind.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Tropfpipette

Chemikalien: Trichlormethan, gesättigte Natriumcarbonatlösung, Silbernitratlösung, konzentrierte alkoholische Kalilauge, destilliertes Wasser

Ausführung. 1 ml Trichlormethan wird in einem Reagenzglas mit etwa 10 ml Sodalösung geschüttelt, um vorhandene Spuren von Salzsäure zu beseitigen. Man dekantiert und wäscht noch zweimal in der gleichen Weise mit destilliertem Wasser nach. Nun fügt man einen Tropfen Silbernitratlösung hinzu. In das zweite Reagenzglas gibt man 1 ml Trichlormethan und 3 ml alkoholische Kalilauge. Ein weißer Niederschlag scheidet sich ab, die Lösung erwärmt sich stark und beginnt schließlich zu sieden. Man läßt abkühlen und den Niederschlag absetzen. Dann wird dekantiert. Den weißen Rückstand löst man in Wasser und gibt zur klaren Flüssigkeit einen Tropfen Silbernitratlösung.

Auswertung. Mit Trichlormethan bildet Silbernitrat keinen Niederschlag, da keine freien Chloridionen vorhanden sind. Erst wenn das Trichlormethan durch Kalilauge gespalten wird, entstehen nachweisbare Chloridionen:



Abwandlung des Versuches. Anstelle von Trichlormethan kann auch Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff) verwendet werden.

Ungesättigte Kohlenwasserstoffe

Versuch 259: Darstellung von Äthen (Äthylen) aus Äthanol (Äthylalkohol)

Ziel des Versuches. Es soll Äthen dargestellt sowie seine Brennbarkeit und sein ungesättigter Charakter nachgewiesen werden.

Ausführung a

Geräte: Grundgerät 7 mit einem nahe dem Stopfen stumpfwinklig gebogenen Gasableitungsrohr, Reagenzglas, Stativ, Spiritusbrenner
Chemikalien: Äthanol (Brennspritus), konzentrierte Schwefelsäure, Bromwasser oder Baeyers Reagenz¹⁾

Ausführung b

Geräte: wie in Ausführung a, aber bei Grundgerät 7 größeres Reagenzglas A (20 mm × 180 mm) und nahe dem Stopfen nicht gebogenes Gasableitungsrohr, Bunsenbrenner mit Schlitzaufsatz, Glaswolle, Tropfpipette
Chemikalien: Äthanol (Brennspritus), gekörnter Bimsstein, Aluminiumoxyd, Sand, Bromwasser oder Baeyers Reagenz¹⁾

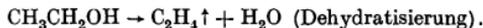
Ausführung a. Einige Milliliter einer Mischung aus 30 ml Äthanol und 60 ml Schwefelsäure werden im schräg eingespannten Reagenzglas langsam auf etwa 150 °C erhitzt. Das entweichende Gas wird pneumatisch im Reagenzglas aufgefangen. Dieses verschließt man mit dem Daumen und gibt die Mündung an der Flamme des Brenners frei. Danach ist das Gasableitungsrohr auf das eingespannte Reagenzglas zu setzen und das Gas in ein Glas mit Bromwasser oder Baeyers Reagenz einzuleiten.



Beim Mischen der Substanzen ist besonders vorsichtig zu arbeiten. Die Schüler müssen dabei unbedingt Schutzbrillen tragen. Zweckmäßig stellt der Lehrer die Mischung vor dem Unterricht her.

Ausführung b. Das Reagenzglas A wird 3 bis 4 cm hoch mit Sand gefüllt, der mit Äthanol durchfeuchtet wird. Man spannt das Glas waagrecht an das Stativ und legt vor den Sand zwischen Glaswollebüchse eine 4 cm lange Schicht des Katalysators, auf Bimsstein niedergeschlagenes Aluminiumoxyd. Nach Aufsetzen des Stopfens mit dem Rohr wird der Katalysator kräftig erhitzt und danach das Äthanol durch Fächeln der Flamme zum Sieden gebracht. Im weiteren verfährt man wie bei Ausführung a.

Auswertung. Äthen kann aus Äthanol durch Wasserentzug mittels Schwefelsäure oder durch katalytische Wasserabspaltung mittels Aluminiumoxyd dargestellt werden:



Äthen ist ein farbloses Gas. Es brennt mit leuchtender Flamme. Da es eine Doppelbindung enthält, wird Bromwasser entfärbt.

¹⁾ Herstellung von Baeyers Reagenz:

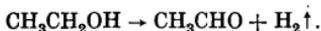
Lösung I: 1 g Kaliumpermanganat zu 100 g in Wasser gelöst.

Lösung II: 10 g Natriumcarbonat zu 100 g in Wasser gelöst.

Zum Versuch wird ein Gemisch aus gleichen Teilen hergestellt.

Weiterführung des Versuches. Kohlenstoff und Wasserstoff können im Äthen wie in Versuch 255 nachgewiesen werden.

Abwandlung des Versuches. Wird Kupferdraht, Silberdraht oder Zinkoxyd als Katalysator verwendet, tritt eine Dehydrierung des Äthanols ein:



Das entstehende Äthanal läßt sich mit ammoniakalischer Silbernitratlösung oder Schiffs Reagenz¹⁾ (fuchsin-schweflige Säure) nachweisen. Die Abwandlung des Versuches kann als Hinweis auf die Lenkungsmöglichkeit einer Reaktion durch verschiedenartige Katalysatoren dienen.

Versuch 260: Nachweis des ungesättigten Charakters von Äthin (Acetylen)

Ziel des Versuches. Die Mehrfachbindung im Äthin soll nachgewiesen werden.

Geräte: *Kristallisierschale, Reagenzglas, Stopfen, Tropfpipette*

Chemikalien: *Calciumcarbid, Bromwasser oder Baeyers Reagenz²⁾, Phenolphthalein, Wasser*

Ausführung. Die Kristallisierschale wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Zum pneumatischen Auffangen des Gases setzt man wie üblich ein wassergefülltes Reagenzglas mit der Mündung nach unten hinein. Dann wirft man ein erbsengroßes Stück Calciumcarbid in das Wasser, fängt das sich entwickelnde Gas pneumatisch auf und verschließt das gefüllte Glas. Dazu gibt man rasch einige Milliliter Bromwasser oder Baeyers Reagenz, verschließt erneut und schüttelt um. Danach wird das Wasser in der Schale mit Phenolphthalein geprüft.

Auswertung. Die Lösung wird entfärbt. Weil Äthin Mehrfachbindungen enthält, kann es Brom addieren. Das Wasser in der Schale reagiert basisch:



Abwandlung des Versuches. Auf gleiche Weise können andere gasförmige Stoffe auf ihren ungesättigten Charakter geprüft werden (z. B. Äthen). Flüssigkeiten wie Autobenzin oder farbloses Nähmaschinenöl lassen sich prüfen, indem man 3 ml davon im Reagenzglas mit 2 ml Bromwasser versetzt und kräftig schüttelt.

¹⁾ Herstellung von Schiffs Reagenz (fuchsin-schwefliger Säure):

0,5 g Fuchsin werden in 250 ml Wasser gelöst und 10 ml einer etwa 38%igen Natriumhydrogensulfatlösung zugegeben. Nach 5 bis 10 Minuten fügt man 10 ml konzentrierte Salzsäure der Dichte 1,18 g/cm³ hinzu. Nach 1 bis 2 Stunden kann die Lösung verwendet werden.

²⁾ Herstellung siehe Fußnote Seite 222!

Versuch 261: Fraktionierte Destillation von Erdöl

Ziel des Versuches. Von den Schülern soll das Prinzip der fraktionierten Destillation erarbeitet und die Zusammensetzung des Erdöls kennengelernt werden.

Geräte: Grundgerät 11, statt Reagenzglas A 100-ml-Kolben mit doppelt durchbohrtem Stopfen, 2 rechtwinklig gebogene Glasrohre (eines mit einem 10 cm bis 15 cm langen Schenkel), Thermometer (bis etwa 400 °C), Stativ, Spiritusbrenner, Asbestplatte oder Konservendose ohne Deckel und Boden, 3 Reagenzgläser

Chemikalien: Erdöl (Rohöl), Wasser

Ausführung. Die Apparatur wird nach Abbildung 32 zusammengebaut. Das Becherglas füllt man zu zwei Dritteln mit kaltem

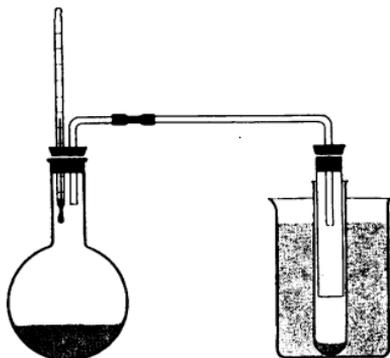


Abb. 32 Fraktionierte Destillation von Erdöl

Wasser. Höchstens 50 ml Rohöl werden anfangs vorsichtig, später stärker erhitzt und in die Vorlage überdestilliert. Die beim Überleiten noch nicht kondensierten Dämpfe berühren in dem engen Raum zwischen den beiden Reagenzgläsern unmittelbar die Kühlfläche und verflüssigen sich. Die Vorlage wird mehrmals gewechselt. Am besten fängt man 3 Fraktionen auf: bis 180 °C – Rohbenzin, bis 250 °C – Rohpetroleum und bis 350 °C – Dieselöl. Die

einzelnen Fraktionen sind auf Farbe und Geruch zu prüfen.¹⁾ Mit dem Spiritusbrenner erreicht man Temperaturen bis etwa 270 °C.

Auswertung. Erdöl ist ein Gemisch von flüssigen Kohlenwasserstoffen verschiedener Siedepunkte.

Weiterführung des Versuches. Der Nachweis von Kohlenstoff und Wasserstoff in den einzelnen Fraktionen kann nach Versuch 255 erfolgen. Die Säureraffination des Erdöls ist in Versuch 262 beschrieben.

Abwandlungen des Versuches. Mit dem Spiritusbrenner erreicht man in der oben verwendeten Apparatur mit Wärmeisolation durch Asbestplatte oder eine Konservendose Temperaturen bis 350 °C. Wird mit dem Bunsenbrenner gearbeitet, so können auch die über 350 °C siedenden Anteile von Schmieröl gewonnen werden.

Wenn kein Thermometer verfügbar ist, läßt sich der Versuch

¹⁾ Die Reinigung der Geräte ist unter anderem mit Tetrachlormethan möglich.

ebenso ausführen. Nur ist hier die Vorlage nach jeweils 2 bis 3 ml Destillat zu wechseln. — Man kann als Ausgangsmaterial auch Petroleum oder Schmieröl benutzen.

Versuch 262: Säureraffination von Erdölfraktionen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine Reinigungsmethode für Erdölfraktionen kennenlernen.

Geräte: 4 Reagenzgläser, Tropftrichter (50 ml), Meßzylinder (10 ml)

Chemikalien: Erdölfraktionen des Versuches 261 oder Rohöl, konzentrierte Schwefelsäure, verdünnte Natronlauge, Wasser

Ausführung. In dem Tropftrichter werden jeweils 5 ml der bei der Destillation von Erdöl aufgefangenen Fraktionen mit 3 ml Schwefelsäure geschüttelt. Nachdem sich die Schichten getrennt haben, läßt man die Schwefelsäure in ein Reagenzglas ab und wäscht anschließend mit Natronlauge und Wasser. Nach jedem Schütteln ist die Waschflüssigkeit abzutrennen. Man stellt ständig die Veränderungen fest. Zuletzt mißt man das Volumen des Raffinats.

Auswertung. Der Petroleumgeruch nimmt nach jedem Schütteln ab. Außerdem setzt sich ein dunkler Säureteer ab. Erdöl kann mit Schwefelsäure gereinigt werden. Dieses älteste Raffinationsverfahren wird heute nur noch bei bestimmten Erdölsorten durchgeführt, da der anfallende Säureteer, der die ungesättigten Kohlenwasserstoffe enthält, nicht verwertbar ist. Außerdem treten unvermeidliche Ölverluste auf, und der Schwefelsäureverbrauch ist sehr hoch.

Versuch 263: Eigenschaften von Benzin

Ziel des Versuches. In diesem Versuch sollen die folgenden Eigenschaften von Benzin erarbeitet werden: die Entflammbarkeit des Benzins, das Verhalten des Benzins gegenüber Wasser und Fetten, der Nachweis von ungesättigten Verbindungen und von Bleitetraäthyl im Benzin.

Geräte: 6 Reagenzgläser mit Stopfen, Filterpapier, Holzspan, Spiritusbrenner, Tropfpipette, Reagenzglasständer, Fettstift

Chemikalien: verbleites und unverbleites Autobenzin, Rindertalg (o. ä.), Speiseöl, Margarine oder Butter, Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff), Bromwasser, Kaliumchlorat, konzentrierte Salzsäure

Erster Teilversuch. Ein Reagenzglas wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt und der Wasserstand mit Fettstift markiert. Man gibt 2 ml Benzin hinzu, verschließt mit einem Stopfen, schüttelt um und läßt das Glas ruhig stehen.

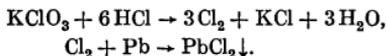
Zweiter Teilversuch. In drei weitere Reagenzgläser gibt man je etwas Rindertalg, Speiseöl und Margarine oder Butter, fügt je 3 ml Benzin hinzu, verschließt mit Stopfen und schüttelt kräftig. Ein Tropfen einer der Lösungen wird auf Filterpapier gebracht,

wobei allmählich das Lösungsmittel verdunstet. Man tropft erneut frisches Benzin hinzu und saugt die Flüssigkeit mit frischem Filterpapier ab.

Dritter Teilversuch. Wenig Benzin wird im Reagenzglas mit etwas Bromwasser geschüttelt.

Vierter Teilversuch. In ein Reagenzglas gibt man 10 bis 20 mg Kaliumchlorat, übergießt es mit 5 ml verbleitem Benzin und gibt ohne Schütteln 3 bis 5 Tropfen Salzsäure zu. Mit unverbleitem Benzin ist ein Parallelversuch auszuführen.

Auswertung. Die Trennungsfläche zwischen Benzin und Wasser hat sich nicht verschoben. Benzin löst sich nicht in Wasser, seine Dichte ist kleiner als 1 g/cm^3 . Rindertalg und Speiseöl ergeben klare Lösungen. Die Margarine- beziehungsweise Butterlösung ist getrübt, da beide Fette Wasser enthalten. Auf dem Filterpapier entsteht zuerst ein Fettfleck. Er kann durch Benzin wieder entfernt werden, denn Fette sind in Benzin löslich. Benzin enthält ungesättigte Verbindungen, die Brom addieren und damit das Bromwasser entfärben. Kaliumchlorat oxydiert Salzsäure zu Chlor, das sich mit Blei zu schwerlöslichem Bleichlorid umsetzt. Dies macht sich als Trübung bemerkbar:



Mit dieser Reaktion kann verbleites Benzin identifiziert werden.

Versuch 264: Viscositätsuntersuchung bei Schmierölen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Temperaturabhängigkeit der Viscosität kennenlernen.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Becherglas (400 ml), Dreifuß oder Stativ mit Ring, Spiritusbrenner

Chemikalien: Zylinderöl oder anderes, bei Raumtemperatur dickflüssiges Öl, Wasser

Ausführung. Im Becherglas wird Wasser zum Sieden erhitzt. Dann gibt man in die beiden Reagenzgläser gleiche Mengen Öl und stellt eines von ihnen in das siedende Wasser. Nach einigen Minuten werden die Zähflüssigkeiten (Viscositäten) des heißen und kalten Öls durch wiederholtes Neigen und Aufrichten der Gläser verglichen.

Auswertung. Heißes Zylinderöl ist dünnflüssiger als kaltes Öl gleicher Sorte. Beim Abkühlen wird das Öl wieder dickflüssig.

Weiterführung des Versuches. Das Ergebnis kann noch dadurch gestützt werden, daß man Öl in einem dritten Reagenzglas in ein Becherglas mit einer Kältemischung (vgl. Versuch 135, S. 121) setzt. Bringt man Öl in ein größeres Reagenzglas, taucht ein Thermometer hinein und kühlt das Glas in einer Kältemischung (z. B. Eis-Kochsalz), so kann der Stockpunkt bestimmt werden. Dies ist der Punkt, bei dem das Öl in den festen Zustand übergeht. Man beobachtet das Thermometer, nimmt jeweils nach dem Absinken der

Temperatur um 2 grd das Reagenzglas mit dem Öl heraus und neigt es zur waagerechten Lage. Der Stockpunkt ist erreicht, wenn während 10 Sekunden keine sichtbare Bewegung mehr auftritt.

Versuch 265: Untersuchung von Kerzenparaffin

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen den Schmelzpunkt von Kerzenparaffin selbst bestimmen.

Geräte: *Abdampfschale, Dreifuß oder Stativ mit Ring, Tondreieck, Thermometer (bis 100 °C), Spiritusbrenner*

Chemikalien: *Kerzenparaffin*

Ausführung. Man erhitzt ein 1 cm³ großes Stück einer Paraffinkerze bis zum Schmelzen und taucht das Thermometer in die Schmelze. Nachdem es die Temperatur der Flüssigkeit angenommen hat, wird es herausgezogen und in waagerechter Haltung langsam gedreht. Sobald der anhaftende Paraffintropfen die Umdrehung mitmacht, ist der Erstarrungspunkt erreicht. Die zugehörige Temperatur wird abgelesen.

Auswertung. Der Schmelzpunkt des Paraffins liegt zwischen 50 °C und 55 °C.

Versuch 266: Thermisches Cracken von Paraffinöl

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Grundprinzipien des Crackens erarbeiten.

Ausführung a

Geräte: *Grundgerät 5 a, Schenkel des Glasrohres etwa 4 cm lang und zur Spitze ausgezogen, 3 Reagenzgläser, Bunsenbrenner, Reagenzglashalter*

Chemikalien: *Paraffinöl (Nähmaschinenöl), Bromwasser oder Baeyers Reagenz¹⁾*

Ausführung b

Geräte: *Grundgerät 8 b, bei dem das kleine Winkelrohr durch ein zur Spitze ausgezogenes Glasrohr ersetzt ist, Reagenzglas mit einfach durchbohrtem Stopfen, Becherglas, Stativ, Spiritusbrenner*

Chemikalien: *wie bei Ausführung a*

Ausführung a. Das Paraffinöl wird durch kräftiges Schütteln mit Bromwasser zunächst auf Doppelbindungen geprüft. Die Probe muß negativ ausfallen. Es darf keine Entfärbung eintreten. Nun erhitzt man Paraffinöl im Grundgerät 5 a zum Sieden. Sobald man mit dem Brenner langsam zur Reagenzglasöffnung vordrückt und am Flüssigkeitsspiegel kräftig erhitzt, treten weiße Nebel (Crackgase) auf. Diese Dämpfe werden in ein Reagenzglas mit Nachweisreagenz geleitet. Dann entfernt man dieses Reagenzglas, dreht den Stopfen mit der Spitze nach oben und entzündet die Crackgase. Nach dem Erkalten des Paraffinölrück-

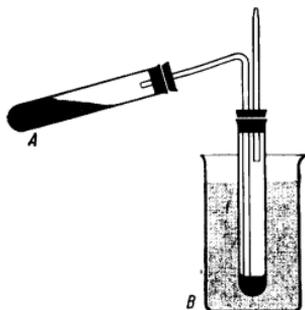
¹⁾ Herstellung siehe Fußnote Seite 222!

standes werden davon 2 ml abgegossen und mit Nachweisreagenz geschüttelt.



Vorsicht! Beim Vorrücken der Flamme zur Reagenzglasröhre besteht Brandgefahr!

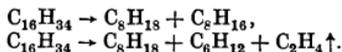
Abwandlung des Versuches. Man kann auch zwei Spiritusbrenner benutzen. In diesem Falle bringt man das Öl zunächst zum Sieden und erhitzt anschließend mit dem zweiten Brenner zusätzlich am Flüssigkeitsspiegel.



Ausführung b. Man setzt die Apparatur nach Abbildung 33 zusammen und arbeitet wie bei Ausführung a. Ein Teil der Crackgase kondensiert jedoch im Kühler B zu „Crackbenzin“.

Auswertung. Das aus gesättigten Kohlenwasserstoffen bestehende Paraffinöl läßt sich durch Erhitzen cracken. Die als Nebenprodukt auftretenden Crackgase sind im Gegensatz zum Ausgangsstoff („Crackstock“) leicht brennbar und enthalten wie der Ölrückstand und das kondensierte Crackbenzin ungesättigte Verbindungen:

Abb. 33 Cracken von Paraffinöl



Hinweis. Die relativ geringe Menge Crackgas, die bei der niedrigen Temperatur entsteht, brennt meist nicht allein weiter, sondern nur, wenn sich eine Flamme in unmittelbarer Nähe befindet.

Derivate der kettenförmigen Kohlenwasserstoffe

Versuch 267: Verbrennungsprodukte von Methanol (Methylalkohol)

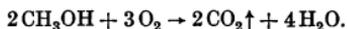
Ziel des Versuches. Kohlenstoff und Wasserstoff sollen als Bestandteile des Methanols nachgewiesen werden.

Geräte: hohes Becherglas, zwei Schälchen, die nur so groß sind, daß beide nebeneinander auf den Boden des Becherglases gestellt werden können, Glasplatte, Holzspan, Tropfpipette

Chemikalien: Methanol, Baryt- oder Kalkwasser

Ausführung. In ein Schälchen gibt man 2 ml Methanol, in das andere Barytwasser und stellt beide auf den Boden des Becherglases. Das Methanol wird mit einem brennenden Span entzündet und das Becherglas sofort mit der Glasplatte bedeckt.

Auswertung. Am oberen Rand des Becherglases scheiden sich Wassertröpfchen ab. Das Barytwasser trübt sich. Bei der Verbrennung von Methanol entstehen Wasser und Kohlendioxyd:



Abwandlung des Versuches. Der Versuch kann auch mit anderen brennbaren organischen Verbindungen durchgeführt werden, aber nur mit solchen, die ohne Rußbildung verbrennen.

Versuch 268: Verhalten von Methanol (Methylalkohol) gegenüber Wasser

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen das besondere Verhalten einer organischen Hydroxyverbindung kennenlernen.

Geräte: *Reagenzglas, Lackmuspapier*
Chemikalien: *Methanol, Wasser*

Ausführung. In einem Reagenzglas werden etwa 2 ml Methanol mit der gleichen Menge Wasser versetzt. Dann prüft man die Flüssigkeit mit Lackmuspapier.

Auswertung. Die beiden Flüssigkeiten mischen sich sofort. Methanol und Wasser sind in jedem Verhältnis mischbar. Die entstandene Lösung reagiert neutral, da Methanol nicht in Ionen dissoziiert. Damit zeigt Methanol CH_3OH ein von den anorganischen Hydroxyverbindungen unterschiedliches Verhalten.

Analoge Versuche. Der Versuch kann mit anderen Alkanolen wiederholt werden. Als Indikator läßt sich auch Phenolphthalein verwenden.

Versuch 269: Lösevermögen von Methanol (Methylalkohol)

Ziel des Versuches. Es soll das Lösevermögen von Methanol gegenüber Fetten gezeigt werden.

Geräte: *3 Reagenzgläser, Glasstab, Spiritusbrenner, Tropfpipette, Reagenzglasständer*
Chemikalien: *Methanol, Wasser, Schweinefett oder Rindertalg, Rapsöl*

Ausführung. In ein Reagenzglas wird mit einem Glasstab eine kleine Menge Speisefett (etwa eine halbe Erbsengröße), in ein zweites Glas etwa die gleiche Menge Rapsöl eingetragen. Dann fügt man zu beiden Proben je 2 ml Methanol hinzu und schüttelt, wobei die Gläser leicht zu erwärmen sind. Anschließend gießt man die klare Flüssigkeit vom ungelösten Fett in ein trockenes Reagenzglas ab und setzt tropfenweise Wasser zu.

Auswertung. Fette und fette Öle lösen sich etwas in Methanol. Die Löslichkeit steigt mit der Temperatur. Bei Wasserzusatz sinkt das Lösevermögen des Methanols; Fett wird ausgeschieden und verursacht eine Trübung.

Versuch 270: Nachweis von Wasser in Äthanol (Äthylalkohol)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen verschiedene Reagenzien zum Nachweis von Wasser in Alkohol kennenlernen.

Geräte: 4 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Tropfpipette
Chemikalien: wasserhaltiges Äthanol (Brennspiritus), Kupfer(II)-sulfat, Calciumcarbid, Kobalt(II)-chloridlösung¹⁾, Filterpapier, Benzol

Ausführung. Einige kleine Kupfersulfatkristalle werden im Reagenzglas durch Erhitzen entwässert. Nach dem Erkalten gibt man etwa 2 ml Äthanol hinzu. Nun fügt man zu der gleichen Menge Äthanol ein kleines Stück Calciumcarbid. Hierbei treten Gasblasen auf.²⁾ Anschließend wird wenig Kobalt(II)-chloridlösung in ein Reagenzglas gefüllt, Filterpapierstreifen hineingetaucht und diese dann über kleiner Flamme getrocknet. Die Färbung muß gleichmäßig blau sein. Dann bringt man auf einen Streifen einen Tropfen wasserhaltiges Äthanol und beobachtet die Farbe. Schließlich wird etwas Äthanol im Reagenzglas mit der gleichen Menge Benzol geschüttelt.

Auswertung. Durch Aufnahme von Kristallwasser färbt sich das entwässerte, weiße Kupfersulfat blau. Es ist ein empfindliches Reagenz auf Wasser in Alkohol.

Auch mit Calciumcarbid läßt sich das Wasser im Äthanol nachweisen, es entsteht dabei Äthin:



Mit Kobalt(II)-chlorid getränktes, getrocknetes Papier färbt sich durch Wasseraufnahme blaßrosa.

Da sich Wasser und Benzol nicht mischen, tritt eine Trübung auf, wenn Äthanol mehr als 5% Wasser enthält.

Analoge Versuche. Kaliumpermanganat ist in Äthanol unlöslich, im Wasser aber leicht löslich. Man kann daher zum Vergleich zwei Proben absoluten und wasserhaltigen Äthanols mit einigen Permanganatkristallen versetzen. Bei Anwesenheit von Wasser färbt sich die Lösung beim Umschütteln rosa. Die Farbintensität nimmt mit dem Wassergehalt zu. Deshalb können auch Äthanol-Wasser-Gemische verschiedener Zusammensetzung geprüft werden.

Versuch 271: Äthanol als Lösungsmittel

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß Äthanol ein Lösungsmittel für verschiedene wasserunlösliche Stoffe ist.

Geräte: 6 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel
Chemikalien: Harz (Kolophonium), Schellack, kristallines Phenolphthalein, Äthanol (Brennspiritus), Wasser

Ausführung. In jeweils ein Reagenzglas gibt man zu einer Spatelspitze Harz, Schellack und Phenolphthalein etwa 2 ml Äthanol und

¹⁾ Die Lösung soll 0,5 g Kobalt(II)-chlorid in 200 ml Wasser enthalten.

²⁾ Diese Erscheinung soll von den Schülern gedeutet werden.

schüttelt kräftig. Anschließend werden Vergleichsproben durchgeführt, bei denen man die Löslichkeit der Substanzen in Wasser prüft.

Auswertung. Äthanol ist ein Lösungsmittel für viele Stoffe, die in Wasser unlöslich sind.

Hinweis. Die entstehenden Phenolphthaleinlösungen sind zur weiteren Verwendung aufzubewahren.

Analoge Versuche. Gleiche Untersuchungen können mit Methanol oder Propanol durchgeführt werden.

Versuch 272: Verhalten von Äthanol (Äthylalkohol) gegenüber Wasser

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß sich Äthanol gegenüber Wasser ähnlich wie Methanol verhält.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Meßzylinder (10 ml), Reagenzglasständer
Chemikalien: Äthanol (Brennspiritus), Lackmuspapier, Wasser

Ausführung. In drei Reagenzgläser werden mit einem Meßzylinder folgende Flüssigkeitsmengen eingefüllt: in das erste 3 ml Äthanol und 4 ml Wasser, in das zweite 4 ml Äthanol und 3 ml Wasser und in das dritte 5 ml Äthanol und 2 ml Wasser. Dabei wird so vorgegangen, daß zuerst alle Äthanolmengen und dann erst das Wasser abgemessen werden. Nun prüft man die Flüssigkeiten mit Lackmus.

Auswertung. Bei allen angegebenen Mischungsverhältnissen bilden sich klare Lösungen. Äthanol ist in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar. Die entstandenen Lösungen reagieren neutral, da Äthanol (ebenso wie Methanol) nicht in Ionen dissoziiert.

Versuch 273: Brennbarkeit wäßriger Äthanol- (Äthylalkohol-) Lösungen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß nur Äthanollösungen bestimmter Konzentrationen brennbar sind.

Geräte: kleine Porzellanschale, Zündhölzer, Holzspan
Chemikalien: 3 Mischungen aus Versuch 272

Ausführung. Man gießt nacheinander die Äthanol-Wasser-Gemische aus Versuch 272 in eine kleine Porzellanschale und stellt fest, welche Flüssigkeiten brennbar sind.

Auswertung. Äthanol-Wasser-Gemische sind dann brennbar, wenn sie über 50% Äthanol enthalten.

Versuch 274: Nachweis von Äthanol (Äthylalkohol) in Vergaserkraftstoffen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß Äthanol ein Bestandteil der Vergaserkraftstoffe sein kann.

Geräte: 3 Reagenzgläser

Chemikalien: Benzin, Äthanol (Brennspiritus), äthanolhaltiger Treibstoff, Kopierstift

Ausführung. In ein Reagenzglas gibt man 3 ml Benzin, in das zweite 3 ml Brennspiritus und in das dritte 3 ml äthanolhaltigen Vergaserkraftstoff und taucht einen Kopierstift in die Flüssigkeiten.

Auswertung. Der Farbstoff des Kopierstiftes (meist Methylviolett) löst sich zwar in Äthanol, aber nicht in Benzin. Dieses bleibt daher farblos. Äthanol und der äthanolhaltige Vergaserkraftstoff färben sich violett.

Versuch 275: Nachweis von Propantriol (Glycerin)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Propantriol in fetten Ölen nachweisen.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Tropfpipette, Stativ, Schutzbrille

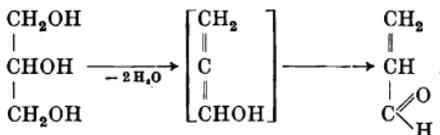
Chemikalien: Propantriol (Glycerin), Kaliumhydrogensulfat, fettes Öl

Ausführung. Das senkrecht eingespannte Reagenzglas wird 3 cm hoch mit Kaliumhydrogensulfat gefüllt und erhitzt. Nachdem sich eine klare Schmelze gebildet hat, gibt man einige Tropfen Propantriol vorsichtig hinzu. Nun wird weiter erhitzt und der Geruch geprüft. Man wiederholt den Versuch und verwendet statt des Propantriols etwas Öl.



Beim Zutropfen kann die heiße Substanz leicht herauspritzen. Es ist daher mit der nötigen Vorsicht zu arbeiten.

Auswertung. Kaliumhydrogensulfat wirkt auf Propantriol wasserentziehend. Es entsteht das stechend riechende Propenal (Acrolein):



Diese Reaktion kann zum Nachweis für Propantriol dienen. Fett enthält ebenfalls Propantriol.

Versuch 276: Löslichkeit von Propantriol (Glycerin) in Wasser und Benzin

Ziel des Versuches. Es soll der Zusammenhang zwischen Löslichkeit und chemischer Ähnlichkeit von Lösungsmittel und gelöstem Stoff gezeigt werden.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Stopfen

Chemikalien: Propantriol, Benzin, Wasser

Ausführung. Man gibt in beide Reagenzgläser je 1 ml Wasser beziehungsweise Benzin und fügt je 1 ml Propantriol hinzu. Das Reagenzglas mit dem Benzin ist mit dem Stopfen zu verschließen. Beide Gläser werden geschüttelt, und die Löslichkeit wird festgestellt.

Auswertung. Propantriol löst sich im Wasser auf. Die Löslichkeit in Benzin ist geringer. Durch die Häufung von Hydroxylgruppen hat Propantriol stark „wasserähnlichen“ Charakter. Das trifft für Benzin, ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen, nicht zu.

Analoge Versuche. Gleiche Versuche können auch mit anderen Alkanolen durchgeführt werden. Beim Vergleich von Methanol und Pentanol läßt sich der Einfluß der Größe des Kohlenwasserstoffrestes auf die Löslichkeit zeigen. Methanol läßt sich mit Wasser in jedem Verhältnis mischen. Die längere Kohlenstoffkette verstärkt den Paraffincharakter des Pentanols. Deshalb ist seine Wasserlöslichkeit gering.¹⁾

Versuch 277: Metallkitt aus Propantriol (Glycerin)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Herstellung eines Kittes aus Propantriol kennenlernen.

Geräte: Abdampfschale, Spatel, Papier

Chemikalien: Propantriol, Blei(II)-oxyd, Wasser

Ausführung. In der Abdampfschale werden kleine Mengen Propantriol und Blei(II)-oxyd mit wenigen Tropfen Wasser zu einem dicken Brei verknetet. Der Brei wird auf Papier gegeben und bleibt an der Luft liegen.

Auswertung. Nach etwa einer halben Stunde ist der Kitt fest geworden.

Abwandlung des Versuches. Es ist möglich, die feste Kittmasse anschließend mit verdünnter Säure und Lauge zu behandeln, um die Beständigkeit festzustellen.

Hinweis. Abdampfschale und Spatel müssen nach der Benutzung sofort gesäubert werden. Das Kneten darf nur mit dem Spatel, nicht mit den Fingern erfolgen. 

Versuch 278: Oxydation von Methanol (Methylalkohol) zu Methanal (Formaldehyd)

Ziel des Versuches. Das Oxydationsprodukt von Methanol soll nachgewiesen und der Redoxbegriff gefestigt werden.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Bleistift, Tiegelzange, Spiritusbrenner, Tropfpipette

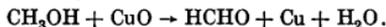
Chemikalien: Methanol, mittelstarker Kupferdraht oder eine Rolle aus Kupferdrahtnetz, Schiffs Reagenz²⁾ (juchsinchweflige Säure)

¹⁾ Es ist auch möglich, in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise Reihenversuche mit verschiedenen Alkanolen, Fettsäuren oder ähnlichem durchzuführen.

²⁾ Herstellung siehe Fußnote Seite 223!

Ausführung. Der Kupferdraht wird um den Bleistift zu einer engen Spirale aufgewickelt. Diese Kupferwendel wird zum Glühen erhitzt, wobei das Kupfer oberflächlich oxydiert. Noch glühend, führt man sie in das Reagenzglas, das 2 ml Methanol enthält. Die Reaktion verläuft am besten dicht über der Flüssigkeitsoberfläche, wo gasförmiges Methanol mit dem Kupfer(II)-oxyd reagieren kann. Der Geruch der entstehenden Dämpfe wird geprüft. Dann gibt man einige Tropfen Schiffs Reagenz in das Reagenzglas und schüttelt.

Auswertung. Der schwarze Überzug von Kupfer(II)-oxyd wird zu blankem Kupfer reduziert. Das Methanol wird durch Kupfer(II)-oxyd zu Methanal oxydiert, das am Geruch zu erkennen ist:



Das Methanal läßt sich mit einigen Tropfen Schiffs Reagenz durch violette Färbung nachweisen.

Abwandlung des Versuches. Das Methanol kann auch im Reagenzglas vorsichtig zum Sieden erhitzt werden. Die glühende Kupferspirale hält man in die Dämpfe.

Versuch 279: Alkanal- (Aldehyd-) nachweise

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen verschiedene Nachweisreaktionen für Alkanale kennenlernen.

Geräte: 4 Reagenzgläser, Dreifuß oder Stativ mit Ring, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Spiritusbrenner, 3 Tropfpipetten, Kristallschale

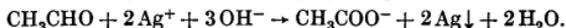
Chemikalien: Methanallösung (Formalin), Äthanal (Acetaldehyd), Fehlingsche Lösung I und II, ammoniakalische Silbernitratlösung¹⁾, Wasser

Ausführung. Man bringt in zwei sorgfältig gereinigte Reagenzgläser einige Milliliter ammoniakalische Silbernitratlösung. Die eine Lösung versetzt man mit 2 bis 3 Tropfen Methanallösung, die andere mit der gleichen Menge Äthanal. Es ist vorsichtig im Wasserbad von etwa 50 °C zu erwärmen. Sodann mischt man in 2 Reagenzgläsern jeweils 1 ml Fehlingsche Lösung I mit 1 ml Fehlingscher Lösung II. Zu der tiefblauen Flüssigkeit fügt man in dem einen Reagenzglas etwa 5 Tropfen Methanal, zu der im anderen die gleiche Menge Äthanal hinzu und erhitzt zum Sieden.²⁾



Vorsicht, Gefahr des Spritzens, Siedeverzug!

Auswertung. Alkanale können wegen ihres starken Reduktionsvermögens auf diese Art nachgewiesen werden. Aus ammoniakalischer Silbernitratlösung wird ein Silber Spiegel abgeschieden:



¹⁾ Zur Herstellung von ammoniakalischer Silbernitratlösung löst man 1 g Silbernitrat in 3 ml Wasser, gibt 10 ml wäßriger Ammoniaklösung und eine Lösung von 1 g Natriumhydroxyd in 10 ml Wasser hinzu. Die Lösung ist in braunen Flaschen mit Kork- (bzw. Gummi-) stopfen aufzubewahren.

²⁾ Es kann getrennt-gemeinschaftlich gearbeitet werden.

Die Kupfer(II)-Ionen des Kupferartratkomplexes in der Fehling'schen Lösung werden zu Kupfer(I)-Ionen reduziert. Ein gelbbrauner Niederschlag von Kupfer(I)-Oxyd fällt aus. Zuweilen entsteht auch ein Kupferspiegel durch Reduktion zu metallischem Kupfer. Das Alkanal wird dabei zur Säure oxydiert. Die Reaktion ist jedoch nicht spezifisch, da sie auch von anderen reduzierenden Stoffen, beispielsweise von einigen Kohlenhydraten, gegeben wird (vgl. Versuch 329).

Versuch 280: Unterscheidung von Methanal (Formaldehyd) und Äthanal (Acetaldehyd)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine Reaktion zur Unterscheidung von Methanal und Äthanal kennenlernen.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Tropfpipette

Chemikalien: Schiffs Reagenz¹⁾ (Fuchsin-schweflige Säure), Methanallösung (Formalin), Äthanal, konzentrierte Salzsäure

Ausführung. In die beiden Reagenzgläser werden je etwa 2 ml Schiffs Reagenz gegeben. Zu der einen Lösung fügt man einige Tropfen Methanallösung, zu der anderen einige Tropfen Äthanal hinzu. Danach sind die Proben mit 1 bis 2 ml Salzsäure zu versetzen.

Auswertung. Beide Alkanale ergeben zunächst mit Schiffs Reagenz eine violette Färbung. Wird Salzsäure zugegeben, färbt sich die Methanalprobe etwas dunkler. Die Farbe der Äthanalprobe schlägt nach gelb um.

Versuch 281: Darstellung von Methansäure (Ameisensäure) durch Oxydation von Methanal (Formaldehyd)

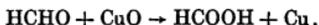
Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß sich Methanal zu Methansäure oxydieren läßt, deren saure Reaktion mit Lackmusfarbstoff nachgewiesen werden kann.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Bleistift, Tiegelzange, Spiritusbrenner, mittelstarker Kupferdraht oder Kupferdrahtnetzrolle

Chemikalien: Methanal, blaues Lackmuspapier

Ausführung. Man bringt in das Reagenzglas 2 ml Methanal und klebt einen Streifen feuchtes Lackmuspapier an die Wandung des Glases. Der glühende Kupferdraht ist mehrmals in die Flüssigkeit zu tauchen.

Auswertung. Nach kurzer Zeit färbt sich das Lackmuspapier rot, Methanal ist zu Methansäure oxydiert worden:



Abwandlung des Versuches. Man kann auch Methanol verwenden.

¹⁾ Herstellung siehe Seite 223!

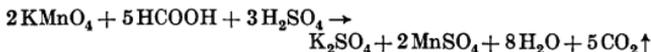
Versuch 282: Reduktionswirkung der Methansäure (Amelsensäure)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Sonderstellung der Methansäure innerhalb der Alkansäuren wegen ihrer reduzierenden Eigenschaft erkennen.

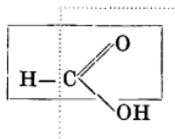
Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Tropfpipette
Chemikalien: konzentrierte Methansäure, 10%ige Schwefelsäure, 1%ige Kaliumpermanganatlösung

Ausführung. Man gibt in ein Reagenzglas 1 ml Methansäure, 1 ml Schwefelsäure und 10 Tropfen Kaliumpermanganatlösung. Dann erwärmt man das Glas.

Auswertung. Die Permanganatlösung entfärbt sich. Gleichzeitig ist eine Gasentwicklung zu beobachten:



Die Methansäure reduziert das Kaliumpermanganat zu fast farblosem Mangan(II)-sulfat und wird dabei selbst zu Kohlendioxyd und Wasser oxydiert. Die Struktur der Methansäure zeigt, daß sie sowohl die Carboxylgruppe als auch die Alkanalgruppe enthält. Neben Säureeigenschaften hat sie deshalb auch typische Eigenschaften der Alkanale.



Abwandlung des Versuches. Aus ammoniakalischer Silbernitratlösung läßt sich mit Methansäure ein Silberspiegel abscheiden. Das entweichende Kohlendioxyd kann mit Kalk- oder Barytwasser nachgewiesen werden.

Versuch 283: Darstellung von Äthansäure (Essigsäure) und Methanol (Methylalkohol)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Zersetzungsprodukte der trockenen Destillation des Holzes kennenlernen.

Geräte: Becherglas, Grundgerät 8b, dessen kurzes Glasrohr durch eine Glasrohrspitze ersetzt ist, Reagenzglas mit durchbohrtem Stopfen, Grundgerät 11, Stativ mit Ring, Asbestdrahtnetz, Stopfen mit 20 cm langem Steigrohr, das zur Spitze ausgezogen ist, Spiritusbrenner
Chemikalien: Sägemehl, Lackmuspapier, Kalkmilch, konzentrierte Schwefelsäure, Wasser, möglichst Eiswasser (Eis oder Schnee in Wasser, oder Kältemischung nach Versuch 135, S. 121)

Ausführung. Der Versuchsaufbau geht aus Abbildung 32 hervor. Das Holz erhitzt man im Reagenzglas und entzündet die entstehenden Gase nach dem Entweichen der Luft am Gasableitungsrohr. Die Vorlage ist am besten mit Eiswasser zu kühlen.

Weiterführung des Versuches. Der wäßrige Teil des Destillates wird in das Reagenzglas A des Grundgerätes 11 gegossen und mit Lackmus geprüft. Man neutralisiert die Flüssigkeit mit Kalkmilch (Lackmus!), verschließt das Reagenzglas mit dem Stopfen und Steigrohr

und erhitzt. Die entweichenden Gase entzündet man nach 2 Minuten am Steigrohr. Der Rückstand wird vorsichtig zur Trockne eingedampft und nach dem Abkühlen mit wenig Schwefelsäure übergossen. Das Reagenzglas schließt man an den Kühler des Grundgerätes 11 an und erhitzt die Mischung. In der Vorlage sammelt sich eine klare Flüssigkeit, die mit Lackmus geprüft und deren Geruch festgestellt wird.

Auswertung. Die trockene Destillation des Holzes ergibt: brennbare Gase, die hauptsächlich aus Methan und Wasserstoff bestehen; das Destillat, das aus einer wäßrigen Schicht und Holzteer besteht; sowie Kohlenstoff als Rückstand.

Das wäßrige Destillat reagiert sauer. Neutralisiert man es mit Kalkmilch, so kann das vorhandene Methanol ausgetrieben werden, das an der Spitze des Steigrohres mit farbloser Flamme (manchmal durch Natrium des Glases gelb gefärbt) verbrennt.

Der trockene Rückstand besteht hauptsächlich aus Calciumacetat („Graukalk“), aus dem die Äthansäure durch Schwefelsäure freigesetzt werden kann. Sie läßt sich nach dem Austreiben mit Lackmus und durch den Geruch erkennen.

Versuch 234: Vergleich der Löslichkeit von Alkansäuren

Ziel des Versuches. Die Löslichkeit von niederen, mittleren und höheren Alkansäuren in Wasser, Äthanol und Benzol soll verglichen und der Einfluß des Kohlenwasserstoffrestes erkannt werden. Der Versuch soll die Festigung des Begriffs homologe Reihe unterstützen.

Geräte: 9 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel

Chemikalien: konzentrierte Äthansäure (Essigsäure), mittlere Alkansäure, beispielsweise Butan- oder Pentansäure (Butter- oder Valeriansäure), höhere Alkansäure, Äthanol, Benzol, Wasser

Ausführung. In 3 Reagenzgläser gibt man jeweils 2 ml Äthansäure und versetzt eines mit 2 ml Wasser, das andere mit 2 ml Äthanol, das dritte mit 2 ml Benzol. Man schüttelt kräftig und läßt die Gläser einige Zeit im Reagenzglasständer stehen. In gleicher Weise werden die mittleren und höheren Alkansäuren untersucht.

Auswertung. Von den drei Lösungsmitteln ist das Benzol ein reiner Kohlenwasserstoff. Äthanol nimmt eine Mittelstellung zwischen Wasser und Benzol ein, da es einen hydrophilen Teil (Hydroxylgruppe) und einen hydrophoben (Alkylgruppe) enthält. Die Äthansäure mit dem sehr stark hydrophilen Charakter durch das Überwiegen des Einflusses der Carboxylgruppe löst sich in Wasser und Äthanol leicht, in Benzol nicht. Die höhere Alkansäure mit einem sehr großen Kohlenwasserstoffrest ist demgegenüber in Wasser unlöslich, in Äthanol teilweise löslich und in Benzol leicht löslich. Die mittlere Alkansäure nimmt eine Zwischenstellung ein.¹⁾

¹⁾ Der Versuch eignet sich für die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise.

Hinweis. Steht keine höhere Alkansäure (z. B. synthetische Fettsäure) zur Verfügung, so kann man ein Gemisch solcher Säuren folgendermaßen herstellen. Toilettenseife wird geschnitzelt und mit salz- oder schwefelsäurehaltigem Wasser erhitzt, bis sich zwei Schichten gebildet haben. Nach dem Erkalten durchstößt man die erhärtete Fettsäure, gießt die Flüssigkeit ab und wäscht mit Wasser nach.

Versuch 285: Reaktion der Methan- und Äthansäure (Amelsen- und Essigsäure)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen feststellen, daß wäßrige Lösungen niedrigmolekularer Alkansäuren (Monocarbonsäuren) sauer reagieren.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer
Chemikalien: 10%ige Methansäure, 10%ige Äthansäure, Wasser, Lackmuspapier

Ausführung. In zwei Reagenzgläser werden je etwa 1 ml Methansäure beziehungsweise Äthansäure gegeben, mit je 4 ml Wasser verdünnt und mit blauem Lackmuspapier geprüft.

Auswertung. Niedrigmolekulare aliphatische Monocarbonsäuren dissoziieren in wäßriger Lösung und reagieren daher sauer. Zum Beispiel:



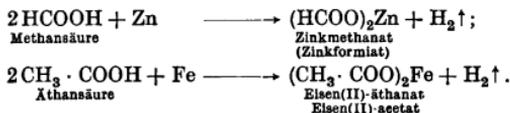
Versuch 286: Reaktion der Methan- und Äthansäure (Amelsen- und Essigsäure) mit unedlen Metallen

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß niedrigmolekulare Alkansäuren (Monocarbonsäuren) mit Metallen ähnlich wie anorganische Säuren reagieren.

Geräte: 4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer
Chemikalien: 2 Stückchen Zinkblech, Eisenfeilspäne, 10%ige Methansäure, 10%ige Äthansäure

Ausführung. Man gibt in das erste Reagenzglas ein Stückchen Zinkblech und 3 ml Methansäure, in das zweite ein Stückchen Zinkblech und 3 ml Äthansäure, in das dritte etwas Eisenfeilspäne und 3 ml Methansäure und in das vierte etwas Eisenfeilspäne und 3 ml Äthansäure.

Auswertung. Die verwendeten Metalle lösen sich in den Säuren unter Wasserstoffentwicklung, zum Beispiel:



Weiterführung des Versuches. Man kann die Reagenzgläser mit durchbohrten Stopfen verschließen, durch die ein Gasableitungsrohr geführt ist. Das ausströmende Gas wird pneumatisch in Reagenzgläsern aufgefangen und auf seine Brennbarkeit geprüft, indem man die Reagenzglas­mündung der Brennerflamme nähert (Vorsicht!).

Abwandlung des Versuches. Anstelle von Eisen beziehungsweise Zink können Magnesium, Aluminium, Kobalt, Nickel verwendet werden.



Versuch 287: Bildung von Salzen niedrigmolekularer Alkansäuren

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß niedrigmolekulare Carbonsäuren ebenso wie anorganische Säuren Salze bilden.

Geräte: 6 Reagenzgläser, Reagenz­glashalter, Tropfpipette, Spiritusbrenner, 2 Objektträger, Spatel, Glasstab

Chemikalien: 10%ige Methansäure (Ameisensäure), 10%ige Äthansäure (Essigsäure), Magnesiumspäne, Magnesiumoxyd, verdünnte Natronlauge, Lackmüstinktur, Wasser

Ausführung. Man gibt ein Magnesiumspänchen in ein Reagenzglas und setzt 3 ml Methansäure zu. Das gleiche führt man mit Äthansäure durch. Das entweichende Gas wird auf seine Brennbarkeit geprüft, indem man die Reagenzglas­mündung der Flamme des Brenners nähert. Ein Tropfen jeder Lösung ist auf dem Objektträger einzudampfen.

Dann versetzt man jeweils in einem Reagenzglas eine Spatelspitze Magnesiumoxyd mit 2 ml der beiden Säuren und erwärmt vorsichtig. Je ein Tropfen der entstehenden Lösungen wird eingedampft.

Schließlich gibt man in zwei Reagenzgläser jeweils 2 ml der Säuren und fügt 1 bis 2 Tropfen Lackmüslösung hinzu. Dann wird tropfenweise Natronlauge zugegeben. Je ein Tropfen der Lösungen ist wieder einzudampfen.¹⁾

Auswertung. Die untersuchten niedrigmolekularen Alkansäuren bilden wie anorganische Säuren mit unedlen Metallen, Metalloxyden und Basen Salze. Es entstehen in diesem Falle Methanate (Formiate) und Äthanate (Acetate).

Analoge Versuche. Es können andere Metalle (Zink, Eisenfeilspäne), Oxyde (z. B. Zinkoxyd) und Basen (Kalilauge) eingesetzt werden. Es ist auch möglich, die Stärke von anorganischen und organischen Säuren zu vergleichen (vgl. Versuch 51, Seite 57).

Abwandlung des Versuches. Es ist ferner möglich, die gleichen Versuche mit anderen Alkansäuren, beispielsweise Propansäure (Propionsäure), Pentansäure (Valeriansäure) und anderen durchzuführen. Dabei kann der Begriff der homologen Reihe wiederholt

¹⁾ Der Versuch eignet sich gut zur Ausführung in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise.

werden. Aus der Messung der in gleichen Zeiten bei der Umsetzung mit unedlen Metallen abgeschiedenen Wasserstoffmengen (z. B. mit dem Kolbenprober) kann die Abnahme der Stärke der Säuren in der homologen Reihe der Alkansäuren abgeleitet werden. Schließlich kann die Titration organischer Säuren (vgl. Versuch 56, Seite 61) erfolgen, wobei als Indikator Phenolphthalein zu verwenden ist, da es sich um schwache Säuren handelt.

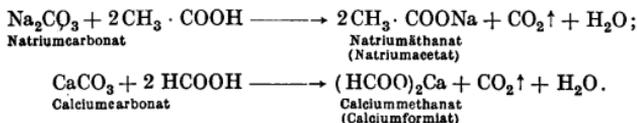
Versuch 288: Reaktion von Alkansäuren (Carbonsäuren) mit Carbonaten

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß Methansäure (Ameisensäure) und Äthansäure (Essigsäure) die Kohlensäure aus ihren Salzen verdrängen.

Geräte: 4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel, schwarzer Stab
Chemikalien: 10%ige Methansäure, 10%ige Äthansäure, Natriumcarbonat, Calciumcarbonat, Kalkwasser oder Barytwasser

Ausführung. Man gibt in zwei Reagenzgläser je eine kleine Spatelspitze Natriumcarbonat, fügt je 2 ml Wasser hinzu und versetzt die Lösungen mit kleinen Anteilen Methansäure beziehungsweise Äthansäure. Dann werden Versuche mit Calciumcarbonat in der gleichen Weise durchgeführt. Das entweichende Gas kann mit einem Tropfen Kalk- oder Barytwasser am schwarzen Stab nachgewiesen werden.¹⁾

Auswertung. In allen vier Reagenzgläsern erfolgt eine lebhaftere Reaktion. Die Carbonate werden unter Kohlendioxydentwicklung zu Salzen der Methansäure (Formiaten) beziehungsweise Salzen der Äthansäure (Acetaten) umgesetzt. Methansäure und Äthansäure sind schwerer flüchtig als Kohlensäure und verdrängen sie daher aus ihren Salzen; zum Beispiel:



Analoge Versuche. Anstelle der angegebenen Carbonate können andere Carbonate, aber auch Hydrogencarbonate verwendet werden. Ferner lassen sich Vergleichsversuche mit Sulfiten durchführen.

Abwandlung des Versuches. Der Nachweis des entweichenden Kohlendioxyds ist noch deutlicher möglich, wenn man das entweichende Gas in Kalkwasser einleitet; dabei läßt sich mit dem Grundgerät 6 arbeiten. Bei dieser Anordnung kann das beim Arbeiten mit Sulfiten entstehende Schwefeldioxyd ebenfalls durch Einleiten in Fuchsinlösung nachgewiesen werden.

¹⁾ Man kann die Schüler getrennt-gemeinschaftlich arbeiten lassen.

Versuch 239: Eigenschaften der Äthandisäure (Oxalsäure)

Ziel des Versuches. Die wichtigsten Eigenschaften der Säure sollen erarbeitet werden.

Geräte: 7 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, 2 Tropfpipetten, Reagenzglasständer

Chemikalien: Äthandisäure, Kalkwasser, hartes Leitungswasser, 10%ige Salzsäure, 10%ige Äthansäure (Essigsäure), verdünnte Schwefelsäure, 1%ige Kaliumpermanganatlösung, Wasser

Ausführung

Erster Teilversuch. Man gibt in ein Reagenzglas 1 ml Kalkwasser und fügt wenig wäßrige Äthandisäurelösung¹⁾ hinzu. Der gleiche Versuch wird mit hartem Leitungswasser wiederholt. Man verteilt den ersten Niederschlag auf zwei Reagenzgläser und gibt in das eine Glas einige Tropfen Salzsäure und in das andere einige Tropfen Äthansäure.

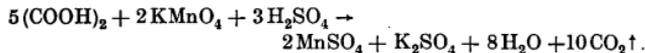
Zweiter Teilversuch. Zu einer Lösung von wenigen Kristallen Äthandisäure in 2 ml Wasser gibt man 2 ml Schwefelsäure und einen Tropfen Kaliumpermanganatlösung. Gibt man erneut Kaliumpermanganatlösung zu, so tritt die Farbänderung diesmal schneller ein.

Auswertung. In beiden Fällen entsteht ein weißer Niederschlag. Calciumionen geben mit Oxalationen schwerlösliches Calciumoxalat. Diese Reaktion dient zum Nachweis der beiden Ionenarten.



Im Unterschied zu Calciumcarbonat wird Calciumoxalat von Äthansäure nicht aufgelöst.

Äthandisäure reduziert Kaliumpermanganat in schwefelsaurer Lösung zu fast farblosem Mangan(II)-sulfat, das die Reaktion katalytisch beschleunigt. Die Äthandisäure wird ihrerseits zu Kohlendioxyd und Wasser oxydiert:



Abwandlung des Versuches. Die Reduktion von Kaliumpermanganat durch Äthandisäure (Oxalsäure) kann auch in manganometrischen Titrationen genutzt werden. So ist es möglich, den Gehalt einer gegebenen Äthandisäure mit $\frac{n}{10}$ Kaliumpermanganatlösung maßanalytisch bestimmen zu lassen. Es kann auch eine Calciumbestimmung durchgeführt werden. Die Calciumionen fällt man als Calciumoxalat aus einer gegebenen ammoniakalisch gemachten Lösung in der Siedehitze mit Ammoniumoxalat aus. Der Niederschlag wird nach dem Abkühlen und Absetzen abfiltriert, mit kaltem Wasser gewaschen und schließlich in verdünnter Schwefelsäure gelöst. Nach Zugabe von 5 ml bis 10 ml halbkonzentrierter Schwefelsäure wird dann die frei gewordene Äthandisäure mit Permanganat titriert.

¹⁾ Man kann auch mit 10%iger Ammoniumoxalatlösung arbeiten.

Versuch 290: Auflösen von Rost durch Kaliumtetraoxalat

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die rostauflösende Wirkung von Salzen der Oxalsäure kennenlernen.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Reagenzglashalter, Spatel, Spiritusbrenner

Chemikalien: Kaliumtetraoxalat (Kleesalz), 10%ige Eisen(III)-chloridlösung, 10%ige Ammoniaklösung, Wasser

Ausführung. Zunächst stellt man Eisen(III)-hydroxyd her, indem im Reagenzglas 2 ml der Eisen(III)-chloridlösung zum Sieden erhitzt und mit 3 ml der Ammoniaklösung versetzt werden. Nach dem Absetzen wird die überstehende Flüssigkeit abgegossen. Inzwischen löst man im zweiten Reagenzglas 1 g Kaliumtetraoxalat unter Erwärmen in 5 ml Wasser. Diese heiße Lösung wird auf das Eisen(III)-hydroxyd gegossen und nötigenfalls noch etwas erwärmt.

Auswertung. Das Eisen(III)-hydroxyd löst sich in der Kaliumtetraoxalatlösung unter Bildung von löslichen Komplexsalzen. So entsteht beispielsweise Kaliumeisen(III)-oxalat $K_3[Fe(C_2O_4)_3]$.

Abwandlung des Versuches. Man kann auch Textilgewebe mit Rostflecken im Becherglas mit der Kaliumtetraoxalatlösung behandeln lassen.

Versuch 291: Nachweis von 2-Hydroxypropansäure (Milchsäure) in saurer Milch

Ziel des Versuches. Es soll das Endprodukt der Milchsäuregärung nachgewiesen werden.

Geräte: 2 Reagenzgläser, geschwärzter Glasstab, Trichter, Rundfilter

Chemikalien: wäßrige 2-Hydroxypropansäurelösung, saure Milch (filtriert), Baryt- oder Kalkwasser, Calciumchloridlösung, verdünnte Natronlauge, blaues Lackmuspapier

Ausführung. Die filtrierte Milch wird zunächst auf saure Reaktion geprüft. Dann neutralisiert man langsam mit Natronlauge und setzt anschließend Calciumchloridlösung hinzu. Es entsteht ein weißer Niederschlag.

Mit einer wäßrigen Milchsäurelösung wird ein Parallelversuch durchgeführt.

Auswertung. Saure Milch enthält 2-Hydroxypropansäure, die als Calciumlactat (weißer Niederschlag) nachgewiesen werden kann.



Abwandlung des Versuches. Man kann dem Filtrat auch Calciumcarbonat zusetzen. Dabei entsteht Kohlendioxyd, das mit Kalk- oder Barytwasser nachzuweisen ist. Diese Reaktion ist aber nicht spezifisch.

Versuch 292: Zersetzung von 2-Hydroxypropansäure (Milchsäure)

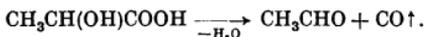
Ziel des Versuches. Dieser Versuch soll zeigen, daß 2-Hydroxypropansäure leicht zersetzlich ist.

Geräte: Grundgerät 6, Spiritusbrenner

Chemikalien: 2-Hydroxypropansäure, 20%ige Schwefelsäure, Schiffs Reagenz¹⁾ (fuchsin-schweflige Säure)

Ausführung. In das Reagenzglas B wird etwas Schiffs Reagenz gegeben. Im Reagenzglas A werden je 2 ml 2-Hydroxypropansäure und Schwefelsäure gemischt und anschließend erhitzt.

Auswertung. Nach einigen Minuten färbt sich der Inhalt des Glases und ein Gas entweicht. Im Reagenzglas B tritt die durch Alkanale hervorgerufene rotviolette Färbung auf. 2-Hydroxypropansäure zerfällt beim Erhitzen in Äthanal und Kohlenmonoxyd. Die Schwefelsäure wirkt wasserentziehend:



Versuch 293: Komplexbildung der 2,3-Dihydroxybutandisäure (Weinsäure)

Ziel des Versuches. Der Begriff Komplexsalz soll an diesem Beispiel vertieft werden. Gleichzeitig sollen die Schüler den störenden Einfluß der organischen Säuren auf einige Nachweisreaktionen erkennen.

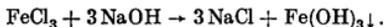
Geräte: 4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer

Chemikalien: 2,3-Dihydroxybutandisäure, Eisen(III)-chlorid, verdünnte Natronlauge, Kupfer(II)-sulfatlösung, destilliertes Wasser

Ausführung. Eine Eisen(III)-chloridlösung wird mit Natronlauge versetzt. In einem Parallelversuch löst man 0,5 g 2,3-Dihydroxybutandisäure in 10 ml Wasser und gibt 1 ml bis 2 ml Eisen(III)-chloridlösung hinzu. Dann wird ebenfalls Natronlauge hinzugefügt.

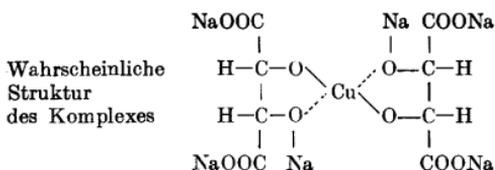
Aus einer Kupfer(II)-sulfatlösung wird mit Natronlauge hellblaues Kupfer(II)-hydroxyd ausgefällt. In einem weiteren Reagenzglas versetzt man die Kupfer(II)-sulfatlösung mit 2,3-Dihydroxybutandisäure im Überschuß und gibt Natronlauge zu.

Auswertung. Aus der ersten Lösung fällt rotbraunes Eisen(III)-hydroxyd aus:



Bei der zweiten Lösung tritt dieser Niederschlag nicht auf. Weinsäure bildet mit Eisen alkalibeständige Komplexsalze, die keine Eisen(III)-Ionen abspalten.

Mit zweiwertigem Kupfer entsteht ein tiefblau gefärbter Kupfertriatraskomplex, aus dem mit Hydroxylionen kein Kupfer(II)-hydroxyd fällbar ist (vgl. Fehlingsche Lösung, Versuch 279):



Analoge Versuche. Anstelle von Weinsäure können auch andere komplexbildende Substanzen eingesetzt werden, zum Beispiel Citronensäure und Milchsäure sowie deren lösliche Salze (Citrate, Lactate), Aminosäuren und andere. In getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise sind Reihenversuche möglich.

Versuch 294: Darstellung und Verseifung von Äthyläthanat (Essigsäureäthylester)

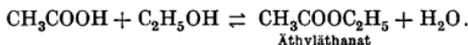
Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine Veresterung durchführen und dabei ihre Kenntnisse über das chemische Gleichgewicht vertiefen.

Geräte: Grundgerät 11, Spiritusbrenner, Stativ, Reagenzglasständer, Reagenzglas, 2 Tropfpipetten

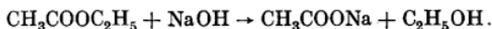
Chemikalien: Äthansäure (Eisessig), unvergälltes Äthanol (Äthylalkohol, kein Brennspritus), konzentrierte Schwefelsäure, 10%ige Natronlauge, Wasser

Ausführung. In das Reagenzglas A werden je 3 ml Äthansäure und Äthanol gegeben. Die Mischung wird nach Zusammensetzen der Apparatur erhitzt. Man destilliert 1 bis 2 ml Flüssigkeit über und schüttelt das Destillat mit 1 ml Wasser. Der Geruch wird festgestellt. Nach dem Abkühlen werden noch 2 ml Schwefelsäure in das Reagenzglas A gegeben und erneut 2 ml in ein Reagenzglas überdestilliert. Man stellt den Geruch fest und schüttelt mit Wasser.

Auswertung. Bei Abwesenheit von Schwefelsäure ist keine merkliche Umsetzung der Ausgangsstoffe festzustellen. Es entsteht eine klare, geruchlose Lösung. Die Schwefelsäure beschleunigt jedoch die Veresterung katalytisch. Es bilden sich zwei Schichten, das Destillat riecht fruchtartig. Das Reaktionsgleichgewicht verschiebt sich zugunsten der Esterbildung, indem die Schwefelsäure das entstehende Wasser bindet und es aus dem Gleichgewicht entfernt:



Weiterführung des Versuches. Nach dem Erkalten werden zwei Tropfen des Destillats mit einer Tropfpipette vorsichtig in ein trockenes Reagenzglas übergeführt. Dabei darf der obere Rand des Glases nicht benetzt werden. Man gibt 5 ml Natronlauge zu und erwärmt. Der Estergeruch verschwindet allmählich. Äthyläthanat wird durch Natronlauge verseift:



Versuch 295: Darstellung von Äthylbromid

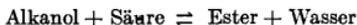
Ziel des Versuches. Es soll ein anorganischer Ester dargestellt werden.

Geräte: *Grundgerät 11 (aber mit größerem Reagenzglas A), Stativ, Spiritusbrenner, Reibschale mit Pistill*

Chemikalien: *Äthanol (Brennspiritus), Kaliumbromid, konzentrierte Schwefelsäure, Wasser*

Ausführung. In das Reagenzglas B werden 2 ml Wasser gegeben. Im Glas A mischt man vorsichtig 3 ml Schwefelsäure mit der gleichen Menge Äthanol. Nach dem Abkühlen fügt man 2 ml Wasser sowie 3 g gepulvertes Kaliumbromid hinzu und erhitzt.

Auswertung. Das Äthylbromid destilliert über und sinkt in schweren, öligen Tropfen in das Sperrwasser. Äthylbromid kann als Ester der Bromwasserstoffsäure nach der allgemeinen Darstellungsgleichung



gewonnen werden. Die Schwefelsäure setzt zunächst aus dem Kaliumbromid Bromwasserstoff frei. Gleichzeitig wirkt sie als Katalysator. Das Gleichgewicht wird zugunsten der Esterbildung dadurch verschoben, daß der Ester abdestilliert.

Versuch 296: Darstellung und Eigenschaften von Propanon (Aceton)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Propanon aus Graukalk darstellen.

Geräte: *Grundgerät 11, Stativ, Reagenzglas, Bunsenbrenner*

Chemikalien: *wasserfreies Calciumäthanat (Calciumacetat), Kaliumcarbonat, Wasser (möglichst Eiswasser)*

Ausführung. Im Reagenzglas A werden 3 g Calciumäthanat kräftig erhitzt. Die Dämpfe kondensieren im Reagenzglas B, das möglichst mit Eiswasser gekühlt werden soll. Man stellt den Geruch des Destillats fest und prüft die Mischbarkeit mit Wasser.

Auswertung. Beim Erhitzen von Calciumäthanat bildet sich Propanon:



Es ist eine Flüssigkeit mit charakteristischem Geruch, ist brennbar und mischt sich in jedem Verhältnis mit Wasser.

Weiterführung des Versuches. Zur wäßrigen Propanonlösung wird festes Kaliumcarbonat bis zur Sättigung gegeben. Es tritt Entmischung ein, da Propanon in Salzlösungen unlöslich ist. Die obere Schicht besteht aus Propanon.

Versuch 297: Darstellung von Äthoxyäthan (Äther)

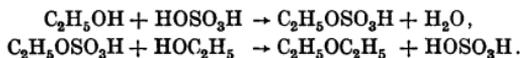
Ziel des Versuches. Anhand dieses Versuches können die Schüler das Prinzip der technischen Herstellung des Äthoxyäthans kennenlernen.

Geräte: Grundgerät 11, Spiritusbrenner, Stativ, Tropfpipette
Chemikalien: Äthanol, konzentrierte Schwefelsäure, Jodwasser, Wasser
(möglichst Eiswasser)



Ausführung. In das Reagenzglas A bringt man eine Mischung aus zwei Teilen Äthanol und einem Teil Schwefelsäure, in das Reagenzglas B 2 bis 3 Tropfen Jodwasser. Dann werden durch schwaches Erhitzen aus dem Glas A etwa 2 ml Flüssigkeit überdestilliert. Die Vorlage soll mit Eiswasser gekühlt werden. Nach dem Löschen der Brennerflamme ist die Geruchsprobe vorsichtig am Reagenzglas B durchzuführen.

Auswertung. Äthoxyäthan kann durch Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure auf Äthanol dargestellt werden. Man arbeitet hierbei mit Äthanolüberschuß und bei etwa 140 °C; bei höheren Temperaturen entsteht vorwiegend Äthen:



Äthoxyäthan ist an seinem charakteristischen Geruch zu erkennen. Außerdem zeigt der Versuch, daß Jod in Äthoxyäthan besser löslich ist als in Wasser.

ERGÄNZUNGEN

Aromatische Kohlenwasserstoffe und ihre Abkömmlinge

Versuch 298: Verhalten von Benzol gegenüber Wasser

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Mischbarkeit von Benzol und Wasser untersuchen und die Dichten beider Flüssigkeiten vergleichen.

Geräte: *Reagenzglas, Stopfen, Reagenzglasständer, Fettstift*
Chemikalien: *Benzol, Wasser*

Ausführung. In ein Reagenzglas gibt man etwa 4 ml Wasser, markiert die Höhe der Flüssigkeit und versetzt mit 2 ml Benzol. Dann verschließt man mit einem Stopfen, schüttelt kräftig und läßt die Mischung etwa zwei Minuten stehen.

Auswertung. Nach dem Schütteln entmischt sich die trübe Emulsion rasch. Benzol schwimmt auf dem Wasser, da seine Dichte kleiner als 1 g/cm^3 ist. Die Trennungsfläche Wasser-Benzol hat sich nicht verschoben. Deshalb kann keine nennenswerte Löslichkeit von Wasser in Benzol oder umgekehrt vorliegen.

Versuch 299: Benzol als Lösungsmittel

Ziel des Versuches. Das Lösevermögen von Benzol für verschiedene organische Substanzen soll gezeigt werden.

Geräte: *2 Reagenzgläser, 2 Stopfen, Reagenzglasständer, Glasstab*
Chemikalien: *Benzol, Speiseöl, Speisehartfett, Rindertalg, Harz (Kolophonium)*

Ausführung. Mit einem Glasstab wird eine kleine Messerspitze Fett in ein trockenes Reagenzglas gegeben. In ein zweites trockenes Glas bringt man wenig Kolophonium (höchstens die Menge einer halben Erbse). Dann gießt man in beide Reagenzgläser je 3 ml Benzol, verschließt sie mit Stopfen und schüttelt.

Auswertung. Fett löst sich gut, Kolophonium etwas weniger gut in Benzol.

Versuch 300: Lichtbrechungsvermögen von Benzol

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß Benzol und Wasser das Licht verschieden brechen.

Geräte: Reagenzglas, 0,5 cm breiter Streifen dunkles Papier, Stopfen
Chemikalien: Benzol, Wasser

Ausführung. Vom Boden beginnend, klebt man in der Längsrichtung einen Streifen angefeuchtetes dunkles Papier außen an das Reagenzglas. Dann gibt man je 2 ml Benzol und Wasser in das Glas und verschließt es mit dem Stopfen. Nun wird die Flüssigkeitssäule so durch das Glas betrachtet, daß der Papierstreifen den Hintergrund bildet.

Auswertung. Der Papierstreifen erscheint bei Betrachtung durch Benzol und Wasser unterschiedlich breit, da verschiedene Lichtbrechung vorliegt.

Versuch 301: Brennbarkeit von Benzol

Ziel des Versuches. Die Feuergefährlichkeit von Benzol soll festgestellt werden.

Geräte: Glasplatte (Objektträger), Glasstab, Zündhölzer
Chemikalien: Benzol

Ausführung. Mit einem Glasstab gibt man einige Tropfen Benzol auf eine leicht angewärmte Glasplatte. Von der Seite nähert man ein brennendes Zündholz.

Auswertung. Noch ehe die Flamme die Flüssigkeit erreicht, entflammt diese. Es haben sich leichtentzündliche Dämpfe gebildet. Benzol brennt mit stark rußender Flamme. Bei diesem Versuch darf kein Luftzug vorhanden sein.



Versuch 302: Verhalten von Benzol gegenüber Bromwasser

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß im Benzolmolekül keine aktiven Mehrfachbindungen enthalten sind.

Geräte: 2 Reagenzgläser, 2 Stopfen
Chemikalien: Benzol p. a., technisches Benzol, Bromwasser

Ausführung. Etwa 3 ml Benzol werden mit der gleichen Menge Bromwasser versetzt. Dann verschließt man das Glas und schüttelt. Den Versuch wiederholt man mit technischem Benzol.

Auswertung. Das Wasser wird entfärbt, da Brom infolge der besseren Löslichkeit in das Benzol übergeht. Die braune Färbung der Benzolschicht bleibt bestehen. Wird technisches Benzol verwendet, so erfolgt eine Addition von Brom an die im Benzol enthaltenen ungesättigten Verbindungen mit aktiven Doppelbindungen. Die braune Färbung verschwindet nach kurzer Zeit.

Analoger Versuch. Zum Erkennen aktiver Mehrfachbindungen kann statt Bromwasser Baeyers Reagenz¹⁾ zugesetzt werden. Benzol zeigt auch hier keine Veränderung. Im zweiten Glas beobachtet man häufig eine Farbänderung. Sie ist auf braunes Mangan(IV)-oxyd-

¹⁾ Herstellung siehe Seite 222!

hydrat $\text{MnO}(\text{OH})_2$ zurückzuführen, das infolge ungesättigter Verunreinigungen des technischen Benzols ausfällt.

Versuch 303: Oxydation von Methylbenzol (Toluol)

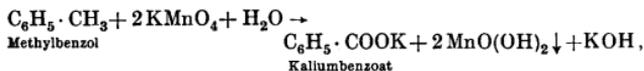
Ziel des Versuches. Die Schüler erfahren, daß die Seitenkette am Benzolring das chemische Verhalten des Benzols verändert.

Geräte: Reagenzglas (160 mm × 16 mm), Reagenzglashalter, Spiritusbrenner

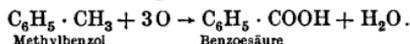
Chemikalien: Methylbenzol, Baeyers Reagenz¹⁾

Ausführung. 2 ml Methylbenzol versetzt man mit der gleichen Menge Baeyers Reagenz und erwärmt vorsichtig unter Schütteln. Vorsicht! Beim Erhitzen von Toluol entstehen leichtentzündliche Dämpfe!

Auswertung. Nach einiger Zeit verschwindet der violette Farbton von Baeyers Reagenz, und braunes Mangan(IV)-oxydhydrat flockt aus. Bei dieser Reaktion wird die Seitenkette ($-\text{CH}_3$) des Methylbenzols zu einer Carboxylgruppe ($-\text{COOH}$) oxydiert:



in vereinfachter Darstellung:



Methylbenzol wird zu Benzoesäure oxydiert, die im alkalischen Medium zu Kaliumbenzoat neutralisiert wird.

Versuch 304: Verhalten von Methylbenzol (Toluol) gegenüber Bromwasser

Ziel des Versuches. Es wird festgestellt, daß sich Methylbenzol durch die Seitenkette am Benzolring anders als Benzol verhält.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner

Chemikalien: Methylbenzol, Bromwasser

Ausführung. Etwa 2 ml Methylbenzol werden mit der gleichen Menge Bromwasser versetzt und geschüttelt. Anschließend erwärmt man vorsichtig.

Auswertung. Das Brom geht durch das Schütteln infolge besserer Löslichkeit aus dem Bromwasser in das Methylbenzol über und färbt es braun. Beim Erwärmen wird die Lösung entfärbt, da Brom durch die Substitution eines Wasserstoffatoms der Methylgruppe gebunden wird:



¹⁾ Herstellung siehe Seite 222!

Abwandlung des Versuches. Will man überprüfen, ob es sich hier um eine Substitution handelt, dann muß man den entstandenen Bromwasserstoff nachweisen. Dazu wird während des Erhitzens ständig geschüttelt. Der Bromwasserstoff geht in die wäßrige Schicht über. Ist die Reaktion beendet (die braune Färbung verschwunden), gibt man mit einer Tropfpipette zuerst einen Tropfen der oberen Schicht, dann einen Tropfen der unteren (wäßrigen) auf blaues Lackmuspapier. Die wäßrige Schicht reagiert sauer.

Versuch 305: Verhalten von Hydroxybenzol (Phenol) gegenüber Wasser und Natronlauge

Ziel des Versuches. Der Säurecharakter des Hydroxybenzols soll nachgewiesen werden.

Geräte: Reagenzglas, Tropfpipette, Spatel

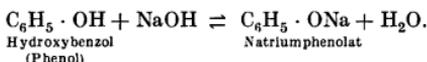
Chemikalien: Hydroxybenzol, 30%ige Natronlauge, konzentrierte Salzsäure, Wasser



Vorsicht! Hydroxybenzol ist giftig und stark ätzend!

Ausführung. Eine Spatelspitze Hydroxybenzol wird mit 2 ml Wasser versetzt und geschüttelt. Es entsteht eine trübe Flüssigkeit, der man so lange tropfenweise Natronlauge zusetzt (nach jedem Tropfen schütteln), bis sich eine klare Lösung gebildet hat. Diese versetzt man mit etwa 2 ml konzentrierter Salzsäure.

Auswertung. Hydroxybenzol ist in Wasser nur wenig löslich. Deshalb erhält man zuerst eine trübe Lösung. Wird Natronlauge zugesetzt, bildet sich aus Hydroxybenzol das leicht wasserlösliche Natriumphenolat. Da Hydroxybenzol als schwache Säure anzusehen ist, stellt die Umsetzung mit Natronlauge eine Salzbildung dar. Diese Reaktion ist in einer Gleichung zu erfassen:



Setzt man der klaren Natriumphenolatlösung Salzsäure zu, so wird Hydroxybenzol frei und trübt die Lösung wieder.

Abwandlung des Versuches. Statt Salzsäure kann auch Kohlendioxid in die klare Lösung des Natriumphenolats eingeleitet werden. Nach einiger Zeit trübt sich die Lösung durch ausgeschiedenes Hydroxybenzol. Diese Reaktion beweist, daß Hydroxybenzol eine schwächere Säure als Kohlensäure ist.

Versuch 306: Darstellung von Hydroxybenzol (Phenol) aus Natriumbenzolsulfonat

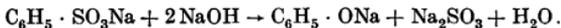
Ziel des Versuches. Eine Hydroxybenzolsynthese soll ausgeführt werden.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Trichter mit Rundfilter, Tropfpipette, Spiritusbrenner, Reagenzglasständer, Spatel

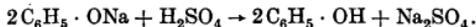
Chemikalien: *Natriumbenzolsulfonat, Natriumhydroxyd (Plätzchen), 10%ige Schwefelsäure, Wasser*

Ausführung. Zu zwei Plätzchen Natriumhydroxyd fügt man eine knappe Spatelspitze Natriumbenzolsulfonat hinzu. Das Gemisch wird über einer kleinen Flamme bis zum Schmelzen erhitzt. Dann erwärmt man etwa ein bis zwei Minuten weiter, wobei das Reagenzglas über die Flamme zu halten ist, damit ein Verkohlen der organischen Substanz weitgehend vermieden wird. Nachdem das Glas etwas abgekühlt ist, gibt man 2 ml Wasser zu, löst die Festsubstanz durch leichtes Erwärmen auf und filtriert. Zum klaren Filtrat wird tropfenweise Schwefelsäure zugegeben.

Auswertung. In der Schmelze setzen sich Natriumbenzolsulfonat und Natriumhydroxyd zu Natriumphenolat und Natriumsulfit um:



Beide Reaktionsprodukte sind wasserlöslich und befinden sich daher im Filtrat. Wird diesem verdünnte Schwefelsäure tropfenweise zugefügt, so zersetzt sich zuerst das Natriumphenolat:



Das entstehende Hydroxybenzol trübt infolge seiner geringen Wasserlöslichkeit die Flüssigkeit und ist am Geruch erkennbar. Weitere Schwefelsäure verdrängt aus dem Natriumsulfit die leicht flüchtige schweflige Säure. Schwefeldioxyd wird am stechenden Geruch erkannt.

Versuch 307: Gewinnung von Hydroxybenzol (Phenol) aus Teerfraktionen

Ziel des Versuches. Das Prinzip eines technischen Verfahrens soll erklärt werden.

Geräte: *2 Reagenzgläser, kleiner Scheidetrichter (Hahntrichter), Stopfen, Spatel, Reagenzglasständer, Grundgerät 9 a, Gummischlauchstück*
Chemikalien: *Hydroxybenzol (Phenol), Benzol, 10%ige Natronlauge, konzentrierte Salzsäure, Marmor, Wasser*

Ausführung. In etwa 3 ml Benzol wird eine Spatelspitze Hydroxybenzol gelöst. Dieser Flüssigkeit setzt man 3 ml Natronlauge zu, verschließt das Glas mit einem Stopfen und schüttelt kräftig etwa eine Minute lang. Das Gemisch wird anschließend in einen Scheidetrichter gegossen. Man wartet, bis zwei Schichten entstanden sind und läßt durch vorsichtiges Öffnen des Hahnes die untere (wäßrige) Schicht in ein Reagenzglas ablaufen. In die wäßrige Lösung wird nun Kohlendioxyd eingeleitet.

Auswertung. Das Auflösen von Hydroxybenzol in Benzol ergibt eine meist bräunliche Flüssigkeit, die im Prinzip dem Leichtöl der Steinkohlenteerdestillation entspricht. Durch das Schütteln mit Natronlauge bildet sich Natriumphenolat, das wegen seiner guten

Wasserlöslichkeit in die wäßrige Phase geht. Beim Einleiten von Kohlendioxyd wird Hydroxybenzol frei, das die Lösung trübt. Diese Versuchsdurchführung entspricht dem technischen Verfahren.

Abwandlung des Versuches. Statt Kohlendioxyd einzuleiten, kann man Salzsäure zugeben. Auch hier entsteht eine Trübung durch Hydroxybenzoldbildung (vgl. Versuch 305).

Versuch 308: Eisen(III)-chloridprobe auf aromatische Hydroxylverbindungen

Ziel des Versuches. Aromatische Hydroxylverbindungen sollen nachgewiesen werden.

Geräte: 4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel, Tropfpipette
Chemikalien: Hydroxybenzol (Phenol), 1,2-Dihydroxybenzol (Brenzcatechin), 1,3-Dihydroxybenzol (Resorcin), 1,4-Dihydroxybenzol (Hydrochinon), 10%ige Eisen(III)-chloridlösung, Wasser

Ausführung. In je ein Reagenzglas werden sehr kleine Mengen von Hydroxybenzol, 1,2-Dihydroxybenzol, 1,3-Dihydroxybenzol und 1,4-Dihydroxybenzol gegeben und je etwas Wasser sowie einige Tropfen Eisen(III)-chloridlösung zugesetzt.

Auswertung. Aromatische Hydroxylverbindungen geben mit Eisen(III)-chloridlösung gefärbte komplexe Verbindungen: Hydroxybenzollösung wird rotviolett, 1,2-Dihydroxybenzollösung smaragdgrün, 1,3-Dihydroxybenzol dunkelviolett und 1,4-Dihydroxybenzollösung gelb.

Analoge Versuche. Anstelle der genannten Hydroxylderivate des Benzols können auch andere aromatische Hydroxylverbindungen geprüft werden, beispielsweise 2-Hydroxybenzoesäure (Salicylsäure), 4-Hydroxybenzoesäure, 2-Hydroxybenzoesäurephenylester (Salol) und 1,2,3-Trihydroxybenzol (Pyrogallol).

Versuch 309: Reduktionswirkung der Dihydroxybenzole

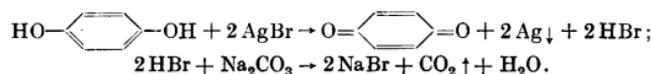
Ziel des Versuches. Es soll nachgewiesen werden, daß aus der Gruppe der Dihydroxybenzole nur 1,2- und 1,4-Dihydroxybenzol in der Kälte stark reduzierend wirken. Außerdem sollen die Schüler die Wirkungsweise fotografischer Entwickler kennenlernen.

Geräte: 5 Reagenzgläser, Spatel, Reagenzglasständer, Glasstab
Chemikalien: 5%ige Silbernitratlösung, 10%ige Kaliumbromidlösung, 10%ige Natriumcarbonatlösung, Natriumsulfit, 1,2-Dihydroxybenzol (Brenzcatechin), 1,3-Dihydroxybenzol (Resorcin), 1,4-Dihydroxybenzol (Hydrochinon), Wasser

Ausführung. 4 ml Silbernitratlösung werden 3 ml Kaliumbromidlösung zugesetzt. Den entstehenden Niederschlag läßt man absetzen, dekantiert und füllt das Reagenzglas zu drei Vierteln mit Wasser. Danach verschließt man das Glas mit dem Daumen,

schüttelt, läßt absetzen und dekantiert erneut. Weiterhin gibt man in ein anderes Glas etwa 6 ml Natriumcarbonatlösung, versetzt sie mit einer Spatelspitze Natriumsulfit, verschließt mit dem Daumen und schüttelt, bis alles gelöst ist. Die erhaltene Lösung wird auf drei Reagenzgläser verteilt und je mit einer Spatelspitze 1,2-Dihydroxybenzol, 1,3-Dihydroxybenzol und 1,4-Dihydroxybenzol versetzt. Jetzt verteilt man das zu Beginn gefällte Silberbromid auf die drei Gemische und schüttelt.

Auswertung. 1,2-Dihydroxybenzol bildet unter Abgabe von zwei Wasserstoffatomen o-Benzochinon. 1,4-Dihydroxybenzol gibt ebenfalls zwei Wasserstoffatome ab und geht dabei in p-Benzochinon über. Deshalb wirken beide Verbindungen stark reduzierend. Es zersetzen Silberbromid unter Bildung von (schwarzem) Silber. 1,3-Dihydroxybenzol hat keine Möglichkeit, eine entsprechende chinoid Verbindung zu bilden. Deshalb wirkt 1,3-Dihydroxybenzol auch in der Kälte nicht reduzierend. Bei der Reduktion von Silberbromid beispielsweise durch 1,4-Dihydroxybenzol wird Bromwasserstoff frei. Diese Verbindung muß durch alkalische Zusätze (z. B. Natriumcarbonatlösung) entfernt werden, da sich das chemische Gleichgewicht dieser Reaktion sehr rasch einstellt:



Das Natriumsulfit soll die Oxydation der Dihydroxybenzole durch Luftsauerstoff verhindern.

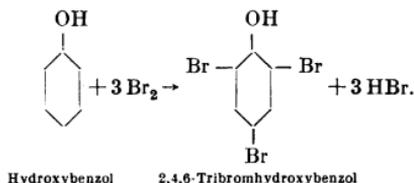
Versuch 310: Bromieren von Hydroxybenzol (Phenol)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen nachweisen, daß bestimmte, mit dem Benzolring verbundene Gruppen die Substitution von Wasserstoffatomen des Benzolrestes erleichtern.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Trichter, Rundfilter
Chemikalien: Hydroxybenzol, Bromwasser, Wasser

Ausführung. Wenig Hydroxybenzol wird mit 10 ml Wasser versetzt, geschüttelt und filtriert. Dem klaren Filtrat (wäßrige Hydroxybenzollösung) fügt man Bromwasser hinzu.

Auswertung. Aus Bromwasser und einer wäßrigen Hydroxybenzollösung bildet sich eine in Wasser sehr schwer lösliche Verbindung, das 2,4,6-Tribromhydroxybenzol:



Dieser Versuch zeigt den großen Einfluß der Hydroxylgruppe auf den Benzolkern. Benzol reagiert bei gewöhnlicher Temperatur nicht mit Bromwasser (vgl. Versuch 302). Hydroxybenzol aber liefert in wäßriger Lösung mit Bromwasser sofort einen Niederschlag von Tribromhydroxybenzol.

Versuch 311: Nachweis von Aminobenzol (Anilin) durch Chlorkalk

Ziel des Versuches. Aminobenzol soll qualitativ nachgewiesen werden.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Spatel, Tropfpipette, 2 Stopfen
Chemikalien: Aminobenzol, Chlorkalk, Wasser



Vorsicht! Aminobenzol ist giftig und wirkt auch durch die Haut!
Ausführung. In ein Reagenzglas gibt man eine Spatelspitze Chlorkalk und fügt 3 ml Wasser hinzu. Man verschließt das Glas mit einem Stopfen und schüttelt, bis eine weiße Aufschlammung entstanden ist. Ein zweites Reagenzglas erhält einen Tropfen Aminobenzol, dem 3 ml Wasser zugesetzt werden. Nun verschließt man mit dem Stopfen und schüttelt. Einige Milliliter der Aminobenzollösung werden der Chlorkalkaufschlammung zugesetzt.
Auswertung. Es entsteht eine ständig kräftiger werdende violette Färbung. Diese Reaktion ist sehr empfindlich. Zu große Mengen Aminobenzol lassen eine sehr dunkle (manchmal fast schwarze) Färbung auftreten. Der Nachweis eignet sich nur für Aminobenzol und spricht nicht auf Salze dieser Verbindung an.

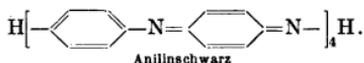
Versuch 312: Darstellung von Anilinschwarz

Ziel des Versuches. Die Oxydation von Aminobenzol mit Chromsäure soll demonstriert werden.

Geräte: Reagenzglas, Spiritusbrenner, Stopfen
Chemikalien: Aminobenzol (Anilin), 10%ige Schwefelsäure, 10%ige Kaliumdichromatlösung, 10%ige Kupfersulfatlösung

Ausführung. In ein Reagenzglas gibt man 2 bis 3 Tropfen Aminobenzol und fügt 3 ml Schwefelsäure hinzu. Dazu gibt man 3 ml Kaliumdichromatlösung und höchstens 1 ml Kupfersulfatlösung, mischt durch Schütteln (Stopfen aufsetzen!) und erwärmt nach Entfernung des Stopfens leicht.

Auswertung. Über farbige, meist grün gefärbte Zwischenverbindungen bildet sich ein schwarzer Stoff (Anilinschwarz). Die Reaktion ist eine Oxydation des Aminobenzols durch die aus Dichromat und Schwefelsäure entstandene Chromsäure; dabei bildet sich aus acht Molekülen Aminobenzol eine Verbindung folgender Struktur:



Versuch 313: Verhalten von Aminobenzol (Anilin) gegenüber Wasser und Salzsäure

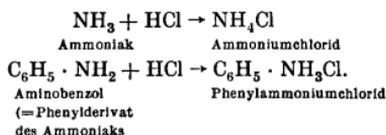
Ziel des Versuches. Die Schüler sollen nachweisen, daß Aminobenzol mit Säuren Salze bildet und demnach eine Base ist.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Tropfpipette, Becherglas (250 ml, niedrige Form), Uhrglas, Dreifuß oder Stativ mit Ring, Asbestdrahnnetz, Spiritusbrenner, 2 Stopfen

Chemikalien: Aminobenzol, konzentrierte Salzsäure, Wasser

Ausführung. In ein Reagenzglas gibt man 10 Tropfen Aminobenzol, fügt 2 ml Wasser hinzu, verschließt mit dem Stopfen und schüttelt. Es entsteht eine trübe Emulsion, die sich rasch entmischt. In einem zweiten Reagenzglas fügt man ebenfalls zu 10 Tropfen Aminobenzol 0,5 bis 1 ml konzentrierte Salzsäure, verschließt mit einem Stopfen, schüttelt, gibt anschließend 2 ml Wasser zu und schüttelt wieder. Manchmal muß man etwas erwärmen, damit sich alles löst. Einen Teil der klaren Lösung gießt man auf ein Uhrglas und setzt dieses auf ein Becherglas mit siedendem Wasser. Nach kurzer Zeit ist das Wasser verdampft. Es bleibt ein weißer, kristalliner Stoff zurück.

Auswertung. Aminobenzol ist in Wasser nur wenig löslich. Mit Salzsäure bildet es ein wasserlösliches Salz, das Phenylammoniumchlorid. Zum besseren Verständnis wird diese Reaktion mit der Bildung von Ammoniumchlorid verglichen:



Versuch 314: Reaktion von Phenylammoniumchlorid mit Lignin

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Phenylammoniumchlorid qualitativ nachweisen.

Geräte: Reagenzglas, Glasstab

Chemikalien: Phenylammoniumchlorid (salzsaures Anilin, Anilinhydrochlorid) oder den Verdampfungsrückstand von Versuch 313, Holzspan, Zeitungspapier, Wasser

Ausführung. Eine kleine Spatelspitze Phenylammoniumchlorid löst man in wenig Wasser oder gibt einige Tropfen Wasser auf den Verdampfungsrückstand des Versuches 313. Einige Tropfen der erhaltenen Salzlösung werden mit einem Glasstab auf einen Holzspan und auf Zeitungspapier gebracht.

Auswertung. In allen Holzarten ist Lignin enthalten, das durch Aminobenzol und dessen Salze intensiv gelbgefärbt wird. Zeitungspapier und andere gewöhnliche Papiere enthalten immer Holzschliff und geben deshalb die gleiche Farbreaktion.

Versuch 315: Reduktion von Nitrobenzol zu Aminobenzol (Anilin)

Ziel des Versuches. Hier soll von den Schülern eine wichtige chemisch-technische Reaktion veranschaulicht werden.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipette, Spatel, Glasstab, Stopfen

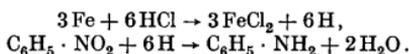
Chemikalien: Nitrobenzol, 10%ige Salzsäure, 30%ige Natronlauge, Eisenfeilspäne, Chlorkalk, Zeitungspapier, rotes Lackmuspapier, Wasser

Ausführung. Zu einer Spatelspitze Eisenfeilspäne werden zuerst 10 Tropfen Nitrobenzol und dann 3 ml Salzsäure hinzugefügt. Man schüttelt etwa 8 bis 10 Minuten. Sollte sich aus den Eisenfeilspänen und dem Nitrobenzol ein Klümpchen gebildet haben, rührt man mit einem Glasstab um.

Das entstandene Produkt wird durch die Reaktion mit Lignin (Versuch 314) oder durch die Chlorkalkreaktion untersucht (Versuch 311), indem man das Reaktionsgemisch mit etwa 2 ml Natronlauge bis zur deutlichen alkalischen Reaktion versetzt (prüfen mit rotem Lackmuspapier) und dann etwas Chlorkalk hinzufügt.

Hinweis. Falls beim Zugeben des Nitrobenzols keine Substanz am oberen Teil des Reagenzglases haftenblieb, kann die chemische Umsetzung des Nitrobenzols am Verschwinden des Bittermandelgeruches festgestellt werden.

Auswertung. Bei der Reaktion von Eisen mit Salzsäure entsteht atomarer Wasserstoff, der Nitrobenzol zu Aminobenzol reduziert:



Das Aminobenzol setzt sich sofort mit Salzsäure zu Phenylammoniumchlorid um (vgl. Versuch 314). In der Nachweisreaktion mit dem Lignin des Zeitungspapiers liefert es die charakteristische Gelbfärbung. Natronlauge verdrängt Aminobenzol, das eine schwache Base ist, aus ihrem Salz. Das freigesetzte Aminobenzol reagiert mit dem Chlorkalk unter Violettfärbung.

Versuch 316: Bildung von Tribromphenylammoniumbromid

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen nachweisen, daß die Aminogruppe das chemische Verhalten des Benzolkernes stark beeinflusst.

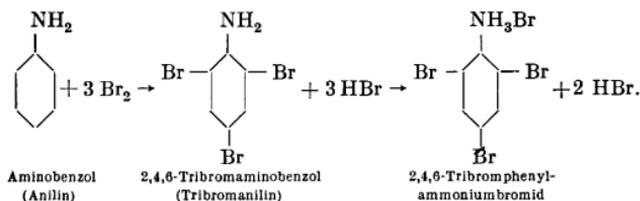
Geräte: 2 Reagenzgläser, Stopfen, Glastrichter, Rundfilter, Reagenzglasständer, Tropfpipette

Chemikalien: Aminobenzol (Anilin), Bromwasser, Wasser

Ausführung. Zu 2 Tropfen Aminobenzol gibt man 15 ml Wasser, verschließt das Glas mit einem Stopfen, schüttelt kräftig und filtriert. Das klare Filtrat wird mit Bromwasser versetzt.

Auswertung. Bromwasser fällt aus einer wäßrigen Lösung von Aminobenzol einen Niederschlag von 2,4,6-Tribromphenylammo-

niumbromid aus. Die Aminogruppe erleichtert ähnlich wie die Hydroxylgruppe (vgl. Versuch 310) die Substitution von drei Wasserstoffatomen des Benzolkernes durch Bromatome:



Wie die Reaktionsgleichung zeigt, reagiert ein Teil des (als Nebenprodukt) entstehenden Bromwasserstoffs mit der Aminogruppe des primär entstehenden Tribromaminobenzols (vgl. auch Versuch 313).

Versuch 317: Verhalten von Benzoesäure gegenüber Wasser und Natronlauge

Ziel des Versuches. Es soll festgestellt werden, daß die in kaltem Wasser schwerlösliche Benzoesäure ein leichtlösliches Natriumsalz bildet.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel, Tropfpipette

Chemikalien: Benzoesäure, 10%ige Natronlauge, 10%ige Salzsäure, Wasser

Ausführung. Eine Spatelspitze Benzoesäure wird mit 3 ml Wasser übergossen und geschüttelt. Dann tropft man in kleinen Anteilen unter dauerndem Schütteln so lange Natronlauge zu, bis eine klare Lösung entstanden ist. Ihr setzt man etwas Salzsäure zu.

Auswertung. Benzoesäure ist in kaltem Wasser schwer löslich. Wird ihr Natronlauge zugesetzt, so entsteht das in Wasser leicht lösliche Natriumbenzoat. Dafür können die Schüler die Reaktionsgleichung aufstellen. Die Benzoesäure ist eine schwache Säure. Sie wird durch Salzsäure aus dem Natriumbenzoat freigesetzt und trübt die Lösung.

Versuch 318: Farbreaktionen der Benzoesäure

Ziel des Versuches. Es soll die Bildung farbiger Schwermetallsalze der Benzoesäure gezeigt werden.

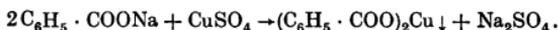
Geräte: 3 Reagenzgläser, Spatel

Chemikalien: Benzoesäure, 10%ige Natronlauge, 10%ige Kupfersulfatlösung, 10%ige Eisen(III)-chloridlösung, Wasser

Ausführung. In einem Reagenzglas wird etwa 1 g Benzoesäure mit etwa 5 ml Wasser versetzt. Dann fügt man 1 ml Natronlauge hinzu

und schüttelt. Es muß gesichert sein, daß alle Natronlauge verbraucht ist. Sollte sich nach dem Schütteln eine klare Lösung gebildet haben, setzt man so lange Benzoesäure zu, bis ein Bodensatz ungelöster Säure bleibt. Nun dekantiert man und verteilt die klare Lösung, die Natriumbenzoat enthält, auf zwei Reagenzgläser. In das eine Glas gibt man einige Tropfen Kupfersulfatlösung, in das andere ein wenig Eisen(III)-chloridlösung.

Auswertung. Es entstehen schwerlösliche, gefärbte Benzoate, Kupfer(II)-benzoat (blau) und Eisen(III)-benzoat (gelbbraun):



Versuch 319: Bildung eines Benzoessäureesters

Ziel des Versuches. Diese Reaktion dient als Nachweis sowohl für Benzoesäure als auch für Äthanol.

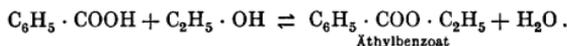
Geräte: *Reagenzglas, Spatel, Spiritusbrenner*

Chemikalien: *Benzoessäure, Äthanol (Primasprit), konzentrierte Schwefelsäure*



Ausführung. Eine Spatelspitze Benzoesäure versetzt man mit etwa 2 ml Äthanol (Primasprit), fügt 2 ml konzentrierte Schwefelsäure zu, schüttelt (Vorsicht! Spritzer!) und erwärmt.

Auswertung. Es bildet sich Benzoesäureäthylester (Äthylbenzoat), der an seinem charakteristischen Geruch erkennbar ist:



Die konzentrierte Schwefelsäure katalysiert die Veresterung und wirkt wasserentziehend; dadurch wird das Gleichgewicht in Richtung der Esterbildung verschoben.

Versuch 320: Reduktionswirkung von Benzaldehyd

Ziel des Versuches. Der Nachweis für die reduzierende Wirkung von Benzaldehyd soll geführt werden.

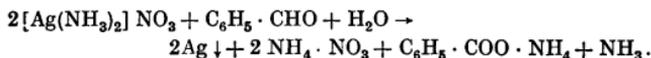
Geräte: *Reagenzglas, Spiritusbrenner, Reagenzglashalter*

Chemikalien: *Benzaldehyd, 10%ige Natronlauge, 5%ige Silbernitratlösung, 10%ige Ammoniaklösung*

Ausführung. Zu 3 ml Silbernitratlösung wird so viel Ammoniaklösung zugefügt, bis sich der anfänglich entstandene Niederschlag eben wieder auflöst. Dann setzt man noch einige Tropfen Natronlauge und zuletzt etwas Benzaldehyd zu. Anschließend wird unter Schütteln erwärmt.

Auswertung. Benzaldehyd reduziert ammoniakalische Silberlösung zu Silber, das sich teilweise als Silberspiegel abscheidet, und

wird dabei zu Benzoesäure oxydiert. Aus ihr bildet sich in der alkalischen Lösung das Ammoniumsalz:



Versuch 321: Benzaldehyd und Fehlingsche Lösung

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß aromatische Aldehyde in stark alkalischer Lösung nicht reduzierend wirken.

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner*
Chemikalien: *Fehlingsche Lösung I und II*), *Benzaldehyd*

Ausführung. 2 ml Fehling I versetzt man mit der gleichen Menge Fehling II, fügt dann einige Tropfen Benzaldehyd hinzu und erhitzt unter dauerndem Schütteln bis zum Sieden.

Vorsicht! Gefahr des Siedeverzuges!



Auswertung. Fehlingsche Lösung wird von Benzaldehyd nicht reduziert, da durch die im Reagenz enthaltene große Laugenmenge die Cannizzaro-Reaktion eintritt (vgl. Versuch 324).

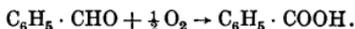
Versuch 322: Verhalten von Benzaldehyd an der Luft

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Oxydation von Benzaldehyd durch Luftsauerstoff feststellen.

Geräte: *Objektträger, Glasstab*
Chemikalien: *Benzaldehyd*

Ausführung. Man streicht auf einem Objektträger einige Tropfen Benzaldehyd zu einem dünnen Film aus und läßt es einige Stunden an der Luft stehen.

Auswertung. Benzaldehyd wird zu Benzoesäure oxydiert, die an ihrer Kristallbildung zu erkennen ist:



Versuch 323: Oxydation von Benzaldehyd

Ziel des Versuches. Die Oxydation des Benzaldehyds läßt sich auch durch das Verschwinden des Bittermandelgeruches feststellen.

¹⁾ Herstellung von Fehlingscher Lösung:

Fehling I: 7 g kristallisiertes Kupfersulfat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ werden in 100 ml Wasser gelöst.

Fehling II: 35 g Kaliumnatriumtartrat (Seignettesalz) $\text{NaOOC} \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{COOK}$ und 10 g Natriumhydroxyd werden in 100 ml Wasser gelöst.

Beide Lösungen sind getrennt aufzubewahren.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Tropfpipette, Glastrichter, Rundfilter, Reagenzglasständer
Chemikalien: Benzaldehyd, 6%ige Kaliumpermanganatlösung, 10%ige Natronlauge, 10%ige Salzsäure

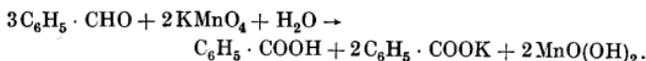
Ausführung a. 5 Tropfen Benzaldehyd werden in das Reagenzglas mit einer Tropfpipette so eingetragen, daß der obere Teil des Glases davon nicht benetzt wird. Die Flüssigkeit mischt man mit 3 ml Kaliumpermanganatlösung und erhitzt unter dauerndem Schütteln bis zum Sieden.

Ausführung b. Es werden die gleichen Mengen Benzaldehyd und Kaliumpermanganatlösung wie bei Ausführung a benutzt, aber noch etwa 2 ml Natronlauge hinzugefügt. Unter dauerndem Schütteln erhitzt man bis zum Sieden und filtriert. Dem klaren Filtrat wird Salzsäure in kleinen Anteilen zugesetzt.

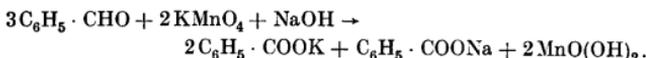


Vorsicht beim Erhitzen! Gefahr des Siedeverzuges!

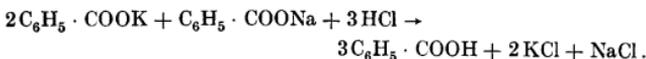
Auswertung. Nach kurzer Zeit ist der charakteristische Bittermandelgeruch verschwunden. Im Reagenzglas hat sich ein brauner Niederschlag von Mangan(IV)-oxydhydrat $MnO(OH)_2$ gebildet. Benzaldehyd wurde bei Ausführung a zur (geruchlosen) Benzoesäure oxydiert, die teilweise als Kaliumbenzoat vorliegt:



Bei Ausführung b ist die entstandene Benzoesäure durch die zugesetzte Lauge vollständig in leichtlösliches Alkalibenzoat übergeführt worden:



Die Alkalibenzoate befinden sich im Filtrat. Die Salzsäure setzt die Benzoesäure frei, die infolge ihrer geringen Löslichkeit das Filtrat trübt:



Versuch 324: Cannizzaro-Reaktion

Ziel des Versuches. Es soll das besondere Verhalten aromatischer Aldehyde in alkalischen Lösungen gezeigt werden.

Ausführung a

Geräte: 2 Reagenzgläser, Stopfen, Glastrichter, Rundfilter, Tropfpipette, Meßzylinder (10 ml)

Chemikalien: Benzaldehyd, 10%ige alkoholische Kalilauge, konzentrierte Salzsäure, Wasser

Ausführung b

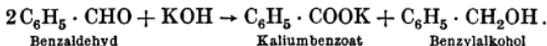
Geräte: 2 Reagenzgläser, Stopfen, Glastrichter, Rundfilter, Tropfpipette
Chemikalien: Benzaldehyd, Kaliumhydroxyd (Plätzchen), konzentrierte Salzsäure, Wasser

Ausführung a. Man gibt in eines der Reagenzgläser 10 Tropfen Benzaldehyd und setzt 4 ml alkoholische Kalilauge hinzu. Das mit einem Stopfen verschlossene Reagenzglas wird einige Zeit geschüttelt und dann abgestellt. Am nächsten Tag ist die Mischung durch Benzoatbildung erhärtet. Man löst sie nun mit der doppelten Menge Wasser, filtriert und versetzt das klare Filtrat mit konzentrierter Salzsäure in kleinen Anteilen, bis sich ein weißer Niederschlag zeigt.

Hinweis. Es darf keinesfalls zu viel Salzsäure zugesetzt werden. Außerdem muß für diesen Versuch reiner Benzaldehyd verwendet werden.

Ausführung b. Zu 4 Plättchen Kaliumhydroxyd gibt man 15 Tropfen Wasser und schüttelt, bis das Hydroxyd gelöst ist, gegebenenfalls wird leicht erwärmt. Dann fügt man 10 Tropfen Benzaldehyd hinzu, schüttelt wieder, verschließt dann das Glas mit einem Stopfen und stellt es bis zur nächsten Chemiestunde ab. Das inzwischen erhärtete Reaktionsgemisch versetzt man mit der doppelten Menge Wasser, schüttelt und filtriert. Zum klaren Filtrat tropft man konzentrierte Salzsäure.

Auswertung. Benzaldehyd zeigt gegenüber Kalilauge ein für aromatische Aldehyde typisches Verhalten. Es erfolgt eine Umlagerung (Disproportionierung) nach Cannizzaro:



Benzaldehyd

Kaliumbenzoat

Benzylalkohol

Kaliumbenzoat ist in Wasser gut löslich, Benzylalkohol dagegen wenig löslich. Beim Verdünnen des Reaktionsgemisches wird deshalb Benzylalkohol ausgeschieden und trübt die Flüssigkeit. Als Filtrat erhält man dann eine wäßrige Lösung von Kaliumbenzoat. Salzsäure zerlegt das Benzoat. Dadurch wird Benzoesäure frei. Sie trübt die Lösung.

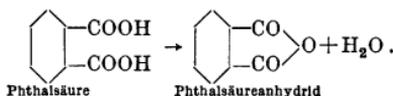
Versuch 325: Phthalsäureanhydrid

Ziel des Versuches. Es soll die Bildung von Phthalsäureanhydrid aus Phthalsäure veranschaulicht werden.

Geräte: Porzellanschale mit flachem Boden, Uhrglas, Spatel, Dreifuß (oder Stativ mit Ring), Asbestdrahtnetz, Spiritusbrenner
Chemikalien: Phthalsäure, Wasser

Ausführung. Eine Spatelspitze Phthalsäure wird gleichmäßig auf dem Boden einer kleinen Porzellanschale verteilt, die man langsam auf einem Asbestdrahtnetz erhitzt. Wenn sich weißer Rauch bildet, bedeckt man die Porzellanschale mit einem Uhrglas (Wölbung nach unten) und gibt darauf mit der Spritzflasche etwas Wasser. Nach einer Minute löscht man die Flamme des Brenners und läßt die bedeckte Schale noch einige Zeit ruhig stehen. Anschließend wird das Uhrglas vorsichtig abgehoben und mit der Wölbung nach oben gedreht.

Auswertung. Beim Erhitzen wird Phthalsäure durch Wasserabspaltung in Phthalsäureanhydrid umgewandelt:



Phthalsäureanhydrid sublimiert und scheidet sich am kalten Uhr-glas in Form langer Nadeln ab.

Versuch 326: Bildung von Natriumphthalat

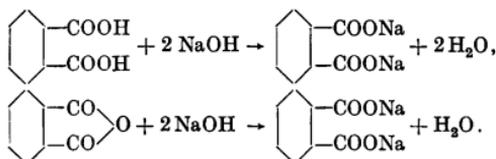
Ziel des Versuches. Es sollen die Löslichkeiten von Phthalsäure, ihrem Anhydrid und von Natriumphthalat gezeigt werden.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Spatel, Stopfen

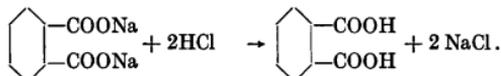
Chemikalien: Phthalsäure, Phthalsäureanhydrid, 10%ige Natronlauge, 10%ige Salzsäure, Wasser, rotes Lackmuspapier

Ausführung. In ein Reagenzglas wird eine kleine Spatelspitze Phthalsäure gegeben, in ein zweites Glas etwa die gleiche Menge Phthalsäureanhydrid. Zu beiden Stoffen fügt man je 3 ml Wasser und schüttelt. Dann gibt man in beide Gläser je etwa 2 ml Natron-lauge und schüttelt. Die Lösungen müssen alkalisch reagieren (Lackmus!) und klar sein. Anschließend versetzt man sie mit je etwa 3 ml Salzsäure.

Auswertung. Phthalsäure und Phthalsäureanhydrid lösen sich kaum im kalten Wasser. Wird Natronlauge zugegeben, so bildet sich in beiden Fällen das gut wasserlösliche Natriumphthalat. Dafür lassen sich folgende Gleichungen aufstellen:



Säuert man die klaren Lösungen von Natriumphthalat mit Salz-säure an, so wird Phthalsäure frei:



Phthalsäure ist jedoch nur wenig in kaltem Wasser löslich und wird deshalb in Form von Kristallflocken ausgeschieden.

Naturstoffe und davon abgeleitete Produkte

Kohlenhydrate

Versuch 327: Zucker und konzentrierte Schwefelsäure

Ziel des Versuches. Der Kohlenstoff in Kohlenhydraten soll nachgewiesen werden.

Geräte: *Reagenzglas, Spatel, Tropfpipette*

Chemikalien: *Glucose (Traubenzucker), konzentrierte Schwefelsäure*

Ausführung. Man gibt einen Spatel Glucose in ein Reagenzglas und fügt dann mit der Pipette tropfenweise konzentrierte Schwefelsäure hinzu.

Hinweis. Es muß eine Tropfpipette mit sehr enger Ausflußöffnung verwendet werden, da sonst die konzentrierte, spezifisch sehr schwere Schwefelsäure von allein heraustropft.

Auswertung. Konzentrierte Schwefelsäure entzieht der Glucose Wasser. Dadurch tritt Braunfärbung und schließlich Verkohlung ein.

Analoge Versuche. Anstelle von Glucose können auch andere Monosaccharide (Fructose, Galaktose, Mannose), aber auch Disaccharide (Saccharose, Lactose oder Maltose) oder Polysaccharide (Stärke bzw. Cellulose in Form von Baumwolle oder Papier) verwendet werden.

Versuch 328: Verharzung von Glucose (Traubenzucker)

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß Glucose Aldehydeigenschaften besitzt.

Geräte: *Reagenzglas, Spatel, Spiritusbrenner, Tropfpipette, Reagenzglashalter*

Chemikalien: *Glucose, 30%ige Natronlauge*

Ausführung. Man füllt in ein Reagenzglas etwa einen Spatel Glucose ein, setzt 1 bis 2 ml Natronlauge zu und erwärmt.

Auswertung. Die Flüssigkeit färbt sich dunkelbraun, weil Glucose infolge ihres Aldehydcharakters verharzt. Dieser Reaktion dürften ein Polymerisationsprozeß sowie Autooxydation und Zersetzung zugrunde liegen.

Versuch 329: Reduzierende Eigenschaften der Glucose (Traubenzucker)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen nachweisen, daß Glucose reduzierend wirkt.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner
Chemikalien: 10%ige Glucoselösung, Fehlingsche Lösung I und II¹⁾, ammoniakalische Silbersalzlösung

Ausführung. Entsprechend den Angaben bei Versuch 279 sind die Reaktion mit Fehlingscher Lösung sowie die Silber Spiegelprobe durchzuführen.

Auswertung. Bei dieser Reaktion wird Glucose zu Gluconsäure oxydiert, die durch die Natronlauge aus der Fehlingschen Lösung in ihr Natriumsalz (Natriumgluconat) umgewandelt wird.

Versuch 330: Trommersche Probe

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß Glucose komplexbildend wirkt, wobei das Reduktionsvermögen erhalten bleibt.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spatel, Tropfpipette, Spiritusbrenner
Chemikalien: Glucose, 10%ige Natronlauge, 10%ige Kupfersulfatlösung, Wasser

Ausführung. In das Reagenzglas gibt man eine Spatelspitze Glucose, versetzt mit höchstens 1 ml Wasser und mit 2 ml Natronlauge. Zu der klaren Lösung werden einige Tropfen Kupfersulfatlösung hinzugefügt und durch Schütteln gemischt. Dann erhitzt man die Probe unter ständigem Schütteln zum Sieden.



Vorsicht! Die alkalische Flüssigkeit neigt zum Siedeverzug!

Auswertung. Glucose reagiert mit der Kupfersulfatlösung in Gegenwart von Natronlauge unter Bildung eines wasserlöslichen Glucose-Kupfer(II)-Komplexsalzes, das dunkler blau gefärbt ist als die zugesetzte Kupfersulfatlösung. Beim Erhitzen wird wie bei Anwendung von Fehlingscher Lösung ein Niederschlag von ziegelrotem Kupfer(I)-oxyd ausgeschieden.

Abwandlung des Versuches. Anstelle der 10%igen Kupfersulfatlösung kann auch Fehling I verwendet werden. Dabei sind die Schüler darauf aufmerksam zu machen, daß Fehling I lediglich eine etwa 4%ige Kupfersulfatlösung ist.

Versuch 331: Untersuchung von Früchten, Gemüse und Kunsthonig auf Zucker

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß in Früchten beziehungsweise Gemüsen und Kunsthonig reduzierende Stoffe (Zucker) enthalten sind.

¹⁾ Herstellung siehe Fußnote Seite 261!

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Glasstab, Messer, Spiritusbrenner, Reagenzglasständer, Brenner

Chemikalien: Apfel oder Beerenobst, Karotte, Kunsthonig, Fehling I und II¹⁾, Wasser

Ausführung. Man zerkleinert ein Stück Apfel (Karotte) oder zerquetscht einige Beeren und erhitzt in einem Reagenzglas zum Sieden, nachdem man etwa 5 ml Wasser zugegeben hat. Anschließend werden gleiche Teile Fehling I und II (zusammen etwa 3 ml) in einem Reagenzglas gemischt. Der entstandenen Lösung werden 2 bis 3 ml von dem wäßrigen Obstauszug zugesetzt und zum Sieden erhitzt.

Vorsicht! Alkalische Flüssigkeiten neigen zum Siedeverzug!

Auswertung. In vielen Früchten, Gemüsen sowie in Kunsthonig sind Zucker enthalten, die Fehlingsche Lösung zu Kupfer(I)-oxyd reduzieren. Meist liegen Fructose und Glucose vor.

Abwandlung des Versuches. Anstelle der Fehlingschen Lösung kann ammoniakalische Silbersalzlösung verwendet werden.



Versuch 332: Bildung von Calciumalkoxyd (Alkoholat) aus Glucose (Traubenzucker)

Ziel des Versuches. Es soll der Alkanolcharakter der Glucose erkannt werden.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel, Stopfen

Chemikalien: Glucose, Calciumoxyd oder Calciumhydroxyd, Wasser

Ausführung. Man gibt etwas Calciumoxyd oder Calciumhydroxyd in ein Reagenzglas und füllt es fast vollständig mit Wasser. Nun schüttelt man kräftig, nachdem das Glas zuvor mit dem Stopfen verschlossen wurde und stellt die Aufschlammung kurze Zeit ab, damit sich größere Teilchen absetzen können. Dann werden etwa 3 ml der Kalkmilch in ein zweites Reagenzglas gegossen. Ein kleiner Spatel Glucose wird in 3 bis 4 ml Wasser gelöst und die Zuckerklösung in kleinen Anteilen der Kalkmilch zugegeben, wobei man nach jeder Zugabe schüttelt.

Auswertung. Das Glucosemolekül enthält mehrere alkoholische Hydroxylgruppen und ist deshalb befähigt, Metallalkoxyde (Alkoholate) zu bilden. Wird Glucoselösung zu Kalkmilch (die auch ungelöstes Calciumhydroxyd enthält) gegeben, so bildet sich wasserlösliches Calciumalkoxyd (Calciumalkoholat), und die milchige Flüssigkeit wird klar. Bleibt eine leichte Trübung der Lösung bestehen, so ist dies auf die Anwesenheit von Calciumcarbonat zurückzuführen.

Abwandlung des Versuches. Man löst Glucose auf und fügt tropfenweise Kalkmilch unter Schütteln hinzu. Am Anfang verschwindet die Trübung der Kalkmilch sofort.

¹⁾ Herstellung siehe Fußnote Seite 261!

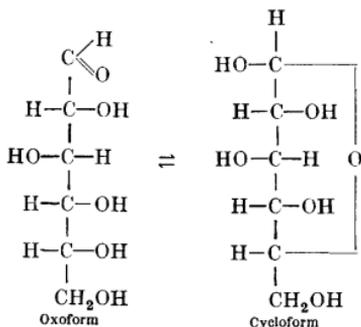
Versuch 333: Glucose (Traubenzucker) und fuchsinschweflige Säure

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß sich Glucose und Alkanale gegenüber Schiffs Reagenz unterschiedlich verhalten.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Spatel, Reagenzglasständer, Stopfen
Chemikalien: Glucose, 30%ige Methanallösung (Formalin), Schiffs Reagenz¹⁾ (fuchsinschweflige Säure), Wasser

Ausführung. In das eine Reagenzglas gibt man eine kleine Spatelspitze Glucose, in das zweite Glas etwa 1 ml Methanallösung, versetzt beide Substanzen mit je 3 ml Wasser und anschließend mit je 4 ml Schiffs Reagenz. Nun mischt man durch Schütteln.

Auswertung. Nach kurzer Zeit färbt sich die Methanal enthaltende Flüssigkeit violett (Reaktion auf Alkanale). Die Glucoselösung hingegen bleibt farblos. Das besondere Verhalten der Glucose ist im Vorhandensein zweier tautomerer Formen dieser Verbindung begründet:



Das Gleichgewicht ist zwischen der Kettenform (Oxoform) und der Ringform (Cycloform) weitgehend nach der Seite der letzteren verschoben. In der Lösung sind demnach nur verhältnismäßig wenig kettenförmige Glucosemoleküle – nur diese enthalten die Aldehydgruppe – vorhanden. Deshalb tritt mit fuchsinschwefliger Säure keine Reaktion ein.

Versuch 334: Unterscheidung von Glucose (Traubenzucker) und Fructose (Fruchtzucker)

Ziel des Versuches. Es soll das unterschiedliche Verhalten von Aldosen und Ketosen gezeigt werden.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Tropfpipette, Spatel, Reagenzglasständer
Chemikalien: Glucose, Fructose, Jod-Kaliumjodid-Lösung, Kalilauge, Wasser

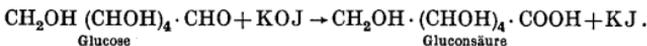
¹⁾ Herstellung siehe Fußnote Seite 223f

Ausführung. Man gibt in ein Reagenzglas 5 ml Jod-Kaliumjodid-Lösung und fügt tropfenweise Kalilauge hinzu, bis die Färbung der Flüssigkeit nach hellgelb umschlägt. In das zweite Reagenzglas werden eine Spatelspitze Glucose, in das dritte die gleiche Menge Fructose gegeben und durch Zugabe von je 2 ml Wasser gelöst. Anschließend verteilt man die hellgelbe Lösung aus dem ersten Reagenzglas gleichmäßig auf die beiden Zuckerlösungen.

Auswertung. Aus dem Jod der Jod-Kaliumjodid-Lösung und der Kalilauge entstehen Kaliumhypoiodid KOJ und Kaliumjodid:



Das Kaliumhypoiodid oxydiert die Glucose rasch zu Gluconsäure. Dadurch wird die gelbe Lösung sofort entfärbt:



Die Fructose wird nur sehr langsam oxydiert (langsame Entfärbung). Fructose als Ketose wirkt direkt nicht reduzierend. Erst durch die Kalilauge wird die Fructose nach einiger Zeit in eine reduzierende Verbindung umgewandelt.

Versuch 335: Unterscheidung von Glucose (Traubenzucker) und Fructose (Fruchtzucker)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine analytisch wichtige Methode zur Unterscheidung beider Zuckerarten kennenlernen.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Tropfpipette, Spatel, Spiritusbrenner

Chemikalien: Glucose, Fructose, 1,3-Dihydroxybenzol (Resorcin), 10%ige Salzsäure

Ausführung. In das eine Reagenzglas gibt man eine kleine Spatelspitze Glucose, in das zweite die gleiche Menge Fructose und versetzt beide Substanzen mit je 20 Tropfen Salzsäure. Zu beiden Proben fügt man je ein Kriställchen 1,3-Dihydroxybenzol zu und erwärmt unter Schütteln.

Auswertung. Die Fructoselösung färbt sich dunkelrot, die Glucoselösung bleibt fast farblos (manchmal tritt eine blasse, gelbbraune Färbung auf). Diese Reaktion beruht darauf, daß Fructose als eine Ketose mit Säuren leicht in Hydroxymethyl-furfurol übergeht, das mit 1,3-Dihydroxybenzol-Salzsäure eine empfindliche Farb-reaktion gibt (Nachweis nach Seliwanow).

Versuch 336: Bildung von Karamel aus Saccharose (Rohrzucker)

Ziel des Versuches. Es soll das Verhalten der Saccharose beim Erhitzen beobachtet werden.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spatel, Spiritusbrenner

Chemikalien: Saccharose, Wasser

Ausführung. Eine Spatelspitze Saccharose gibt man in ein Reagenzglas und erhitzt vorsichtig über kleiner Flamme. Nachdem sich die Substanz dunkelbraun gefärbt hat, läßt man abkühlen. Nun versetzt man mit Wasser und erwärmt unter Schütteln.

Auswertung. Saccharose schmilzt beim Erhitzen (F: 185 °C), gibt Wasser ab und geht in das eigentümlich riechende, dunkelbraun gefärbte Karamel über, das noch wasserlöslich ist. Erhitzt man weiter, so nimmt die thermische Wasserabspaltung und Zersetzung ihren Fortgang. Es bildet sich die schwarze, wasserunlösliche Zuckerkohle.

Versuch 337: Untersuchung von Magermilch

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen nachweisen, daß der in der Milch enthaltene Zucker (Lactose) reduzierend wirkt.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Tropfpipette, Trichter, Rundfilter, Spiritusbrenner, Reagenzglasständer

Chemikalien: Magermilch, 10%ige Äthansäure (Essigsäure), Fehling I und II¹⁾

Ausführung. Man füllt ein Reagenzglas zu drei Vierteln mit Magermilch, versetzt sie mit einigen Tropfen Äthansäure und schüttelt. Dann wartet man, bis sich der Niederschlag etwas abgesetzt hat und filtriert in das zweite Reagenzglas. Im dritten werden gleiche Teile Fehling I und II (zusammen etwa 3 ml) gemischt, etwa 2 ml Filtrat hinzugefügt und unter ständigem Schütteln über kleiner Flamme zum Sieden erhitzt.



Vorsicht! Siedeverzug!

Auswertung. Es fällt ein ziegelroter Niederschlag von Kupfer(I)-oxyd aus. Das ist ein Zeichen dafür, daß in der Milch ein reduzierender Stoff vorhanden sein muß. Magermilch enthält in der Hauptsache nur Zucker, Eiweiße und Mineralsalze. Da die beiden letzteren kein Reduktionsvermögen besitzen, kann die reduzierende Wirkung nur vom Zucker (Lactose) herrühren.

Abwandlung des Versuches. Anstelle von Magermilch kann auch Vollmilch verwendet werden. In diesem Falle verdünnt man die Milch vor Zugabe der Äthansäure mit ungefähr der gleichen Menge Wasser.

Analoge Versuche. Das Reduktionsvermögen des in der Milch enthaltenen Zuckers kann auch mittels ammoniakalischer Silbersalzlösung nachgewiesen werden.

Versuch 338: Bildung von Tricalciumsaccharat

Ziel des Versuches. Es soll die Notwendigkeit der Saturation bei der Zuckergewinnung aus Rüben veranschaulicht werden.

¹⁾ Herstellung siehe Fußnote Seite 261!

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglasshalter, Spatel, Trichter, Rundfilter, Reagenzglasständer, Spiritusbrenner
Chemikalien: Saccharose (Rohrzucker), Calciumoxyd oder Calciumhydroxyd, Wasser

Ausführung. In ein Reagenzglas gibt man eine Spatelspitze Saccharose, fügt höchstens 2 ml Wasser hinzu und schüttelt, bis eine klare Lösung entstanden ist. Aus einer Spatelspitze Calciumoxyd oder Calciumhydroxyd stellt man durch Schütteln mit 5 ml Wasser in einem zweiten Reagenzglas Kalkmilch her, zu der man dann die Saccharoselösung gibt. Das Gemisch, das durch überschüssiges Calciumhydroxyd milchig getrübt ist, wird einige Zeit kräftig geschüttelt und dann filtriert. Das klare Filtrat wird unter ständigem Schütteln über kleiner Flamme erhitzt.

Vorsicht beim Erhitzen der alkalischen Flüssigkeit! Siedeverzug!

Hinweis. Falls das Auflösen des Zuckers durch Erwärmen beschleunigt werden soll, muß man die Flüssigkeit anschließend wieder auf Raumtemperatur abkühlen.

Auswertung. Saccharose reagiert bei Raumtemperatur mit Calciumhydroxyd und bildet wasserlösliches Calciumsaccharat. Die Saccharose zeigt also in dieser Beziehung ein ähnliches Verhalten wie die Glucose (vgl. Versuch 332). Erhitzt man die Saccharatlösung zum Sieden, so fällt fast unlösliches Tricalciumsaccharat $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 3CaO \cdot 3H_2O$ aus. Diese Reaktionen haben große technische Bedeutung: Bei der Scheidung des Rohsaftes der Rübenzuckergewinnung bildet sich wasserlösliches Saccharat, das die Filter passieren und die Verdampferapparate durch Ausscheidungen von Tricalciumsaccharat unbrauchbar machen würde. Deshalb wird das lösliche Saccharat durch Einleiten von Kohlendioxyd bei der Sätturation zerstört.



Versuch 339: Inversion von Saccharose (Rohrzucker)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen den Nachweis führen, daß Saccharose durch Säurehydrolyse in reduzierend wirkenden Zucker zerlegt wird.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Spatel, Tropfpipette, Reagenzglasshalter, Reagenzglasständer, Spiritusbrenner
Chemikalien: Saccharose, 10%ige Schwefelsäure, 10%ige Natronlauge, Fehling I und II¹⁾, Wasser, rotes Lackmuspapier

Ausführung. In das eine Reagenzglas gibt man eine Spatelspitze Saccharose, etwa 3 ml Wasser, 5 Tropfen Schwefelsäure und erhitzt. Man läßt die Lösung etwa 3 Minuten sieden und stellt dann das Glas ab. Anschließend werden gleiche Teile Fehling I und II (zusammen etwa 3 ml) in dem anderen Reagenzglas gemischt. Nun gibt man zur Flüssigkeit im ersten Reagenzglas etwa 1 ml

¹⁾ Herstellung siehe Fußnote Seite 2611



Natronlauge, prüft mit Lackmuspapier auf alkalische Reaktion, fügt die Fehlingsche Lösung hinzu und erhitzt unter ständigem Schütteln zum Sieden.

Vorsicht! Siedeverzug!

Auswertung. Beim Sieden mit verdünnten anorganischen Säuren oder nichtflüchtigen organischen Säuren wird Saccharose in Einfachzucker (Monosaccharide) gespalten. Es entstehen durch Hydrolyse Glucose und Fructose. Beide Einfachzucker reduzieren im alkalischen Medium Fehlingsche Lösung, weshalb beim Erhitzen (rotes) Kupfer(I)-oxyd ausfällt.

Abwandlung des Versuches. Anstelle der verdünnten Schwefelsäure können Salzsäure, Weinsäure, Citronensäure und andere verwendet werden. Bei Weinsäure und Citronensäure verläuft die Hydrolyse wesentlich langsamer. Man muß deshalb längere Zeit (etwa 8 bis 10 Minuten) erhitzen.

Die Reduktionswirkung der entstandenen Einfachzucker kann auch mit ammoniakalischer Silbersalzlösung nachgewiesen werden.

Versuch 340: Bildung von Fructose (Fruchtzucker) aus Saccharose (Rohrzucker)

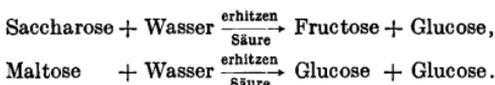
Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß bei der Säurehydrolyse von Saccharose auch Fructose entsteht.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Tropfpipette, Spiritusbrenner, Spatel

Chemikalien: Saccharose, Maltose (Malzzucker), 10%ige Salzsäure, 1,3-Dihydroxybenzol (Resorcin)

Ausführung. In das eine Reagenzglas gibt man eine kleine Spatelspitze Saccharose, in das zweite die gleiche Menge Maltose und versetzt beide Substanzen mit je 20 Tropfen Salzsäure. Dann fügt man zu beiden Proben je ein Kriställchen 1,3-Dihydroxybenzol hinzu und erwärmt unter Schütteln.

Auswertung. Saccharose und Maltose sind Disaccharide, die durch Säuren in der Wärme hydrolytisch in Einfachzucker gespalten werden:



Nur Saccharose liefert bei der Säurehydrolyse Fructose, die mit 1,3-Dihydroxybenzol-Salzsäure eine dunkelrote Färbung ergibt (vgl. Versuch 335).

Versuch 341: Verhalten von Stärke gegenüber Wasser

Ziel des Versuches. Es soll das Verhalten der Stärke gegenüber kaltem und heißem Wasser untersucht werden.

Geräte: *Reagenzglas (160 mm × 16 mm), Reagenzglas (100 mm × 12 mm), Spatel, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Spiritusbrenner*
Chemikalien: *Stärke, Wasser*

Ausführung. Man gibt in das kleine Reagenzglas eine Spatelspitze Stärke, fügt etwa 4 ml Wasser hinzu, schüttelt und stellt das Glas ab. Das größere Reagenzglas füllt man zur Hälfte mit Wasser und erhitzt zum Sieden. Nun wird das Glas mit der Stärke geschüttelt und die weiße Aufschlammung in das siedende Wasser gegeben.

Auswertung. Beim Schütteln von Stärke mit kaltem Wasser erhält man eine milchige Aufschlammung, aus der sich die Stärke rasch wieder absetzt. Stärke ist in kaltem Wasser unlöslich. Gibt man Stärkeaufschlammung in siedendes Wasser, so löst sich die Stärke kolloid zu einer fast klaren Lösung. Es bildet sich Stärkekleister.

Versuch 342: Jodreaktion der Stärke

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Stärke mit der Jodreaktion nachweisen sowie verschiedene Nahrungsmittel auf Stärke prüfen.

Geräte: *4 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Tropfpipette, Spiritusbrenner, Becherglas mit kaltem Wasser, Reibschale mit Pistill, Messer, Glasstab*

Chemikalien: *Stärkekleister (aus Versuch 341), Jod-Kaliumjodid-Lösung, Wasser, rohe Kartoffeln, weiße Bohnen, Getreidekörner*

Ausführung. In einem Reagenzglas wird 1 ml des Stärkekleisters mit 5 ml Wasser verdünnt, dann ein Tropfen Jod-Kaliumjodid-Lösung hinzugefügt und geschüttelt. Anschließend wird kurz erhitzt, bis die entstandene Färbung gerade verschwindet. Dann stellt man das Reagenzglas zum Abkühlen in ein Becherglas mit kaltem Wasser.

Eine rohe Kartoffel schält man an einer Stelle, schabt etwas davon ab und schiebt den Brei mit einem Glasstab in ein Reagenzglas. Nun wird mit dem Pistill in einer Reibschale eine weiße Bohne zerdrückt. Das gleiche geschieht mit Getreidekörnern. Kleine Mengen davon werden jeweils in ein Reagenzglas gegeben. Alle drei Proben versetzt man anschließend mit je etwa 5 ml Wasser, erhitzt zum Sieden und kühlt in einem Becherglas mit kaltem Wasser auf Raumtemperatur ab. Zum Schluß fügt man je einen Tropfen Jod-Kaliumjodid-Lösung hinzu.

Auswertung. Jodlösungen färben Stärkekleister blau. Wird die Flüssigkeit erhitzt, so verschwindet die blaue Färbung, tritt aber beim Abkühlen – falls nicht zu lange erhitzt wurde – wieder auf. Die Blaufärbung beruht auf einer lockeren Additionsverbindung zwischen Stärke und Jod.

Hinweis. Falls der Kleister zu stark konzentriert ist oder zu viel Jodlösung verwendet wurde, erhält man eine fast schwarze

Färbung. Besonders kräftig ist die Färbung bei der Kartoffelstärke.

Analoger Versuch. Es läßt sich auch Dextrin als Abbauprodukt der Stärke mit Jod-Kaliumjodid-Lösung prüfen. Man stellt aus einer Spatelspitze Dextrin und etwa 4 ml Wasser eine Mischung her. Wird Jodlösung zugesetzt, tritt eine braune bis braunviolette Färbung auf.

Versuch 343: Unterscheidung der Margarine von Butter mit Hilfe der Jod-Stärke-Reaktion

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen nachweisen, daß Margarine zum Zwecke der Nahrungsmitteluntersuchung Stärke enthält.

Geräte: 4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Reagenzglashalter, 2 Tropfpipetten, Glasstab, Becherglas mit Wasser, Thermometer, Dreifuß oder Stativ mit Ring, Asbestdrahtnetz, Spiritusbrenner
Chemikalien: Butter, Margarine, Jod-Kaliumjodid-Lösung, Wasser

Ausführung. Mit einem Glasstab füllt man ein Reagenzglas zur Hälfte mit Butter und ein zweites zur Hälfte mit Margarine (dieses Glas wird markiert). Beide Proben werden zum Schmelzen erwärmt und in ein Becherglas mit etwa 70 °C heißem Wasser gestellt. Man läßt sie so lange stehen, bis sich in beiden Reagenzgläsern je zwei deutlich erkennbare Schichten gebildet haben. Nun entnimmt man zuerst der Butterprobe mit einer Tropfpipette die untere (wäßrige) Schicht und überträgt diese in ein drittes Reagenzglas. In das vierte Glas gibt man die untere Schicht der Margarineprobe. Anschließend werden diese Flüssigkeiten mit je etwa der gleichen Menge Wasser verdünnt, zum Sieden erhitzt, auf Raumtemperatur abgekühlt und mit je einem Tropfen Jod-Kaliumjodid-Lösung versetzt.

Auswertung. Die oberen Schichten bestehen jeweils aus Fett, die unteren aus Wasser. Das Wasser aus der Margarine enthält etwas Stärke, die mit Jod die charakteristische Blaufärbung ergibt. Bei der Butter verläuft die Probe negativ. Durch diese Reaktion läßt sich Margarine leicht von Butter unterscheiden, auch Zumischungen von Margarine zur Butter sind nachweisbar.

Versuch 344: Fermentative Hydrolyse von Stärke

Ziel des Versuches. Es soll der allmähliche Abbau der Stärke durch das Ptyalin des Speichels gezeigt werden.

Geräte: Reagenzglas (160 mm × 16 mm), 4 Reagenzgläser (100 mm × 12 mm), Reagenzglasständer, Becherglas (150 ml), Dreifuß oder Stativ mit Ring, Asbestdrahtnetz, Spiritusbrenner, Reagenzglashalter, Spatel, Tropfpipette, Thermometer
Chemikalien: Stärke, Jod-Kaliumjodid-Lösung, Wasser

Ausführung. Wie in Versuch 341 stellt man in einem Reagenzglas Stärkekleister her und kühlt den Inhalt auf 40 °C ab. In vier Reagenzgläser gibt man je 5 ml Wasser sowie je 1 Tropfen Jod-Kaliumjodid-Lösung und schüttelt. Die Jodlösungen dürfen nur schwach gelbbraun gefärbt sein. Anschließend wird der Stärkekleister reichlich mit Speichel versetzt, durch Schütteln gemischt und seine Temperatur in einem Becherglas mit warmem Wasser auf höchstens 40 °C gehalten. Gleich zu Beginn und dann jeweils nach 30 Sekunden entnimmt man eine kleine Probe, die man in ein Reagenzglas mit Jodlösung eintropft.

Auswertung. Der Mundspeichel enthält das Ferment Ptyalin, das Stärke über Dextrin bis zu dem Disaccharid Maltose abbaut. Am Anfang liegt Stärkekleister vor, der durch Blaufärbung kenntlich ist. Dann färbt sich die Lösung braun (Dextrinbildung). Zum Schluß tritt keine Farbreaktion mehr auf, da Maltose entstanden ist.

Weiterführung des Versuches. Die Bildung reduzierender Zucker aus Stärke kann bei obigem Versuch nachgewiesen werden, indem man den abgebauten Stärkekleister mit Fehlingscher Lösung oder ammoniakalischer Silbersalzlösung prüft.

Analoger Versuch. Einige Krumen vom Inneren eines Brötchens werden in einem Reagenzglas mit etwa 4 ml Wasser gekocht. Die Flüssigkeit, die Stärkekleister enthält, wird nach Abkühlen auf Raumtemperatur mit Fehlingscher Lösung und Jod-Kaliumjodid geprüft. Während dieser Arbeit wird ein Stück des gleichen Brötchens etwa 4 Minuten gut durchgekaut. Den Speisebrei bringt man in ein Reagenzglas, verdünnt mit etwas Wasser und prüft mit Fehlingscher Lösung oder ammoniakalischer Silbersalzlösung oder Jod-Kaliumjodid-Lösung.

Versuch 345: Säurehydrolyse von Stärke

Ziel des Versuches. Es soll der Abbau der Stärke durch verdünnte anorganische Säuren nachgewiesen werden.

Geräte: Reagenzglas (180 mm × 18 mm), Reagenzglas (100 mm × 12 mm), Tropfpipette, Reagenzglasständer, Reagenzglasständer, Spiritusbrenner
Chemikalien: Stärkekleister (aus Versuch 341), 10%ige Natronlauge, Fehling I und II¹⁾, rotes Lackmuspapier

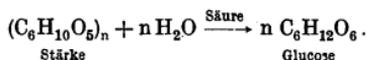
Ausführung. Man gibt in das große Reagenzglas etwa 4 ml Stärkekleister, fügt 6 Tropfen Salzsäure hinzu, erhitzt und läßt 4 bis 5 Minuten über kleiner Flamme sieden. Nach dem Sieden wird die Flüssigkeit durch 1 ml Natronlauge alkalisch gemacht (Prüfung mit Lackmuspapier). Nun mischt man in dem kleinen Reagenzglas gleiche Teile Fehling I und II (zusammen etwa 4 ml), gibt das Reagenz zur alkalischen Lösung und erhitzt unter Schütteln wieder zum Sieden.

¹⁾ Herstellung siehe Fußnote Seite 261!



Vorsicht! Siedeverzug! Die Flüssigkeit siedet stoßweise, weshalb hier ein großes Reagenzglas verwendet und dauernd geschüttelt werden muß.

Auswertung. Beim Sieden des Kleisters mit verdünnter anorganischer Säure wird Stärke zu Glucose abgebaut:



Glucose reduziert im alkalischen Medium Fehlingsche Lösung zu Kupfer(I)-oxyd, das als roter Niederschlag ausfällt.

Abwandlung des Versuches. Anstelle der Salzsäure kann eine andere, beim Sieden nichtflüchtige Säure (z. B. Schwefelsäure) verwendet werden. Die Reduktionswirkung der entstandenen Glucose läßt sich auch mit ammoniakalischer Silberosalz-lösung nachweisen.

Versuch 346: Farbreaktion der Cellulose

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen einen qualitativen Nachweis für Cellulose kennenlernen.

Geräte: *Reagenzglas, Glasstab, Becherglas, 2 Tropfpipetten*
Chemikalien: *Zinkchlorid-Jod-Lösung (Chlorzinkjodlösung), Jod-Kaliumjodid-Lösung, Wasser, weiße Zellwolle (Watte), Filterpapier*

Ausführung. Man tropft auf Filterpapier (reine Cellulose) Jod-Kaliumjodid-Lösung und etwas davon entfernt Zinkchlorid-Jod-Lösung. Dann stopft man mit einem Glasstab etwas weiße Zellwolle in ein Reagenzglas, versetzt mit wenig Zinkchlorid-Jod-Lösung, läßt einige Zeit einwirken und spült die Zellwolle im Becherglas mit Wasser.

Auswertung. Cellulose ergibt mit Jod-Kaliumjodid-Lösung im Gegensatz zu Stärke keine Blaufärbung, während Zinkchlorid-Jod-Lösung Cellulose blau färbt. Wenn dieses Reagenz im Überschuß vorhanden ist, dann wird die Blaufärbung durch die kräftig braune Lösung gegen Graubraun verschoben. Durch Spülen mit Wasser wird die Blaufärbung wieder sichtbar.

Versuch 347: Löslichkeit der Cellulose

Ziel des Versuches. Es soll ein technisch wichtiges Verfahren zur Lösung von Cellulose veranschaulicht werden.

Geräte: *2 Reagenzgläser (180 mm × 18 mm), 2 Stopfen, Glasstab, 2 Bechergläser*

Chemikalien: *Schweizers Reagenz*¹⁾, *weiße Zellwolle (Watte)*, *Filterpapier*, *10%ige Schwefelsäure*

Ausführung. Man stopft in ein Reagenzglas etwa 1 cm hoch weiße Zellwolle in ein zweites die gleiche Menge Filterpapierschnitzel, versetzt beides mit 5 ml Schweizers Reagenz und rührt mit einem Glasstab gut durch. Nun werden die Reagenzgläser mit Stopfen verschlossen und bis zur nächsten Chemiestunde stehen gelassen. Die entstandenen Celluloselösungen gießt man in kleinen Portionen in Bechergläser, die je 70 ml Schwefelsäure enthalten.

Hinweis. Manchmal löst sich bei dem obigen Versuch die Zellwolle (das Papier) nicht vollständig auf. In diesem Falle dekantiert man vorsichtig die klaren Lösungen vom Rückstand in andere Reagenzgläser oder filtriert über Glaswolle. In die Schwefelsäure sollen nur völlig klare Lösungen gegossen werden.

Auswertung. Cellulose löst sich in Schweizers Reagenz auf (Zellwolle leichter als Filterpapier) und wird aus dieser Lösung durch Säuren als sogenannte „Hydratcellulose“ wieder ausgefällt. Im Versuch bilden sich in der verdünnten Schwefelsäure voluminöse Flocken. Schweizers Reagenz enthält Tetramminkupfer(II)-hydroxyd $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ und wird in der Chemiefaserindustrie zum Lösen des Zellstoffs bei der Herstellung der Kupferkunstseide (Kuseta) verwendet.

Versuch 348: Säurehydrolyse von Cellulose

Ziel des Versuches. Es soll der hydrolytische Abbau der Cellulose bis zu reduzierenden Stoffen (Glucose) gezeigt werden.

Geräte: *2 Reagenzgläser, Reibschale mit Pistill, Becherglas (150 ml, hohe Form), Dreifuß oder Stativ mit Ring, Asbestdrahtnetz, Spiritusbrenner, Reagenzglashalter*

Chemikalien: *80%ige Schwefelsäure, 30%ige Natronlauge, Fehling I und II*²⁾, *rotes Lackmuspapier, Wasser, Filterpapier*

Ausführung. In einer Reibschale verreibt man sorgfältig etwa 4 Minuten lang Filterpapierschnitzel mit wenig Schwefelsäure zu einem dicken Brei, der dann mit ungefähr 50 ml Wasser in das Becherglas gegeben wird. Anschließend erhitzt man etwa 30 Minuten die Flüssigkeit zum Sieden. Wenn dabei mehr als die Hälfte verdampft, muß noch Wasser zugegeben werden. Nun wird abge-

¹⁾ Herstellung von Schweizers Reagenz:

25 g kristallisiertes Kupfersulfat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ werden in etwa 500 ml kaltem Wasser gelöst und in einem 1-Liter-Standzylinder mit 80 ml 10%iger Natronlauge versetzt. Nun füllt man mit Wasser auf einen Liter auf, rührt gut durch und läßt einige Zeit stehen. Dann wird der blaue Niederschlag von Kupfer(II)-hydroxyd durch Dekantieren abgetrennt und wieder mit Wasser versetzt. Anschließend wird erneut dekantiert, der Niederschlag abgenutscht oder durch ein großes Faltenfilter filtriert und in ein Becherglas gegeben. Zum Schluß setzt man so viel 25%ige Ammoniaklösung zu, daß das Kupfer(II)-hydroxyd eben gelöst wird. Es bildet sich eine tiefblaue Lösung.

²⁾ Herstellung siehe Fußnote Seite 261!

kühlt und Natronlauge bis zur alkalischen Reaktion zugegeben. Nach der Prüfung mit Lackmuspapier gibt man etwa 3 ml dieser Flüssigkeit zu 3 ml Fehlingscher Lösung und erhitzt zum Sieden.



Vorsicht! Beim Verreiben mit Schwefelsäure, beim Sieden und bei der Laugenzugabe Spritzgefahr!

Auswertung. Durch die kombinierte Behandlung mit hochkonzentrierter und verdünnter Schwefelsäure wird Cellulose durch Hydrolyse zu Glucose abgebaut (vgl. Versuch 347). Glucose als Endprodukt der Säurehydrolyse und Cellobiose $C_{12}H_{22}O_{11}$ als Zwischenprodukt wirken reduzierend auf Fehlingsche Lösung, wodurch rotes Kupfer(I)-oxyd ausgefällt wird.

Abwandlung des Versuches. Nachdem die Flüssigkeit im Becherglas alkalisch reagiert, mischt man Fehling I und II (zusammen etwa 10 ml), gibt dieses Reagenz in das Becherglas und erhitzt zum Sieden. Die Reduktionswirkung der Hydrolyseprodukte kann auch mit ammoniakalischer Silbersalzlösung nachgewiesen werden.

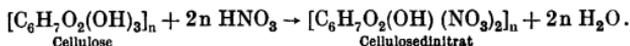
Versuch 349: Bildung von Cellulosedinitrat

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß Cellulose Ester bilden kann.

Geräte: Reagenzglas, Glasstab, Uhrglas, Filterpapier, Becherglas, Stopfen
Chemikalien: konzentrierte Salpetersäure, konzentrierte Schwefelsäure, 10%ige Ammoniaklösung, Zellwolle (Watte)

Ausführung. Man gibt in ein Reagenzglas etwa 3 ml Salpetersäure. Dazu fügt man vorsichtig in kleinen Portionen 6 ml Schwefelsäure und drückt in dieses Gemisch mit einem Glasstab eine Wattekugel von etwa 1 cm Durchmesser. Man rührt einige Male durch und gießt nach 10 Minuten das Säuregemisch in das Becherglas ab. Nun wird die äußerlich kaum veränderte Watte mehrmals mit Wasser gewaschen, wobei man das Reagenzglas mit dem Stopfen verschließt und kräftig schüttelt. Dem letzten Washwasser werden einige Tropfen Ammoniaklösung zugegeben. Nun nimmt man die Watte aus dem Reagenzglas, drückt sie erst zwischen den Fingern und dann einige Male zwischen Filterpapier aus, zerfasert sie und legt sie auf ein Uhrglas zum Trocknen (nicht erwärmen!). Nachdem das Material völlig trocken ist, verbrennt man eine Probe gewöhnlicher Watte und dann das behandelte Material.

Auswertung. Durch Einwirkung des Gemisches aus konzentrierter Salpetersäure und konzentrierter Schwefelsäure (wirkt wasserentziehend) wird Cellulose verestert. Unter den vorliegenden Reaktionsbedingungen bildet sich hauptsächlich Cellulosedinitrat:



Gewöhnliche Watte verbrennt langsam, das Cellulosedinitrat („Collodiumwolle“) hingegen flammt sofort auf.

Fette, Seifen, Neutralwaschmittel

Versuch 350: Löslichkeit von Fetten

Ziel des Versuches. Es soll das Verhalten von Fetten zu verschiedenen Lösungsmitteln gezeigt werden.

Geräte: 4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipette, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Stopfen

Chemikalien: Rapsöl, Äthanol (Brennspiritus), Benzol, Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff), Wasser

Ausführung. Man gibt in jedes der Reagenzgläser 5 Tropfen Rapsöl, fügt zu dem ersten Glas 3 ml Wasser, zu dem zweiten 3 ml Brennspiritus, zu dem dritten 3 ml Benzol und zu dem vierten 3 ml Tetrachlormethan und schüttelt. Die Gläser mit Wasser und Äthanol werden erwärmt.

Auswertung. Fettes Öl ist in Wasser (auch in heißem) unlöslich. Die Löslichkeit des fetten Öles in Äthanol ist in der Kälte mäßig, in der Wärme besser. Benzol und Tetrachlormethan sind schon bei Raumtemperatur sehr gute Lösungsmittel für Fette und fette Öle.

Analoge Versuche. Anstelle von Rapsöl können andere fette Öle, aber auch Fette eingesetzt werden. Fette lösen sich jedoch etwas langsamer als fette Öle. Neben den genannten Lösungsmitteln lassen sich auch andere verwenden, beispielsweise Trichlormethan (Chloroform), 1,2-Dichloräthan und Trichloräthen (Trichloräthylen, „Tri“).

Versuch 351: Unterscheidung von fetten Ölen und Mineralölen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen ein fettes Öl von einem Mineralöl unterscheiden.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Tropfpipette, Spiritusbrenner

Chemikalien: Rapsöl, Paraffinöl, 30%ige Kalilauge, Äthanol (Prima-spirit), destilliertes Wasser

Ausführung. Man gibt in beide Reagenzgläser je 5 ml Kalilauge und je 5 ml Äthanol, dazu in das erste Glas 5 Tropfen Rapsöl, in das zweite die gleiche Menge Paraffinöl. Dann werden die Reagenzgläser vorsichtig erhitzt. Unter ständigem Schütteln läßt man die Proben etwa 3 Minuten über kleiner Flamme sieden, gibt danach in beide Reagenzgläser je etwa 10 ml destilliertes Wasser, schüttelt und stellt ab.

Auswertung. Paraffinöl reagiert mit siedender Kalilauge nicht und schwimmt deshalb am Ende des Versuches unverändert auf der wäßrigen Flüssigkeit. Fette Öle werden unter diesen Versuchsbedingungen zu Kaliumseife umgewandelt, die sich im Reaktionsgemisch auflöst.

Analoge Versuche. Anstelle von Rapsöl kann jedes andere fette Öl (z. B. Mohnöl, Leinöl, Olivenöl) verwendet werden.

Versuch 352: Fette Öle addieren Brom

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen nachweisen, daß in fetten Ölen Radikale ungesättigter Carbonsäuren enthalten sind.

Geräte: Reagenzglas, Tropfpipette, Stopfen.

Chemikalien: Rapsöl, Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff), Bromwasser

Ausführung. Man gibt in das Reagenzglas 5 Tropfen Rapsöl sowie 3 ml Tetrachlormethan und schüttelt. Nun fügt man 2 ml Bromwasser hinzu, verschließt das Glas mit einem Stopfen und schüttelt kräftig. *Auswertung.* Die braune Färbung des Bromwassers verschwindet, da Brom an die Doppelbindungen der ungesättigten Carbonsäurereste der Ölmoleküle addiert wird.

Analoge Versuche. Anstelle von Rapsöl kann jedes andere fette Öl verwendet werden. Es lassen sich auch einige Öle in ihrem Verhalten vergleichen. Dabei können die Schüler nachweisen, daß die Menge beziehungsweise die Art der ungesättigten Carbonsäuren in Fetten verschieden sein müssen. Hierzu löst man in drei größeren Reagenzgläsern eine Messerspitze Schweinefett, 3 Tropfen Rapsöl und 3 Tropfen Leinöl jeweils in 3 ml Tetrachlormethan und schüttelt. Dann wird in kleinen Portionen so viel gesättigtes Bromwasser aus einem 10-ml-Meßzylinder (nach jeder Zugabe kräftig schütteln) zu den Proben gegossen, bis schwache, bleibende Braunfärbung zu erkennen ist. Eine quantitative Auswertung ist möglich, wenn von obigen Fetten (Ölen) je 0,5 g genau abgewogen und in je 3 ml Tetrachlormethan gelöst werden. Aus einer Bürette läßt man so lange eine Lösung genau bekannter Konzentration von Brom in Tetrachlormethan (z. B. 1%ige Lösung) unter ständigem Schütteln zu tropfen, bis eine leichte Braunfärbung entstanden ist, die mindestens eine Minute bestehen bleibt.



Vorsicht! Bromdämpfe sind gesundheitsschädlich!

Versuch 353: Extraktion von Öl

Ziel des Versuches. Es sollen Fette beziehungsweise fette Öle in Ölsaat oder anderen Materialien nachgewiesen werden.

Geräte: Reagenzglas (180 mm × 18 mm), Reagenzglas (160 mm × 16 mm), Reagenzglas (100 mm × 12 mm), Gummiring¹⁾, Reibschale mit Pistill, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Trichter, Rundfilter, Papier, Stativ, Spiritusbrenner

Chemikalien: Ölsaat (z. B. Rapssamen), Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff), Wasser

¹⁾ Die benötigten Gummiringe werden hergestellt, indem man aus Gummistopfen mit einem Stopfenbohrer 16-mm-Öffnungen heraussticht und von dem Stopfen Scheiben abschneidet.

Ausführung. In das größere Glas gibt man einen kleinen Löffel Ölsaart, die vorher in der Reibschale zerquetscht wurde, fügt etwa 3 ml Tetrachlormethan hinzu und befestigt das Glas senkrecht an dem Stativ. Dann schiebt man den Gummiring auf das mit Wasser gefüllte mittelgroße Reagenzglas. Dieses wird höchstens zu zwei Dritteln in das große Reagenzglas gesteckt. Zwischen den Wandungen beider Gläser muß ein schmaler Zwischenraum vorhanden sein. Durch den Gummiring wird das kleinere Glas in entsprechender Höhe gehalten und wirkt somit als Rückflußkühler (Abb. 34). Nun wird vorsichtig über kleiner Flamme erwärmt. Das Tetrachlormethan darf nur schwach siedend, andernfalls wird die Ölsaart in die Höhe gerissen und bleibt an den Wandungen der Reagenzgläser hängen. Bei richtiger Durchführung verbleibt die Ölsaart am Boden des größeren Reagenzglases und dadurch in ständiger Berührung mit dem Lösungsmittel. Nach etwa 5 Minuten Siededauer wird der Brenner weggenommen, das Tetrachlormethan in das kleine Reagenzglas filtriert und dann bis auf ein ganz geringes Restvolumen eingedampft. Dieses wird auf Papier getropft.

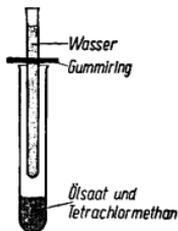


Abb. 34 Extraktion von Öl

Auswertung. Durch das siedende Tetrachlormethan wird aus der Ölsaart Fett beziehungsweise fettes Öl herausgelöst. Es befindet sich zum Schluß im Verdampfungsrückstand und erzeugt auf Papier einen charakteristischen Fettfleck, der besonders gut sichtbar wird, wenn man das Papier gegen das Licht hält.

Versuch 354: Nachweis von Propantriol (Glycerin) in Fett

Ziel des Versuches. Fett soll als eine Verbindung des Propantriols erkannt werden.

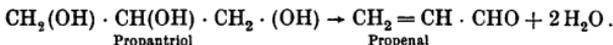
Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Tropfpipette, Spatel, Spiritusbrenner

Chemikalien: Rapsöl, Kaliumhydrogensulfat

Ausführung. In ein Reagenzglas wird etwa 3 cm hoch Kaliumhydrogensulfat eingefüllt und so lange erhitzt, bis weiße Nebel entweichen. Nun gibt man mit einer Tropfpipette 3 Tropfen Rapsöl hinzu und erhitzt weiter.

Vorsicht! Spritzgefahr!

Auswertung. Fette sind Ester aus aliphatischen Monocarbonsäuren und Propantriol. Dieses reagiert mit dem erhitzten Kaliumhydrogensulfat und spaltet Wasser ab, wobei Propenal (Acrolein) entsteht, das an seinem stechenden Geruch erkannt wird:



Versuch 355: Seife aus Fettsäure

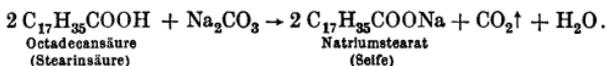
Ziel des Versuches. Eine Methode zur Seifenherstellung soll veranschaulicht werden.

Geräte: *Becherglas (150 ml, hohe Form), Reagenzglas, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Glasstab, Dreifuß oder Stativ mit Ring, Asbestdrahnetz, Spiritusbrenner, Meßzylinder*

Chemikalien: *wasserfreies Natriumcarbonat, technische Fettsäure, destilliertes Wasser*

Ausführung. In dem Becherglas wird eine Lösung von 2,5 g Natriumcarbonat (calcinierte Soda) in etwa 30 ml destilliertem Wasser zum Sieden erhitzt. Dann erhitzt man 8 g technische Fettsäure in einem Reagenzglas auf etwa 100 °C und gibt sie in Anteilen unter ständigem Rühren zur Natriumcarbonatlösung. Die Flüssigkeit im Becherglas läßt man so lange schwach sieden, bis sich eine Probe in lauwarmem destilliertem Wasser klar löst. Während des Siedens muß das verdampfte Wasser stets ersetzt werden.

Auswertung. Fettsäuren reagieren in der Hitze mit Natriumcarbonatlösung und bilden Natriumseife und Kohlendioxyd, zum Beispiel:



Die Kohlendioxydentwicklung läßt die siedende Flüssigkeit stark aufschäumen. Wird das Reaktionsgemisch auf Raumtemperatur abgekühlt, so erstarrt die Masse („Leimseife“).

Abwandlung des Versuches. Anstelle der Natriumcarbonatlösung kann Natronlauge verwendet werden. Dabei entwickelt sich kein Kohlendioxyd.

Versuch 356: Hydrolyse von Seife

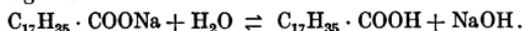
Ziel des Versuches. Es soll die hydrolytische Spaltung der Seife veranschaulicht werden.

Geräte: *2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipette*

Chemikalien: *alkoholische Seifenlösung, Phenolphthaleinlösung, Methanol, destilliertes Wasser*

Ausführung. In beide Reagenzgläser werden je 1 ml alkoholische Seifenlösung und je 2 Tropfen Phenolphthaleinlösung gegeben und geschüttelt. Dann setzt man der ersten Lösung destilliertes Wasser in kleinen Anteilen, der zweiten die gleiche Menge Methanol zu. Nach jeder Zugabe wird geschüttelt.

Auswertung. Die mit Phenolphthalein versetzte alkoholische Seifenlösung ist farblos, wird aber mit steigender Verdünnung durch Wasser rosa gefärbt, weil dann die Lösung infolge Hydrolyse alkalisch reagiert:



Die entstandene Fettsäure dissoziiert nicht in Ionen. Also muß die Natrium- und Hydroxylionen enthaltene Lösung alkalisch reagie-

ren. Ferner ist zu beachten, daß die hydrolytische Spaltung der Seifenmoleküle ein Gleichgewichtsprozeß ist. Die alkalische Reaktion kann erst bei ziemlich großer Verdünnung mit Wasser auftreten. Die Methanol-Seifenlösung enthält kein Wasser, und es kann keine Hydrolyse eintreten. Deshalb reagiert diese Lösung nicht alkalisch, sie bleibt farblos.

Versuch 357: Kalk- und Bleiseifen

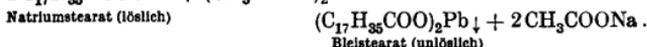
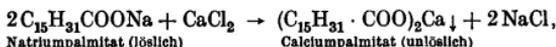
Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß Calcium- und Bleiseifen in Wasser unlöslich sind.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Tropfpipette

Chemikalien: 2%ige Seifenlösung, 10%ige Calciumchloridlösung, 10%ige Bleiacetatlösung

Ausführung. Man gibt in beide Reagenzgläser je 3 ml Seifenlösung, fügt dem ersten Glas 2 Tropfen Calciumchloridlösung, dem zweiten 2 Tropfen Bleiacetatlösung hinzu und schüttelt.

Auswertung. In beiden Reagenzgläsern bilden sich Niederschläge, da Calcium- und Bleiseifen in Wasser unlöslich sind, zum Beispiel:



Versuch 358: Wirkung von Natriumchlorid auf Seifenlösung

Ziel des Versuches. Es soll die aussalzende Wirkung von Natriumchlorid auf Seifenlösung erkannt werden.

Geräte: Reagenzglas, Tropfpipette

Chemikalien: 5%ige Seifenlösung, 10%ige Natriumchloridlösung

Ausführung. Zu 3 ml Seifenlösung werden einige Tropfen Natriumchloridlösung gegeben.

Auswertung. Nicht zu gering konzentrierte Seifenlösungen sind Sole (kolloide Lösungen). Sie sind beständig durch die gleiche Aufladung der Teilchen. Bringt man zu solchen Lösungen Elektrolyte, so werden die entgegengesetzt geladenen Ionen stark absorbiert. Damit fällt die gegenseitige Abstoßung der Kolloidteilchen weg. Als Folge davon tritt Ausflockung ein. Der durch Natriumchloridzugabe zur Seifenlösung ausgeschiedene Stoff ist chemisch unveränderte Seife.

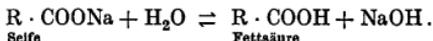
Versuch 359: Säureempfindlichkeit der Waschseifen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen nachweisen, daß Waschseifen säureempfindlich sind.

Geräte: Reagenzglas
Chemikalien: 2%ige Seifenlösung, 10%ige Äthansäure (Essigsäure)

Ausführung. 3 ml Seifenlösung werden im Reagenzglas mit 2 ml Äthansäure versetzt und geschüttelt.

Auswertung. In einer wäßrigen Seifenlösung besteht infolge Hydrolyse (vgl. Versuch 356) folgendes Gleichgewicht:



Wird dieses Gleichgewicht durch Zugeben von Säure gestört (die Säure neutralisiert die Natronlauge), so verschiebt sich das Gleichgewicht vollständig nach rechts. Es bilden sich freie Fettsäuren, die als wasserunlösliche Stoffe ausfallen.

Analoge Versuche. Anstelle der Äthansäure können andere organische, aber auch anorganische Säuren verwendet werden.

Versuch 360: Eigenschaften von Neutralwaschmitteln

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß Neutralwaschmittel einige vorteilhaftere Eigenschaften als Seife besitzen.

Geräte: 4 Reagenzgläser, 4 Stopfen, Reagenzglasständer
Chemikalien: 1%ige Fawalösung, 1%ige Phenolphthaleinlösung, 10%ige Calciumchloridlösung, 10%ige Natriumchloridlösung, 10%ige Äthansäure (Essigsäure), Wasser

Ausführung. In vier Reagenzgläser gibt man je 3 ml Fawalösung und setzt dem ersten Glas 2 Tropfen Phenolphthaleinlösung und 3 ml Wasser, dem zweiten 2 Tropfen Calciumchloridlösung, dem dritten 2 Tropfen Natriumchloridlösung und dem vierten Glas 2 ml Äthansäure hinzu. Anschließend verschließt man die Gäser und schüttelt kräftig.

Auswertung. In keinem Reagenzglas hat eine chemische Umsetzung stattgefunden. Das Neutralwaschmittel Fewa enthält Natriumalkylsulfat und reagiert in wäßriger Lösung neutral. Es verhält sich gegen Härtebildner des Wassers (hier Calciumchlorid), gegen Säuren und gegen Natriumchlorid indifferent. Trotz der Zusätze entsteht in allen Gläsern eine bleibende Schaumschicht.

Versuch 361: Herabsetzung der Oberflächenspannung des Wassers

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die benetzende Wirkung von Waschmittellösungen nachweisen.

Geräte: 3 Bechergläser (150 ml, niedrige Form)
Chemikalien: 1%ige Seifenlösung, 1%ige Fawalösung, 3 briefmarken-große Stückchen Textilgewebe (am besten ungebleichte Baumwolle), destilliertes Wasser

Hinweis. Kunstseiden- und Zellwollgewebe sind meist stark hydrophil und eignen sich daher nicht für den Versuch. Sie sinken auch in Wasser, das keinerlei benetzende Mittel enthält, meist sofort unter.

Ausführung. Man füllt in das erste Becherglas etwa 3 cm hoch Wasser, in das zweite die gleiche Menge Seifenlösung und in das dritte ebensoviel Fewalösung. Anschließend werden die Gewebestückchen vorsichtig so auf die Flüssigkeiten gelegt, daß sie nicht die Wandungen der Bechergläser berühren.

Auswertung. Die drei Gewebestückchen schwimmen infolge der Oberflächenspannung zwischen Wasser und Textilfasern auf den Flüssigkeiten. Seifen- und Fewalösung heben jedoch nach und nach die Oberflächenspannung auf, so daß die Textilfasern benetzt werden und die Gewebe untersinken. Das Benetzungsvermögen steigt mit der Temperatur. Wasser allein benetzt kaum, weshalb die Gewebeprobe im ersten Glas nach Stunden noch oben schwimmt.

Versuch 362: Emulgiervermögen der Waschmittel

Ziel des Versuches. Es soll das Emulgiervermögen von Seifen und Neutralwaschmitteln gezeigt werden.

Geräte: 4 Reagenzgläser, 4 Stopfen, Reagenzglasständer, Tropfpipette
Chemikalien: 1%ige Seifenlösung, 1%ige Fewalösung, 1%ige Milwalösung, Paraffinöl, Wasser

Ausführung. Die vier Reagenzgläser werden je zur Hälfte mit Wasser, Seifenlösung, Fewalösung und Milwalösung gefüllt. Dann setzt man je 4 Tropfen Paraffinöl hinzu, verschließt die Gläser mit Stopfen, schüttelt kräftig einige Zeit in der Längsrichtung der Gläser (gleich lange schütteln) und stellt sie dann ab.

Auswertung. Im ersten Glas bildet sich ein trübes Gemisch, aus dem sich das Öl schon nach kurzer Zeit wieder abscheidet. Die Waschmittellösungen dagegen emulgieren das Öl besser. Hier dauern die Ölabscheidungen wesentlich länger.

Versuch 363: Schmutztragevermögen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine weitere wesentliche Eigenschaft der Waschmittel kennenlernen.

Geräte: 4 Reagenzgläser, 4 Stopfen, Spatel, Reagenzglasständer
Chemikalien: Braunstein, 1%ige Seifenlösung, 1%ige Milwalösung, Fewalösung, Wasser

Ausführung. Die vier Reagenzgläser füllt man je zu drei Vierteln mit Wasser, Seifenlösung, Fewalösung und Milwalösung. Zu allen vier Proben fügt man je eine kleine Spatelspitze Braunsteinpulver

(vertritt im Versuch den Schmutz) hinzu. Dann werden die Gläser mit Stopfen verschlossen, gleich lange kräftig in Längsrichtung geschüttelt und abgestellt.

Auswertung. Der Braunstein setzt sich verhältnismäßig rasch aus dem Wasser ab. Die Waschmittellösungen halten das Pulver lange in der Schwebe; sie besitzen gutes Schmutztragevermögen.

Hinweis. Sollen die Unterschiede recht deutlich werden, dann müssen die Reagenzgläser mit den Proben mindestens eine Stunde ruhig stehen.

Versuch 364: Darstellung eines Alkylsulfates

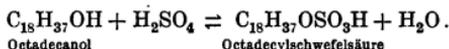
Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die chemischen Grundlagen eines technisch wichtigen Prozesses kennenlernen.

Geräte: Becherglas (hohe Form), 3 Reagenzgläser, 1 Reagenzglas (160 mm × 16 mm) mit Stopfen, 2 Tropfpipetten, Glasstab, Dreifuß oder Stativ mit Ring, Asbestdrahtnetz, Spiritusbrenner, Reagenzglashalter

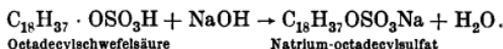
Chemikalien: Alkanole mit 12 bis 18 C-Atomen („Fettalkohole“), konzentrierte Schwefelsäure, 10%ige Natronlauge, Phenolphthaleinlösung, Wasser

Ausführung. In dem Becherglas erhitzt man etwa 50 ml Wasser zum Sieden und löscht den Brenner. In das erste kleine Reagenzglas gibt man etwas Fettalkohol (halbe Erbsengröße), in das zweite etwa 1 ml Schwefelsäure (Vorsicht!), in das dritte 3 ml Natronlauge und stellt sie in das heiße Wasser. Ist das Alkanolgemisch geschmolzen, fügt man etwa 4 Tropfen der inzwischen angewärmten Schwefelsäure hinzu, schüttelt und läßt das Reaktionsgemisch etwa eine halbe Minute im Wasserbad. Anschließend fügt man einen Tropfen Phenolphthaleinlösung und tropfenweise (Vorsicht!) so viel warme Natronlauge hinzu (nach jeder Zugabe schütteln!), bis sich eine bleibende, schwache Rosafärbung zeigt. Nun wird das Reaktionsprodukt in das große Reagenzglas gespült, das Glas bis zur Hälfte mit Wasser aufgefüllt, mit einem Stopfen verschlossen und kräftig in der Längsrichtung geschüttelt.

Auswertung. Alkanole werden durch konzentrierte Schwefelsäure zu Alkylschwefelsäuren (Alkylhydrogensulfaten) verestert, zum Beispiel:



Die Alkylschwefelsäuren liefern bei der Neutralisation mit Natronlauge Natriumalkylsulfate, zum Beispiel:



Natriumalkylsulfate sind wichtige Bestandteile der Neutralwaschmittel und zeigen gute Schaumbildung, wie beim Schütteln in Wasser am Ende des Versuches erkennbar ist.

Hinweise. Die Reaktionstemperatur für die Veresterung muß bei 60 bis 80 °C gehalten werden. Gibt man zum geschmolzenen Alkohol kalte Schwefelsäure, so erstarrt es und muß erst wieder geschmolzen werden. Das gleiche geschieht, wenn kalte Natronlauge zugegeben wird. Um diese Nachteile zu vermeiden, bringt man gleichzeitig alle Reagenzien im Wasserbad auf gleiche Temperatur. Für das Zutropfen von konzentrierter Schwefelsäure muß eine Tropfpipette mit sehr enger Ausflußöffnung verwendet werden, weil sonst die Säure infolge ihrer hohen Dichte von allein aus der Tropfpipette läuft.



Eiweiße

Versuch 365: Hitzespaltung von Eiweiß

Ziel des Versuches. Es soll nachgewiesen werden, daß beim Erhitzen von Eiweiß alkalische Spaltprodukte auftreten.

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner*

Chemikalien: *Keratin (Federn, Haare, Horn) oder anderes festes Eiweiß, rotes Lackmuspapier*

Ausführung. Man gibt etwas festes Eiweiß in ein trockenes Reagenzglas, erhitzt über kleiner Flamme und prüft die entweichenden Dämpfe mit feuchtem, rotem Lackmuspapier.

Auswertung. Es bilden sich übelriechende, alkalisch reagierende Dämpfe.

Versuch 366: Gerinnen von Eiweiß durch Hitzeeinwirkung

Ziel des Versuches. Die Temperaturempfindlichkeit bestimmter Eiweiße soll gezeigt werden.

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner*

Chemikalien: *Eiweißlösung¹⁾*

Ausführung. Man gibt etwa 3 ml Eiweißlösung in das Reagenzglas und erhitzt unter Schütteln vorsichtig über kleiner Flamme.

Auswertung. Albumine und Globuline des Eiklars und viele andere Eiweiße gerinnen (koagulieren) beim Erhitzen. Manche Eiweißarten, beispielsweise das in der Kuhmilch enthaltene Calciumsalz des Caseins, zeigen diese Eigenschaft nicht.

¹⁾ Herstellung der Eiweißlösung:

Man trägt ein Eiklar in einen 200-ml-Erlenmeyerkolben mit 150 ml 0,9%iger Natriumchloridlösung (physiologische Kochsalzlösung) ein, verschließt den Kolben mit einem Stopfen und mischt durch Schütteln. Eiklar enthält Albumine, die wasserlöslich sind, und Globuline, die sich in verdünnten Salzlösungen gut lösen.

Versuch 367: Verhalten von Eiweiß gegenüber verschiedenen Chemikalien

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Eiweißkoagulation bei Zusatz verschiedener Substanzen kennenlernen.

Geräte: 5 Reagenzgläser

Chemikalien: Eiweißlösung¹⁾, Äthanol (Primasprit), 10%ige Salpetersäure, Esbachs Reagenz²⁾, 5%ige Gerbsäurelösung (Tanninlösung), 10%ige Kupfersulfatlösung

Ausführung. Man gibt in jedes Reagenzglas 3 ml Eiweißlösung und fügt zu der ersten Lösung 2 ml Äthanol, zu der zweiten 2 ml Salpetersäure, zu der dritten 3 ml Esbachs Reagenz, zu der vierten 3 ml Gerbsäurelösung und zu der fünften 2 ml Kupfersulfatlösung hinzu.³⁾

Auswertung. Eiweiß gerinnt bei Zusatz von hochprozentigem Äthanol. Es wird ebenfalls durch Salpetersäure gefällt. Da diese Reaktion schon bei geringen Eiweißmengen deutlich erkennbar ist, wird sie als Eiweißnachweis in pathologischem Harn angewendet. Mit Esbachs Reagenz entsteht ein gelber Niederschlag von pikrinsaurem Eiweiß (Eiweißnachweis im Harn) und mit Tanninlösung ein schwach gelb bis bräunlich gefärbter Niederschlag einer Eiweiß-Tannin-Verbindung. Auf dieser Reaktion beruht das Gerben der Häute (Lohgerbung). Mit einigen Schwermetallsalzen, beispielsweise mit Kupfersulfat, bilden sich wasserunlösliche Metalleiweißverbindungen. Manchmal verzögert sich die Trübung der Flüssigkeit. Dann stellt man das Glas ab und beobachtet von Zeit zu Zeit das Aussehen der Flüssigkeit.

Analoge Versuche. Anstelle von Kupfersalzen können auch Aluminiumsalze, Quecksilber(II)-chlorid in salzsaure Lösung, Chrom(III)-salze und einige andere Schwermetallsalze verwendet werden.

Versuch 368: Nachweis von Stickstoff in Eiweiß

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen nachweisen, daß Eiweiß stickstoffhaltig ist.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner

Chemikalien: festes Eiweiß (Vogelfedern, Haare, Horn, Schafrulle usw.) Natriumhydroxydplättchen, rotes Lackmuspapier, Wasser

Ausführung. In ein Reagenzglas gibt man zwei Plättchen Natriumhydroxyd, darauf ein wenig festes Eiweiß und fügt anschließend noch zwei Plättchen Natriumhydroxyd hinzu. Danach wird das Reagenzglas vorsichtig über kleiner Flamme erhitzt, wobei die entweichenden Dämpfe auf ihren Geruch und auf ihre Reaktion zu prüfen sind. Das geschieht mit feuchtem, rotem Lackmuspapier.

¹⁾ Siehe Fußnote Seite 289!

²⁾ Esbachs Reagenz ist eine Lösung von 1 g Trinitrophenol (Pikrinsäure) und 2 g 2-Hydroxypropantricarbonsäure (Citronensäure) in 100 g Wasser.

³⁾ Man kann die Schüler auch getrennt-gemeinschaftlich arbeiten lassen.

Auswertung. Eiweiße werden durch starke Alkalien in der Hitze zersetzt, wobei Ammoniak entweicht. Dieses bläut feuchtes rotes Lackmuspapier und ist außerdem am Geruch erkennbar. Dabei muß beachtet werden, daß zu Beginn der Zersetzung manchmal brenzlige Gerüche auftreten, die den Ammoniakgeruch überdecken können.

Abwandlung des Versuches. Anstelle von festem Natriumhydroxyd kann man auch Natronkalk verwenden. — Ammoniak läßt sich auch folgendermaßen nachweisen: Man hält entweder eine geöffnete Flasche mit konzentrierter Salzsäure neben oder einen in konzentrierte Salzsäure getauchten Glasstab über die Reagenzglasöffnung.

Versuch 369: Nachweis von Schwefel in Eiweiß

Ziel des Versuches. Es soll gezeigt werden, daß einige Eiweiße schwefelhaltig, andere schwefelfrei sind.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Tropfpipette, Spiritusbrenner
Chemikalien: Eiweißlösung¹⁾, weiße Schafwolle, weiße Naturseide, 10%ige Natronlauge, 5%ige Bleiacetatlösung

Ausführung. Man erwärmt 5 ml Bleiacetatlösung und läßt so viel Natronlauge unter ständigem Schütteln zutropfen, daß sich der anfänglich entstandene Niederschlag eben wieder löst. Diese Lösung verteilt man auf drei Reagenzgläser, gibt in das erste Glas 2 ml Eiweißlösung, in das zweite weiße Schafwolle, in das dritte weiße Naturseide und erwärmt.

Auswertung. Die aus Eiklar hergestellte Eiweißlösung sowie die Schafwolle färben sich infolge Bildung von Blei(II)-sulfid dunkelbraun. Das beweist den Schwefelgehalt dieser Eiweißstoffe. Die Naturseide bleibt weiß, da dieses Eiweiß (Fibroin) schwefelfrei ist.

Versuch 370: Biuret-Reaktion

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Eiweiß durch eine Farbreaktion nachweisen.

Geräte: Reagenzglas, Tropfpipette, Spiritusbrenner
Chemikalien: Eiweißlösung¹⁾, 10%ige Natronlauge, 10%ige Kupfersulfatlösung

Ausführung. Man versetzt etwa 2 ml Eiweißlösung mit der gleichen Menge Natronlauge, setzt 3 Tropfen Kupfersulfatlösung hinzu, verschließt mit dem Daumen und schüttelt kräftig.

Auswertung. Die Lösung färbt sich violett. Tritt die Färbung nicht nach einigen Sekunden auf, muß ganz leicht erwärmt werden.

¹⁾ Siehe Fußnote Seite 289!

Ihren Namen hat diese Reaktion nach der Verbindung Biuret, $\text{H}_2\text{N} \cdot \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CO} \cdot \text{NH}_2$, welche die gleiche Färbung liefert.

Versuch 371: Xanthoprotein-Reaktion

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Eiweiße durch eine Farb-reaktion nachweisen.

Geräte: ? Reagenzgläser, Spiritusbrenner

Chemikalien: Eiweißlösung¹⁾, weiße Vogelfedern, konzentrierte Salpetersäure, 10%ige Ammoniaklösung

Ausführung. Man gibt in das eine Reagenzglas 3 ml Eiweißlösung, in das zweite eine weiße Vogelfeder, fügt zu beiden Proben 1 ml Salpetersäure und erwärmt leicht. Beide Reagenzgläser werden nun fast vollständig mit Wasser gefüllt und geschüttelt. Danach gießt man die Flüssigkeiten aus beiden Gläsern ab und gibt zu den Eiweißproben je 5 ml Ammoniaklösung.

Auswertung. Aus der Eiweißlösung wird Eiweiß ausgefällt. Beide Proben färben sich in warmer Salpetersäure gelb. Im alkalischen Medium schlägt der Farbton nach orange um. Die Xanthoproteinreaktion (griechisch: xanthos = gelb) beruht auf der Bildung farbiger Nitroderivate aus den aromatischen Bausteinen der Eiweiße. Diese Reaktion ist also nur dann positiv, wenn die Aminosäuren Tryptophan oder Tyrosin im untersuchten Eiweiß enthalten sind.

Analoge Versuche. Anstelle von Federn können helle Menschen- oder Tierhaare verwendet werden. Die Gelbfärbung der Haut bei der Berührung mit Salpetersäure beruht auf der gleichen Reaktion.

Versuch 372: Reaktion nach Adamkiewicz

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Eiweiße durch eine Farb-reaktion nachweisen.

Geräte: Reagenzglas, Tropfpipette

Chemikalien: Eiweißlösung¹⁾, konzentrierte Äthansäure (Essigsäure), konzentrierte Schwefelsäure, 10%ige Kupfersulfatlösung

Ausführung. Man gibt in ein Reagenzglas 2 ml Eiweißlösung, fügt dann 2 ml Äthansäure und 3 Tropfen Kupfersulfatlösung hinzu und mischt durch Schütteln. Anschließend wird diese Mischung vorsichtig mit Schwefelsäure unterschichtet.



Vorsicht beim Umgang mit den konzentrierten Säuren!

Auswertung. Es bilden sich zwei deutlich getrennte Flüssigkeitsschichten, an deren Berührungsfläche ein violetter Ring entsteht. Gewisse Verunreinigungen können eine Verschiebung des Farbtones nach braunviolett verursachen. Oft entsteht erst nach einigen Minuten der farbige Ring. Die Probe fällt nur bei Eiweißlösungen positiv aus, die Tryptophan enthalten.

¹⁾ Siehe Fußnote Seite 289!

Hinweis. Die Reaktion beruht auf der Anwesenheit geringer Mengen von Äthansäure (Oxo-äthansäure, „Glyoxylsäure“, $\text{HO C} \cdot \text{COOH}$). Wenn der Äthansäure diese Beimengung fehlt (das kann bei sehr reiner Säure möglich sein), dann verwendet man ein Gemisch von 1 ml konzentrierter Äthansäure und 1 ml Äthansäureanhydrid, das immer etwas Äthansäure enthält.

Versuch 373: Eiweiß- und Cellulosefasern

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen beide Faserarten durch die Brennprobe unterscheiden.

Geräte: Spiritusbrenner, Tiegelzange

Chemikalien: Schafwolle, Baumwolle oder andere Cellulosefasern

Ausführung. Man dreht Schafwollfäden zu einem dünnen Strang zusammen, den man waagrecht an den äußeren Rand der Flamme hält. Während das Material brennt, prüft man den Geruch der auftretenden Gase. Der Verbrennungsrückstand wird zwischen den Fingerspitzen zerrieben. Ebenso untersucht man Baumwollfäden oder andere Cellulosefasern.

Auswertung. Schafwolle verbrennt langsam und hinterläßt einen blasig-kohligen Rückstand. Während der Verbrennung ist der charakteristische Geruch nach verbrannten Haaren festzustellen. Cellulosefasern, wie Baumwolle und ähnliche, sind leicht entzündlich, verbrennen ziemlich rasch und hinterlassen wenig und kohlefreie Asche. Beim Zerreiben fühlt sich die Asche im Unterschied zur Wollasche glatt an. Während des Brennens tritt hier Geruch nach verbranntem Papier auf.

Versuch 374: Alkallempfindlichkeit von Eiweiß

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen zeigen, daß Eiweiß durch Alkalien gelöst wird.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Spiritusbrenner

Chemikalien: Eiweißlösung¹⁾, Schafwolle, Haare, 10%ige Natronlauge

Ausführung. In einem Reagenzglas erhitzt man Eiweißlösung zum Sieden, läßt das koagulierte Eiweiß absitzen, dekantiert und versetzt den Rest mit 3 ml Natronlauge. Dann wird unter ständigem Schütteln erneut zum Sieden erhitzt. In die anderen beiden Reagenzgläser gibt man kleine Proben von Schafwolle beziehungsweise Haaren, versetzt mit je 3 ml Natronlauge und erhitzt ebenfalls unter dauerndem Schütteln.²⁾

Vorsicht! Siedeverzug!



¹⁾ Siehe Fußnote Seite 289!

²⁾ Bei diesem Versuch empfiehlt es sich, die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise anzuwenden.

Auswertung. Alle drei Eiweißproben lösen sich rasch in heißen Alkalien. Das ist eine allgemeine Eiweißreaktion. Eiweiß ist auch bei Raumtemperatur alkaliempfindlich.

Versuch 375: Eiweiß in Nahrungsmitteln

Ziel des Versuches. Eiweiß soll von den Schülern in verschiedenen Nahrungsmitteln nachgewiesen werden.

Geräte: 3 Reagenzgläser, Tropfpipette, Spiritusbrenner, Reibschale mit Pistill, Becherglas, Trichter, Rundfilter, Messer, Reagenzglasständer, Spatel
Chemikalien: Milch, rohe Kartoffeln, Hülsenfrüchte, Magnesiumcarbonat, 10%ige Natriumchloridlösung, 10%ige Natronlauge, 10%ige Kupfersulfatlösung, Wasser

Ausführung. Man gibt in einem Reagenzglas zu 2 ml Milch die gleiche Menge Natronlauge, fügt drei Tropfen Kupfersulfatlösung hinzu und schüttelt (Biuret-Reaktion).

Ein Stück rohe Kartoffel wird in ein kleines Becherglas geschabt, der Brei mit der vierfachen Menge destilliertem Wasser verrührt und 15 Minuten stehengelassen. Dann filtriert man und prüft das Filtrat nach der Biuret-Reaktion auf Eiweiß.

Einige Hülsenfrüchte werden in einer Reibschale zerkleinert und dann mit Wasser zu einem Brei angerührt, der mit Magnesiumcarbonat versetzt wird. Nun fügt man etwas Natriumchloridlösung zu, rührt gut um und läßt etwa 30 Minuten stehen. Es wird filtriert und das Filtrat nach der Biuret-Reaktion auf Eiweiß geprüft.

Auswertung. In allen Fällen kann Eiweiß durch die violette Färbung nachgewiesen werden. Milcheiweiß und Kartoffeleiweiß gehören zu den Albuminen, sind wasserlöslich und lassen sich deshalb direkt nachweisen. Bei den Hülsenfrüchten muß zur Neutralisation Magnesiumcarbonat zugegeben werden. Da sie Globulin enthalten, das nur in verdünnten Salzlösungen löslich ist, muß man etwas Natriumchloridlösung zusetzen. Dann ist das Eiweiß der Hülsenfrüchte im Filtrat nachweisbar.

Analoge Versuche. Der Eiweißnachweis kann auch nach anderen Methoden vorgenommen werden (vgl. Versuche 370 und 371).

Versuch 376: Verhalten der Gelatine

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen einige Eigenschaften der Gelatine kennenlernen.

Geräte: Reagenzglas (160 mm × 16 mm), 3 Reagenzgläser (100 mm × 12 mm), Reagenzglasständer, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Spatel
Chemikalien: Gelatine, 10%ige Salpetersäure, 5%ige Tanninlösung

Ausführung. Einen kleinen Spatel Gelatine gibt man in das große Reagenzglas, füllt es zur Hälfte mit Wasser auf und läßt es etwa

15 Minuten stehen. Dann erwärmt man vorsichtig, bis sich die Gelatine gelöst hat, und gibt je 3 ml der Lösung in die drei kleinen Reagenzgläser. Zur ersten Lösung fügt man etwa 1 ml Salpetersäure, zur zweiten 2 ml Wasser und 1 ml Tanninlösung hinzu, die dritte Lösung läßt man ohne Zusatz abkühlen.

Auswertung. Gelatine (reiner Knochenleim) quillt in kaltem Wasser und löst sich in heißem auf. Beim Abkühlen bildet sich eine Gallerte. Gibt man zur heißen Gelatinelösung Säure, so gelatiniert die Flüssigkeit nicht beim Abkühlen. Durch Tanninlösung tritt Fällung auf.

Plaste und synthetische Fasern

Herstellung von Plasten

Versuch 377: Phenoplast aus Hydroxybenzol (Phenol) und Methanal (Formaldehyd)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen einen Phenoplast darstellen und den exothermen Charakter einer Polykondensation erkennen.

Geräte: Reagenzglas, Spatel, Tropfpipette, Reagenzglasständer, Spiritusbrenner, Reagenzglashalter, Schutzbrille
Chemikalien: festes Hydroxybenzol, 30- bis 40%ige Methanallösung (Formalin), konzentrierte Salzsäure

Ausführung. Man gibt etwa 2 cm hoch Hydroxybenzol (keinesfalls mehr) in das Reagenzglas und fügt so viel Methanallösung hinzu, bis das Hydroxybenzol eben von der Flüssigkeit bedeckt ist. Dann wird vorsichtig erwärmt, bis sich die Festsubstanz gelöst hat. Nun hält man das Glas mit dem Reagenzglashalter etwas schräg, läßt 3 Tropfen Salzsäure zuzießen und stellt es in den Reagenzglasständer ab.

Hinweis. Die Bildung dieses Phenoplastes ist ein exothermer Vorgang und verläuft meist so heftig, daß Teile des Reaktionsgemisches aus dem Reagenzglas herausspritzen. Man darf daher das Glas nicht in der Hand halten, wenn die Salzsäure zugegeben wird. Die Phenoplastbildung muß aus mindestens einem Meter Entfernung beobachtet werden; auf keinen Fall darf sich das Gesicht über der Reagenzglasöffnung befinden. 

Falls sich der Beginn der Reaktion verzögert, wird das Glas mit einem Reagenzglashalter bei ausgestrecktem Arm gefaßt und kurz erwärmt. Dabei darf die Öffnung des Reagenzglases auf keine Person gerichtet sein.

Auswertung. Nach kurzer Zeit bildet sich ein Phenoplast. Das ursprünglich dünnflüssige, klare Reaktionsgemisch trübt sich und wandelt sich – je nach dem Mischungsverhältnis von Hydroxybenzol und Methanal – in ein dickflüssiges bis festes Produkt um. Die Bildung eines Phenoplastes ist eine Polykondensation.

Versuch 378: Phenoplast aus 1,3-Dihydroxybenzol (Resorcin) und Methanal (Formaldehyd)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen ihre Kenntnisse über die Polykondensation an einem weiteren Beispiel vertiefen.

Geräte: Reagenzglas, Becherglas, Tropfpipette, Spatel, Asbestdrahtnetz, Dreifuß, Spiritusbrenner

Chemikalien: 1,3-Dihydroxybenzol, 30- bis 40%ige Methanallösung (Formalin), 10%ige Natronlauge, Wasser

Ausführung. Man gibt in ein Reagenzglas etwa 2 cm hoch 1,3-Dihydroxybenzol, setzt so viel Wasser zu, daß das 1,3-Dihydroxybenzol eben bedeckt ist (keinesfalls mehr) und fügt 2 bis 3 ml Methanallösung hinzu. Dann wird die Flüssigkeit erwärmt, bis sich die Festsubstanz vollständig gelöst hat. Anschließend gibt man 4 Tropfen Natronlauge zu, mischt durch Schütteln und stellt das Reagenzglas in ein Becherglas mit siedendem Wasser.

Auswertung. Nach einiger Zeit bildet sich Phenoplast; es entsteht eine feste, rotbraune Masse. Der Vorgang ist eine Polykondensation, bei der sich die Metastellung der Hydroxylgruppen des 1,3-Dihydroxybenzols reaktionsfördernd auswirkt. Die Hydroxylgruppen sind Substituenten erster Ordnung und begünstigen die Ausbildung von Methylenbrücken in Ortho- und Parastellung. Man läßt das Reagenzglas mit dem Phenoplast einige Tage liegen. Die Masse wird dunkelbraun und fester, außerdem vermindert sich das Volumen, so daß sich das Resorcinharz dann leicht aus dem Glas entfernen läßt.

Versuch 379: Darstellung eines Phenoplastes aus Hydroxybenzol (Phenol) und Hexamethylentetramin

Ziel des Versuches. In diesem Versuch soll die Bildung eines Phenoplastes mit einer methanalabspaltenden Verbindung gezeigt werden.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Spatel, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner, Reagenzglasständer, 2 Tropfpipetten

Chemikalien: Hydroxybenzol (Phenol), Hexamethylentetramin, 10%ige Salzsäure, 10%ige Natronlauge

Ausführung. Man gibt in beide Reagenzgläser je 1 cm hoch Hexamethylentetramin und darauf je etwa 2 cm Hydroxybenzol. In das eine Glas werden 10 Tropfen Salzsäure und in das andere 10 Tropfen Natronlauge hinzugefügt. Dann erhitzt man die Gläser vorsichtig etwa 5 Minuten über kleiner Flamme.

Auswertung. Die festen Ausgangsstoffe schmelzen in den Reagenzgläsern. Das Hexamethylentetramin wird gespalten, wobei Methanal frei wird, das mit Hydroxybenzol einen Phenoplast bildet. Dort, wo Salzsäure zugegeben wurde, entsteht eine gelbliche feste Masse, im anderen Glas ist der Plast fast weiß.

Abwandlung des Versuches. Gibt man zum Gemisch von Hexamethylentetramin und Hydroxybenzol 3 Tropfen konzentrierte Salzsäure und erwärmt, so verläuft die Phenoplastbildung sehr rasch.

Versuch 380: Aminoplast aus Harnstoff und Methanal (Formaldehyd)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen ein Harnstoffharz darstellen und dabei erneut den exothermen Charakter der Polykondensation erkennen.

Geräte: *Reagenzglas, Spatel, Tropfpipette, Reagenzglasständer, Reagenzglasshalter, Spiritusbrenner, Schutzbrille*

Chemikalien: *Harnstoff, 30- bis 40%ige Methanallösung (Formalin), konzentrierte Salzsäure*

Ausführung. In ein Reagenzglas gibt man etwa 2 cm hoch Harnstoff (keinesfalls mehr) und versetzt ihn mit so viel Methanallösung, daß er eben bedeckt ist. Dann wird bis zum Auflösen des Harnstoffs erwärmt. Anschließend stellt man das Glas in den Reagenzglasständer und fügt 3 Tropfen Salzsäure hinzu.

Es sind die Hinweise von Versuch 377 zu beachten.

Auswertung. Nach kurzer Zeit scheidet sich Harnstoffharz (Carbamidharz) als feste, weiße Masse ab. Die Reaktion ist stark exotherm und verläuft manchmal sehr heftig. Die Bildung von Harnstoffharzen ist eine Polykondensation.



Versuch 381: Darstellung von Aminoplastschaum

Ziel des Versuches. Es soll Isolierschaumstoff dargestellt werden.

Geräte: *Reagenzglas, Stopfen, Reagenzglasständer, Reagenzglasshalter, Spatel, Spiritusbrenner, Glasstab, Tropfpipette*

Chemikalien: *Harnstoff, 30- bis 40%ige Methanallösung (Formalin), Fewa, konzentrierte Salzsäure*

Ausführung. Man füllt in das Reagenzglas etwa 2 cm hoch Harnstoff und eine Spatelspitze Fewa-Pulver und fügt so viel Methanallösung hinzu, daß die Flüssigkeit die Substanzen reichlich bedeckt. Es wird so lange leicht erwärmt, bis sich alles gelöst hat. Anschließend wird das Reagenzglas mit einem Stopfen verschlossen und kräftig in der Längsrichtung geschüttelt, bis eine hohe Schaum-schicht entstanden ist. Nun setzt man 3 Tropfen Salzsäure hinzu, verschließt mit dem Daumen, schüttelt das Reagenzglas nochmals kurz und stellt es ab.

Vorsicht! Mit ausgestrecktem Arm schütteln, da Gefahr des Herausspritzens besteht!

Auswertung. Nach kurzer Zeit wird die schaumige Masse fest; es ist Piatherm entstanden. Sollte die Polykondensation nicht in Gang kommen, dann wird das Reagenzglas unter Schütteln vorsichtig erwärmt.



Versuch 382: Darstellung eines Plastes aus Aminobenzol (Anilin)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen einen Aminoplast aus einem aromatischen Amin darstellen.

Geräte: Reagenzglas, Reagenzglasständer, Meßzylinder

Chemikalien: Aminobenzol, konzentrierte Salzsäure, 30- bis 40%ige Methanallösung (Formalin), Wasser

Ausführung. Man gibt in ein Reagenzglas 1 ml Aminobenzol, versetzt es mit 2 ml Wasser und 1,5 ml Salzsäure. Dann wird umgeschüttelt und die entstandene Lösung abgekühlt. Nun gibt man 3 ml Methanallösung hinzu, mischt erneut durch Schütteln und stellt das Glas in den Reagenzglasständer. Das Glas bleibt einige Tage stehen. Dann wird es zerschlagen, der Inhalt gewaschen und getrocknet.

Auswertung. Die ursprünglich farblose Flüssigkeit färbt sich rotbraun und wird fest. Aus Aminobenzol und Methanal bildet sich unter Abspaltung von Wasser (Kondensationsreaktion) eine Zwischenverbindung $C_6H_5-N=CH_2$, von der sich jeweils mehrere Moleküle zu einer höhermolekularen Verbindung vereinigen.

Versuch 383: Darstellung eines Aminoplastes aus Furfurol

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Eignung der cyclischen Aldehyde zur Plastbildung kennenlernen.

Geräte: Reagenzglas, Spatel

Chemikalien: Harnstoff, 10%ige Salzsäure, Furfurol

Ausführung. In das Reagenzglas gibt man 1 cm hoch Harnstoff, dann 2 ml Salzsäure und schließlich 2 ml Furfurol. Man mischt durch Schütteln und stellt das Glas in den Reagenzglasständer.



Vorsicht! Die Öffnung des Glases darf auf keine Person gerichtet sein, da die Reaktion manchmal sehr heftig verläuft und Teile des Gemisches herauspritzen.

Auswertung. Harnstoff reagiert mit Furfurol unter Wasserabspaltung und bildet einen Aminoplast (Polykondensation). Das Reaktionsgemisch färbt sich dunkel und wird nach einiger Zeit schwarz und fest.

Versuch 384: Darstellung eines Polyesters

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen bei der Darstellung eines Polyesters eine weitere Kondensationsreaktion kennenlernen.

Geräte: Reagenzglas, Spatel, Stativ, Spiritusbrenner, Tropfpipette

Chemikalien: Propantriol (Glycerin), Phthalsäureanhydrid

Ausführung. In ein Reagenzglas gibt man 2 cm hoch Phthalsäureanhydrid und 20 Tropfen Propantriol. Das Glas wird nicht ganz

senkrecht am Stativ befestigt und vorsichtig etwa 20 Minuten über kleiner Flamme erhitzt.

Auswertung. Die ursprünglich dünnflüssige Masse wird dickflüssig. Es ist ein Plast aus der Gruppe der Polyester entstanden. Beim Abkühlen wird der Polyester fest, beim Erwärmen wieder flüssig (Thermoplast). Die Polyesterbildung ist eine Polykondensation.

Versuch 385: Der Einfluß von Katalysatoren auf die Polykondensation

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die katalytische Wirkung der Wasserstoffionen auf den Verlauf der Polykondensation kennenlernen.

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglashalter, Tropfpipette, Spiritusbrenner*
Chemikalien: *Harnstoff, 30- bis 40%ige Methanallösung (Formalin), 10%ige Salzsäure*

Ausführung. Man gibt in ein Reagenzglas höchstens 2 cm hoch Harnstoff und so viel Methanallösung, daß die Festsubstanz eben bedeckt ist. Dann wird erhitzt. Wenn die Lösung siedet, nimmt man das Reagenzglas aus der Flamme und beobachtet das weitere Verhalten der Flüssigkeit. Schließlich gibt man 5 Tropfen Salzsäure hinzu und erwärmt erneut.

Auswertung. Wenn man das Glas mit der siedenden Lösung vom Brenner wegnimmt, siedet die Flüssigkeit selbständig weiter, da die bereits einsetzende Polykondensation ein exothermer Vorgang ist. Die Reaktionsgeschwindigkeit nimmt jedoch bald ab, und es bildet sich eine noch flüssige, viscose Masse, die häufig milchigtrübe aussieht. Setzt man nun einige Tropfen verdünnter Salzsäure zu, so werden viel Wasserstoffionen in die Reaktionsmasse gebracht. Diese Ionen beschleunigen stark den Kondensationsprozeß. Die Folge ist ein rasches Erstarren der Masse.

Versuch 386: Darstellung eines Resols

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen ein Resol darstellen.

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglashalter, Reagenzglasänder, Spiritusbrenner, Spatel, Tropfpipette*
Chemikalien: *Paraformaldehyd, Hydroxybenzol (Phenol), 10%ige Natronlauge*

Ausführung. In das Reagenzglas werden zuerst 1,5 cm hoch Paraformaldehyd, dann doppelt soviel Hydroxybenzol gegeben und leicht erwärmt. Zu dieser Flüssigkeit fügt man 3 Tropfen Natronlauge hinzu und erwärmt anschließend etwa 3 Minuten weiter.

Auswertung. Es bildet sich eine klare, viscose, meist farblose Flüssigkeit, die beim Abkühlen erstarrt. Es ist ein Kondensationszwischenprodukt, ein Resol, entstanden.

Analoger Versuch. Man versetzt in einem Reagenzglas eine etwa 2 cm hohe Schicht Hydroxybenzol mit so viel 30- bis 40%iger Methanallösung, daß das Hydroxybenzol gerade bedeckt ist. Dann gibt man etwas 50%ige Natronlauge zu, erhitzt und läßt so lange sieden, bis die Lösung viscos wird. Das Erhitzen wird unterbrochen, wenn die Blasen einige Zeit auf der Oberfläche der Reaktionsmasse stehenbleiben. Bei dieser Art der Resolbildung erhält man — je nach der Dauer des Erhitzens — Kondensationszwischenprodukte (Resole), die beim Abkühlen flüssig bleiben oder erstarren.

Versuch 387: Eigenschaften der Resole

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Schmelzbarkeit und Löslichkeit der Resole feststellen.

Geräte: 2 Reagenzgläser, Spiritusbrenner
Chemikalien: Resol (aus Versuch 386), Äthyläthanat (Essigsäureäthylester), Wasser

Ausführung. Man füllt in ein Reagenzglas etwa 2 cm hoch Äthyläthanat und in das zweite die gleiche Menge Wasser. Dann erwärmt man das Reagenzglas mit dem Resol aus Versuch 386 und verteilt je ein Drittel des geschmolzenen Resols auf die Reagenzgläser mit den Flüssigkeiten. Diese werden anschließend kräftig geschüttelt und gegebenenfalls erwärmt. Den Rest hebt man für einen späteren Versuch auf.

Auswertung. Bei Raumtemperatur feste Resole lassen sich durch Erwärmen verflüssigen; sie sind demnach schmelzbar. Unlöslich sind sie in Wasser, jedoch löslich in bestimmten organischen Lösungsmitteln, beispielsweise Äthyläthanat.

Versuch 388: Verwendung von Resolharz

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Verwendung von Resolharzlösungen als Lack kennenlernen.

Geräte: glattes Stück Holz, Trockenschrank
Chemikalien: Resollösung (aus Versuch 387)

Ausführung. Man gießt die Resollösung auf ein glattes Holzbrettchen, verteilt sie durch Drehen des Holzes und läßt das Lösungsmittel verdunsten. Dann werden Aussehen und Beschaffenheit der aufgetragenen Lackschicht geprüft. Anschließend ist das lackierte Holz in einem Trockenschrank längere Zeit auf etwa 160 °C zu erhitzen.¹⁾

Auswertung. Nach dem Verdunsten des Lösungsmittels bleibt auf dem Holz ein dünner, jedoch klebriger Lackfilm zurück. Beim längeren Erhitzen auf 160 °C wird das Resol zum Resit umgewan-

¹⁾ Dieser Teil des Versuches ist als Schülerdemonstrationsversuch durchzuführen.

delt (Einbrennen des Lackes). Der Lack klebt dann nicht mehr und ist sehr widerstandsfähig gegen Feuchtigkeit und andere Einflüsse.

Versuch 389: Umwandlung von Resol in Resit

Ziel des Versuches. Es soll die Überführung eines Resols in ein Resit durchgeführt werden.

Geräte: *Tropfpipette, Spiritusbrenner, Reagenzglashalter, Schutzbrille*
Chemikalien: *Resol (aus Versuch 387), 10%ige Salzsäure*

Ausführung. Man erwärmt das Reagenzglas mit dem Rest des Resols und fügt der entstandenen Flüssigkeit 5 Tropfen Salzsäure zu.

Vorsicht! Die Reaktion verläuft mitunter mit großer Heftigkeit, so daß Teile der (heißen) Reaktionsmasse aus dem Reagenzglas spritzen.



Auswertung. Die klare Flüssigkeit wird sehr heiß, dann milchig-trübe und erstarrt schließlich fast schlagartig. Das Resol wurde in ein Resit umgewandelt.

Abwandlung des Versuches. Anstelle der Salzsäure können verdünnte Schwefelsäure, Phosphorsäure, Ammoniumchloridlösung und andere sauer reagierende Stoffe verwendet werden.

Versuch 390: Harnstoffharze als Kauritleim

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine Verwendung von Harnstoffharzen kennenlernen.

Geräte: *2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Tropfpipette, Spiritusbrenner, Spatel, Glasstab, 2 Stückchen Furnierholz, 2 Büroklammern, Schere, Asbestdrahtnetz, Dreifuß oder Stativ mit Ring*
Chemikalien: *Harnstoff, 30- bis 40%ige Methanallösung (Formalin), 10%ige Natronlauge, gesättigte Ammoniumchloridlösung*

Ausführung. Man gibt in ein Reagenzglas etwa 4 cm hoch Harnstoff, dann so viel Methanallösung, daß die Festsubstanz gerade bedeckt ist, und fügt 10 Tropfen Natronlauge hinzu. Man erhitzt und läßt unter dauerndem Schütteln sieden (Vorsicht! Siedeverzug!), bis die Flüssigkeit leicht viscos wird. Ein Viertel der Reaktionsmasse (Kauritleim) wird in ein zweites Reagenzglas gegeben, mit etwas gesättigter Ammoniumchloridlösung versetzt und leicht erwärmt.



Zwischenauswertung. Zuerst verläuft die Reaktion nur bis zu einem Zwischenprodukt. Dann wird infolge der Zugabe eines sauer reagierenden Stoffes (Erhöhung der Wasserstoffionenkonzentration) die Polykondensation bis zum Endzustand (Resit) fortgesetzt. Die ursprünglich flüssige Masse, der Kauritleim, bindet ab und erhärtet.

Weiterführung des Versuches. Man schneidet aus dünnem Furnierholz oder dem Holz einer Streichholzschachtel Streifen von $1\text{ cm} \times 5\text{ cm}$. Ein Streifen wird möglichst dick mit dem viscosen Zwischenprodukt, dem Kauritleim, bestrichen. Einen zweiten Streifen trinkt man mit der gesättigten Ammoniumchloridlösung (dem Härter). Beide Streifen werden aufeinandergepreßt und durch zwei Büroklammern zusammengehalten. Um die Abbindezeit zu verkürzen, erwärmt man die Holzstreifen vorsichtig (die Temperatur soll etwa 100°C betragen) auf einem Asbestdrahtnetz.

Auswertung. Der Kauritleim hat abgebunden. Die Festigkeit der Verleimung kann durch eine Zerreißprobe geprüft werden.

Abwandlung des Versuches. Man leimt zwei Furnierholzstreifen mit Kauritleim wie oben angegeben. Außerdem werden zwei gleich große Streifen vom selben Holz mit gewöhnlichem Tischlerleim (Knochenleim) zusammengeklebt. Anschließend legt man beide Proben in ein mit Wasser gefülltes Becherglas und läßt sie über Nacht liegen. Der Knochenleim ist aufgeweicht, die damit verklebten Holzstreifen lösen sich voneinander. Im Gegensatz dazu ist der gehärtete Kauritleim völlig wasserfest.

Eigenschaften der Plaste

Versuch 391: Vergleich von Thermoplasten und Duroplasten

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen das unterschiedliche Verhalten beider Plastgruppen in der Wärme feststellen.

Geräte: *Eisenblechstreifen ($2\text{ cm} \times 10\text{ cm}$), Tiegelflange, Glasstab, Spiritusbrenner*

Chemikalien: *Polyvinylchlorid (beispielsweise ein Stückchen von einer Ekadur-Dachrinne), Phenoplast (beispielsweise ein Stückchen von einer Schalterkappe)*

Ausführung. Einen Eisenblechstreifen biegt man zu einer flachen Rinne. Auf das eine Ende der Blechrinne legt man ein kleines Stück Polyvinylchlorid (PVC), faßt diese am anderen Ende mit einer Tiegelflange und erhitzt vorsichtig über kleiner Flamme. Währenddessen wird das PVC mit dem Glasstab betupft. Ein kleines Stück Phenoplast wird anschließend ebenso untersucht.

Auswertung. PVC wird beim Erwärmen weich und beim Erkalten wieder fest. Dieser Vorgang kann beliebig oft wiederholt werden, falls man nicht zu stark erhitzt, wodurch PVC chemisch zerlegt wird. PVC und andere Plaste, die das gleiche Verhalten beim Erwärmen zeigen, nennt man Thermoplaste. Im Gegensatz dazu steht das Verhalten eines Phenoplastes, der beim Erhitzen nicht weich wird und sich bei Temperaturen über 300°C zersetzt. Phenoplaste gehören zur Gruppe der Duroplaste.

Versuch 392: Erweichungstemperatur von Polyvinylchlorid (PVC)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Erweichungstemperatur eines Thermoplastes experimentell feststellen.

Geräte: mit trockenem, feinem Sand gefüllter Eisentiegel, Thermometer (bis 100 °C), Dreifuß oder Stativ mit Ring, Tondreieck, Spiritusbrenner
Chemikalien: PVC-Streifen (1 cm × 10 cm, 0,5 mm bis 1 mm dick)

Ausführung. Man steckt in den Sand des Tiegels einen geraden Streifen Polyvinylchlorid (kein weichgemachtes PVC verwenden). Der Tiegel wird schräg auf ein Tondreieck gestellt und von unten mit kleiner Flamme erwärmt. Unmittelbar neben dem PVC-Streifen wird ein Thermometer in den Sand gesteckt.

Hinweis: Man muß so erwärmen, daß die Quecksilbersäule im Thermometer nur ganz langsam steigt und daß der Streifen von den aufsteigenden heißen Gasen der Flamme nicht getroffen wird.

Auswertung. Die Erweichungstemperatur von PVC liegt bei 75 bis 77 °C. Hier wird der Streifen weich und biegt sich auf Grund seines Eigengewichtes durch.

Analoge Versuche. Anstelle von PVC können Polystyrol, Polyvinylacetat, Polyäthylen, Polymethacrylat (Piacryl P) und Mischpolymerisate verwendet werden. Die Erweichungstemperaturen dieser Thermoplaste liegen zwischen 80 und 150 °C.

Versuch 393: Hitzespaltung von Polyvinylchlorid (PVC)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß bei der thermischen Zersetzung von PVC Chlorwasserstoff entsteht.

Geräte: Reagenzglas, Glasstab, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner
Chemikalien: PVC (auch weich), 25%ige Ammoniaklösung, blaues Lackmuspapier

Ausführung. Ein Stückchen PVC wird in dem Reagenzglas über kleiner Flamme erhitzt. Die entweichenden Dämpfe prüft man mit feuchtem blauem Lackmuspapier. Danach wird über die Reagenzglasöffnung ein Glasstab gehalten, der in die Ammoniaklösung getaucht wurde; oder man hält die geöffnete Flasche mit Ammoniaklösung neben die Öffnung des Reagenzglases.

Auswertung. Beim Erhitzen wird PVC unter Schwarzbraunfärbung zersetzt. Dabei entstehen Dämpfe, die blaues Lackmuspapier röten und mit Ammoniak Ammoniumchlorid-Rauch bilden. Die Dämpfe enthalten Chlorwasserstoff.

Versuch 394: Beständigkeit von Polyvinylchlorid (PVC)

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen das Verhalten von PVC gegenüber verschiedenen Chemikalien prüfen.

Geräte: 8 Reagenzgläser mit Stopfen, Schere, Reagenzglasständer
 Chemikalien: PVC-Folie, 50%ige Natronlauge, 50%ige Schwefelsäure, konzentrierte Salzsäure, Benzol, Methylbenzol (Toluol), Cyclohexanon, Wasser

Ausführung. Man schneidet aus einer PVC-Folie von etwa 0,5 mm bis 1 mm Dicke acht Streifen von 5 mm \times 40 mm. Dann werden sieben Reagenzgläser je zu zwei Dritteln mit Wasser, Natronlauge, Schwefelsäure, Salzsäure, Benzol, Methylbenzol und Cyclohexanon gefüllt. Anschließend steckt man in die Flüssigkeiten je einen Streifen PVC, verschließt die Gläser mit Stopfen und stellt die Proben ab. Ein PVC-Streifen wird in einem leeren Reagenzglas aufgehoben.¹⁾

Auswertung. Frühestens nach einer Woche werden die PVC-Streifen aus den Flüssigkeiten genommen, gründlich mit Wasser gespült und dann mit dem nicht behandelten Streifen verglichen. Wasser, Säuren und Laugen der verwendeten Konzentrationen greifen PVC bei Raumtemperatur nicht an. Die in Benzol und Methylbenzol gelagerten Streifen sind gequollen. In Cyclohexanon löst sich PVC bei genügend langer Einwirkung auf.

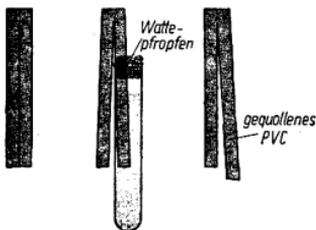


Abb. 85 Beständigkeit von PVC

Abwandlung des Versuches. Man schneidet PVC-hart-Streifen von 10 mm \times 100 mm. Die Streifen werden in der Längsachse fast durchgeschnitten (Abb. 35) und jeweils mit einem Schenkel in die mit Chemikalien gefüllten Reagenzgläser gehängt. Nach entsprechender Einwirkungsdauer zeigen sich bei bestimmten Chemikalien Quellungserscheinungen an dem eingetauchten Teil. Anstelle von PVC-hart kann bei diesem Versuch

auch PVC-weich verwendet werden. Die dem PVC-weich zugesetzten Weichmacher setzen die chemische Widerstandsfähigkeit des PVC herab. Besonders deutlich wird der Unterschied bei einem mit starker Natronlauge behandelten Streifen PVC-weich sichtbar.

Versuch 395: Entfernung von Weichmachern aus Plasten

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen den Einfluß von Weichmachern auf die Beschaffenheit von PVC-weich kennenlernen.

Geräte: Reagenzglas, Stopfen, Filterpapier, Schere, Spiritusbrenner
 Chemikalien: PVC-weich, Methanol

Ausführung. Man schneidet von altem PVC-weich (z. B. von einer Tischdecke oder einem Regenumhang) zwei gleich große Streifen (5 mm \times 40 mm), gibt einen Streifen in das Reagenzglas und füllt

¹⁾ Man kann diese Untersuchungen getrennt-gemeinschaftlich anstellen lassen.

es zur Hälfte mit Methanol. Nun wird die Flüssigkeit bis zum Sieden erhitzt, das Glas mit einem Stopfen verschlossen und dann (ohne zu erhitzen) noch einige Minuten geschüttelt. Anschließend quetscht man die Plastprobe zwischen Filterpapier ab und läßt sie trocknen.

Auswertung. Warmes Methanol löst verhältnismäßig rasch die Weichmacher aus der Plastfolie. Wenn die Probe getrocknet ist, kann man feststellen, daß das behandelte Material spröder als der nicht behandelte Vergleichsstreifen ist.

Versuch 396: Untersuchung der Schmelzbarkeit von Plasten

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen ihnen unbekannte Plaste untersuchen und nach der Schmelzbarkeit ordnen.

Geräte: *Tiegelzange, Spiritusbrenner*
Chemikalien: *verschiedene Plastproben*

Ausführung. Man faßt ein Stück des zu untersuchenden Plastes mit einer Tiegelzange und hält es einige Zentimeter über die kleine Flamme.

Auswertung. Schmilzt die Probe, dann liegt ein Thermoplast vor. Verkohlt sie, ohne vorher zu schmelzen, dann gehört die untersuchte Probe zu den Duroplasten.

Tabelle 2: Einteilung der Plaste

Thermoplaste	Duroplaste
Polyvinylchlorid (PVC)	Phenoplaste
Polyvinylacetat (PVA)	Aminoplaste
Polystyrol	Epoxydharze, ausgehärtet
Polyäthylen	
Polyamide	
Polyester	
Polymethacrylat (Placryl)	
Celluloseacetate	
Celluloid	

Abwandlung des Versuches. Die Schmelzbarkeit eines Plastes kann auch nach Versuch 392 festgestellt werden.

Versuch 397: Brennprobe von Plasten

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Brennbarkeit einiger ihnen unbekannter Plaste untersuchen.

Geräte: *Tiegelzange, Spiritusbrenner, unbrennbare Unterlage (z. B. ein Stück Blech, eine Keramikplatte oder eine Glasscheibe)*
Chemikalien: *verschiedene Plastproben*

Tabelle 3: Brennprobe bei Plasten

Name des Plastes	Verhalten beim Erhitzen in der Flamme	bei der Verbrennung auftretende Gerüche	Besonderheiten
Polyvinylchlorid (PVC)	brennt schwer, Flamme ist wenig grünlich gefärbt	stehend nach Chlorwasserstoff	brennt nicht weiter, wenn die Probe aus der Flamme genommen wird
Polyvinylacetat (PVA)	brennt mit bläulicher Flamme, die eine gelbe Spitze hat; schmilzt beim Brennen	stehend, etwas schwelgerartig	tröpfelt beim Brennen; Tropfen brennen nicht weiter
Polyäthylen	brennt am Anfang mit bläulicher, dann mit gelber Flamme; schmilzt beim Brennen	wie verlöschende Kerze	tröpfelt beim Brennen; Tropfen brennen weiter
Polyamid (Mikramid, Igamid, Doderon)	schmilzt mit bläulicher, gelbsäuerlicher Flamme; schmilzt beim Brennen, dabei meist Blasenbildung	amidartig, etwas nach verbranntem Eiweiß	tröpfelt beim Brennen in Fäden ab
Polystyrol	brennt mit leuchtendgelber, rußender Flamme; schmilzt beim Brennen	tells süßlich, tells nach Benzol	tröpfelt nicht beim Brennen
Polyester	brennt schwer an; brennt nach Entzündung mit gelber, rußender Flamme	süßlich	kann durch Zusätze fast unentflammbar sein
Polymethacrylsäureester (Placryl)	brennt mit gelber, knisternder Flamme	fruchtartig, süßlich	feuergefährlich!
Celluloid	brennt sehr heftig mit gelber Flamme	nach Campher	tröpfelt beim Brennen; Tropfen brennen weiter
Celluloseacetat	brennt mit etwas sprühender Flamme	nach Essig	stark beeinflussbar
Phenoplaste	brennen schwer, wobei das Material platzt und verkohlt; gelbe Flamme	nach Phenol und Methanal	Füllstoffe können brennen und Gerüche stark beeinflussen
Aminoplaste (Carbamidharze, Didiharze, Melaminharze)	brennen schwer, wobei das Material unter knackerndem Geräusch verkohlt	unangenehm fischartig; tells nach Ammoniak und Methanal	Füllstoffe können brennen und Gerüche stark beeinflussen
Epoxydharze (Epilox)	brennt langsam mit helloranger, bläulich gesäumerter, rußender Flamme	etwas nach Phenol	

Ausführung. Man faßt ein Stück des zu untersuchenden Plastes mit einer Tiegelizeange und hält es seitlich in die kleine Flamme. Die Tischplatte wird durch die unbrennbare Unterlage geschützt. Man achtet auf Brennbarkeit des Plastes, auf Flammenfärbung und auftretende Gerüche. Falls die Plastprobe zu brennen anfängt, nimmt man sie aus der Flamme und stellt fest, ob das Material auch außerhalb der Brennerflamme weiterbrennt.

Hinweis. Einige Plaste tropfen beim Brennen, wobei die Tropfen manchmal weiterbrennen. Man muß daher achtgeben, daß die Tropfen auf die Unterlage fallen. Bei solchen Untersuchungen ist der Brenner leicht schräg zu stellen, damit das Material nicht in das Brennerrohr tropft.

Auswertung. Über das Verhalten der verschiedenen Plaste gibt Tabelle 3 Auskunft. Die Ergebnisse können von den Schülern ebenfalls in einer Tabelle zusammengestellt werden.

Chemiefasern

Versuch 398: Herstellung von Polyamidfäden

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen Polyamidfäden aus geschmolzenem Polycaprolactam herstellen.

Geräte: Reagenzglas (180 mm × 18 mm), 2 Glasstäbe, Spiritusbrenner, Schere

Chemikalien: Polycaprolactam

Ausführung. Man gibt in das Reagenzglas etwa 1 cm hoch Polycaprolactam und erhitzt vorsichtig über kleiner Flamme. Dabei muß das Glas dauernd gedreht werden, um ein lokales Überhitzen des Polycaprolactams zu vermeiden. Die Substanz muß schmelzen, darf aber nicht braun werden, da dies ein Zeichen für die eintretende Zersetzung des Polyamids ist. Nun spannt man das Reagenzglas an das Stativ und erhält mit einer kleinen Flamme das Polycaprolactam in der Schmelze. Mit einem Glasstab entnimmt man eine Probe, tupft damit auf einen zweiten Glasstab und zieht beide Stäbe rasch auseinander. Dabei bildet sich ein Faden, der nun mit der Hand gefaßt und weiter von der Schmelze abgezogen wird.

Hinweis. Man muß sehr rasch arbeiten, da das geschmolzene Klümpchen am Glasstab nach wenigen Sekunden erstarrt.

Auswertung. Man erhält farblose Polyamidfäden, die deutlich das etwas glasartige Aussehen dieser Chemiefaser erkennen lassen.

Abwandlung des Versuches. Man kann auch mit einem Stück eines unbrauchbaren Dederonstrumpfes arbeiten, der in kleine Schnitzel zerschnitten wird. In einem Reagenzglas werden die Dederonschnitzel dann vorsichtig über kleiner Flamme erhitzt, wobei man sie mit einem Glasstab fest zusammendrückt. Wenn das Material zu schmel-

zen beginnt, wird der Glasstab ständig gedreht. Zum Schluß werden Fäden gezogen. Da man gefärbtes Material verwendet hat, bildet sich eine dunkelbraune bis dunkelgraue Schmelze. Eine Kontrolle, ob man richtig erhitzt hat, ist daher kaum möglich. Die aus der dunklen Schmelze gezogenen Fäden sind verhältnismäßig hell.

Versuch 399: Verstreckung von Polyamidfäden

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen den technisch wichtigen Vorgang des Verstreckens kennenlernen.

Chemikalien: *rohe Polyamidfäden aus Versuch 398*

Ausführung. Man legt einige Fäden aus Versuch 398 nebeneinander, faßt sie in etwa 15 cm Abstand mit beiden Händen und zieht die Fäden langsam auf ungefähr das Doppelte der ursprünglichen Länge auseinander.

Auswertung. Die Fäden behalten die größere Länge, sie sind durch das Verstrecken dünner und viel fester geworden.

Versuch 400: Verhalten von Dederon in der Hitze

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen das Verhalten von Dederon in verschiedenen Temperaturbereichen untersuchen.

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner*
Chemikalien: *Fäden, Gewebe oder Gewirke aus Dederon, Wasser*

Ausführung. Man gibt eine Probe Dederon in das Reagenzglas und füllt es zur Hälfte mit Wasser. Dann wird unter Schütteln bis zum Sieden des Wassers erhitzt. Man gießt das heiße Wasser weg, spült kalt und prüft das Dederon. Anschließend dreht man eine Dederonprobe zu einem Strähnchen zusammen und nähert es waagrecht der Flamme.

Auswertung. Dederon wird durch siedendes Wasser nicht verändert; es verträgt demnach Temperaturen bis zu 100 °C ohne Schädigung der Faser. Bei Temperaturen über 200 °C wird Dederon weich und schmilzt bei etwa 250 °C. Auch ein heißes Bügeleisen kann Dederon zum Schmelzen bringen.

Versuch 401: Brennbarkeit von Dederon

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen erkennen, daß Dederon schlechter entflammbar als Viscosefaser ist.

Geräte: *Spiritusbrenner, feuerfeste Unterlage, Tiegelzange*
Chemikalien: *Dederon (z. B. ein Stück Strumpf), Viscose- oder Kupferkunstseide, Baumwolle*

Ausführung. Man dreht aus den Textilmaterialien kleine Strähnen und hält dieselben mit einer Tiegellange waagrecht an die Flamme.

Auswertung. Viscose- oder Kupferküstseide und Baumwolle sind leicht entzündlich und brennen gut. Dabei tritt Geruch nach brennendem Papier auf. Die Asche fühlt sich zwischen den Fingerspitzen glatt an (vgl. Versuch 397). Dederon schmilzt bei Berührung mit einer Flamme zusammen und brennt erst nach einiger Zeit an, wobei ein schwacher amidartiger Geruch auftritt. Es bildet sich eine zusammengeschmolzene, braune Masse.

Versuch 402: Verhalten von PC-Faser beim Erhitzen

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die Wärmeempfindlichkeit der PC-Faser nachweisen.

Geräte: *Reagenzglas, Reagenzglashalter, Spiritusbrenner*
Chemikalien: *PC-Faser (Vylangewebe), Wasser*

Ausführung. In das Reagenzglas gibt man eine Probe PC-Material, fügt reichlich Wasser hinzu und erhitzt zum Sieden. Anschließend wird kalt gespült und die Faserprobe untersucht.

Auswertung. Die Probe aus PC-Fasern ist stark zusammengeschrunpft, zum Teil sogar zusammengeschmolzen. PC-Faser ist sehr wärmeempfindlich und darf deshalb nur bei einer Höchsttemperatur von 50 °C gewaschen werden.

Versuch 403: Entflammbarkeit der PC-Faser

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen eine besondere Eigenschaft der PC-Faser erkennen.

Geräte: *Spiritusbrenner*
Chemikalien: *PC-Fasermaterial*

Ausführung. Man nähert PC-Material von der Seite her einer Flamme.

Auswertung. PC-Faser ist nicht entflammbar. Das Material schmilzt bei Berührung mit der Flamme zusammen; dann zersetzt es sich, wobei ein stechender Geruch auftritt. Man erhält eine schwarze, zusammengeschrunpft Masse.

Versuch 404: Verhalten der PC-Faser gegenüber Chemikalien

Ziel des Versuches. Die Schüler sollen die chemische Widerstandsfähigkeit dieser Faserart überprüfen.

Geräte: 4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Schere, Glasstab, Meßzylinder (10 ml)

Chemikalien: ungefärbtes PC-Gewebe, ungefärbtes Schafwollgewebe, ungefärbtes Baumwollgewebe, 50%ige Natronlauge, konzentrierte Salzsäure, konzentrierte Salpetersäure

Ausführung. Man gibt in einen Meßzylinder 6 ml Salzsäure und 2 ml Salpetersäure, rührt mit einem Glasstab um und verteilt die Mischung („Königswasser“) auf zwei Reagenzgläser. In das eine Glas wird ein Streifen PC-Gewebe, in das andere etwas Baumwollgewebe gesteckt. Dann gießt man in zwei weitere Reagenzgläser je 5 ml Natronlauge und fügt der einen Flüssigkeit etwas PC-Gewebe, der anderen Schafwolle hinzu. Die Gläser bleiben einen Tag stehen.

Auswertung. Schafwolle wird von der Lauge zerstört und aufgelöst. Baumwolle wird vom Königswasser stark geschädigt. Wenn an der Probe keine Veränderungen sichtbar sind, gießt man die Säure ab, spült mit Wasser und prüft die Zerreißfestigkeit, die infolge Bildung von Hydrocellulose und Oxycellulose sehr gering geworden ist. Das PC-Material hat sich weder in der Lauge noch in der Säure verändert; es ist sehr widerstandsfähig gegen chemische Einflüsse.

Sach- und Namenregister

- Abdampfen** 207
Abhängigkeit chemischer Reaktionen
 von Bedingungen 78
Acetaldehyd s. Äthanal
Acetate s. Äthanate
Aceton s. Propanon
Acetylen s. Äthin
Adamkiewicz-Reaktion 292
Adsorption mit Aktivkohle 65, 66
Albumin 289, 294
Alkallmetalle, Nachweis 155, 191
Alkanale 233—235
Alkansäuren, Eigenschaften 237, 240
Alkyl-hydrogensulfat 288
 —-schwefelsäure 288
Aluminium 22, 156
 —-carbonat 158
 —-chlorid 157
 —-hydroxyd 158
 —, Nachweis 192, 193, 198
 —sulfat 105, 159
Amelensäure s. Methansäure
Aminobenzol 256, 257, 258
4-Aminobenzolsulfonsäure 214
1-Aminoaphthalin 214
Aminoplate 299, 300, 308
Aminosäuren 292
Ammoniak 115, 120, 121
 —, Darstellung 183
 —, Eigenschaften 114, 115, 121, 183
 —, Nachweis 118, 151
Ammonium-carbonat 120
 —-chlorid 118, 119, 191
 —-ionen, Nachweis 121, 191, 196,
 197, 198
 —-nitrat 119, 121
 —-perchlorat 192
 —-sulfat 119, 150, 198
 —-sulfidgruppe 133
 —-sulfidlösung 132
amphoterer Charakter 156
Amsupka 152
Analysengemische 196
Anilin s. Aminobenzol
Anilinschwarz 256
Anlaßfarben 164
Antimon(III)-chlorid 182
 —-sulfid 133
Äquivalentgewicht 20
aromatische Hydroxylverbindungen
 254
Äthanal 233, 284, 285
Äthansäure 293
- Äthanate** 239, 240
Äthandisäure 241
Äthanol 97, 220, 222, 230, 231, 245,
 246, 281
Äthansäure 102, 103, 236, 237, 238,
 240
Äthen 222
Äther s. Äthoxyäthan
Äthin 223
Äthoxyäthan 246
Äthylalkohol s. Äthanol
Äthyläthanat 244
Äthylbromid 245
Aussalzen 285
Ausschütteln 204, 210
Autobenzin 223
azeotropes Gemisch 207
Azofarbstoff 215 -
- Baeyers Reagenz, Herstellung** 222
Bariumchlorid 158, 195
Basenbildung 53
Baumwolle 293, 310
Beilsteinprobe 216
Benzaldehyd 260, 261, 262
Benzin 225
o-Benzochinon 255
p-Benzochinon 255
Benzoessäure 251, 259, 262, 263
 —-ester 260
Benzol 249, 250, 281
Benzylalkohol 263
Berliner Blau 166
Beschriftung 20
Bindungsbestreben 21, 28
Biuret 192, 291, 294
Blei 161, 192—195
Bleichwirkung von Chlor 85
Bleikammerverfahren 139
Bleinaachweis in Glas 81
Blei-(II)-nitrat 124
 —-oxyd 177, 233
 —-seifen 285
 —-stearat 285
 —-sulfat 140
 —-sulfid 132, 184, 291
 —-sulfochlorid 184
 —-tetraäthyl 225
Boden, Ionenaustausch 158
 —, Kalkbedarf 147
 —, Kalkgehalt 146
 —, Krümelstruktur 145
 —, Puffervermögen 148
- Boden-kolloide** 149
 —-reaktion 103, 145
Branntkalk 74, 150
Braunseinerz 165
Brennprobe, Eiweiß — Cellulose-
 fasern 293
 —, Dederon 310
 —, PC-Faser 311
 —, Plaste 307
Brenzcatechin 254
Brom 91, 93, 181
Bromide, Darstellung 92
 —, Nachweis 94
Bromwasser 91, 92, 131, 250, 251
 —, Herstellung 181
Bromwasserstoff 93, 183
Bronze 199
Butansäure 237
Buttersäure s. Butansäure
- Cadmium** 132, 133
Calcium 37, 54, 146, 156, 241
 —-alkoxyd 269
 —-äthanat 242
 —-carbonat 70, 97, 151, 188
 —-formiat 240
 —-hydrogencarbonat 70, 71, 159, 160
 —-hydroxyd 158
 —-ionen, Nachweis im Boden 146
 —-oxalat 241
 —-oxyd 74
 —-palmitat 285
 —-phosphat 150
 —-saccharat 273
 —-sulfat 142, 160
Cannizzaro-Reaktion 261, 262
Carbamidharz 299, 308
Carbonationen, Nachweis 75, 188, 197
Carbonsäuren, ungesättigte 282
Cellulose 280
Celluloid 307, 308
Cellulose 267, 278
 —-acetat 307, 308
 —-dinitrat 280
 —-fasern 293
 —, Nachweis 278
 —, Säurehydrolyse 279
Chemikalien 14, 19
Chlor 97, 99, 102, 186
 —, Darstellung 180
 —, Eigenschaften 180
Chloride 87
Choridonen, Nachweis 88, 151, 188

- Chlornachweis 98, 162, 221
 Chloroform s. Trichlormethan
 Chlorwasser 85, 92, 131, 181
 Chlorwasserstoff 85, 120, 305
 —, Darstellung 182
 —, Nachweis 183
 Chrom-(III)-salze 290
 — säure 256
 Citronensäure 57, 244
 Colloidumwolle 280
 Cracken, thermisches von Paraffinöl 227

 Dederon 308, 309, 310
 Demonstrationsversuche 9, 11
 Destillation 36, 204, 210
 —, fraktionierte 206, 224
 —, Thermometer für — 206
 Destillieranlage, einfache 205
 —, für hochsiedende Flüssigkeiten 205
 Diamminsilberchlorid 188
 Diazoniumsalz 214
 Didiharze 308
 Dieselöl 224
 Dihydroxybenzole 254
 2,3-Dihydroxybutandisäure 243
 Dinatriumhydrogenphosphat 189, 190, 195
 Disproportionierung 263
 Dissoziation des Wassers 106, 109, 110
 Dissoziationsgleichgewicht 105, 109, 110
 Dissoziationsgrad 102
 Distickstofftetroxyd 109
 Dolomit 199
 Düngemittel 57, 150, 152, 198
 Duralumin 198
 Duroplast 304, 307

 Eindampfen 33, 59, 178
 Eindunsten von Natriumchlorid-lösung 88
 Einführung in neuen Stoff 13
 Einweichmittel 56
 Eisen 43, 46, 163, 173, 198
 Eisen(II)-acetat 238
 Eisen-(III)-benzoat 260
 — -(III)-chlorid 110, 150, 166, 170, 192, 194
 — -(II)-chloridprobe 254
 — gehalt 168
 — -(II)-hydroxyd 167
 — -(III)-hydroxyd 167
 — -(III)-Ionen, Nachweis 167, 194
 — oxyd 28, 166
 — -(II,III)-oxyd 22, 29
 — -(III)-oxyd 138
 — -(II)-phosphat 150
 — -(II)-sulfat 97, 125, 132, 166, 168, 170, 189, 192

 Eisen-(II)-sulfid 48, 132, 133, 184
 — -(III)-thiocyanat 168, 194
 Eiweiß, Alkalieempfindlichkeit 293
 — -fasern 293
 —, Gerinnung durch Hitzeinwirkung 289
 —, Hitzespaltung 289
 — -lösung, Herstellung 289
 —, Nahrungsmittel 294
 elektrische Leitfähigkeit 97, 102
 Elektroden 99, 100, 101
 Elektrolyse, Kupfer(II)-chloridlösung 98
 —, Natriumhydroxyd 99
 —, Salzsäure 98
 —, Schwefelsäure 99
 Emgekali 151, 198
 Emulgiervermögen der Waschmittel 287
 Emulsion 35
 Entgasung 75
 Entwickler, fotografischer 170
 Epilox 308
 Epoxydharz 307, 308
 Erdalkalimetalle, Nachweis 155, 191
 Erdöl 224, 225
 Erhitzen 201
 Esbachs Reagenz, Herstellung 290
 Essig 56
 — säure s. Äthansäure
 — säureäthylester s. Äthyläthanat
 Explosionsgrenzen, Methan 220
 Extraktion, Öl 282

 Farbreaktion, Indikatoren 56
 Farbumschlag, Lackmus 53
 Fehlingsche Lösung 261
 Feilspäne, Entfetten 58
 Feinwaschmittel 56, 286, 287
 Fensterglas 80, 81
 Fettalkohole 288
 Fette 281
 Fettsäure 284, 286
 —, Seife aus 284
 Fewa s. Feinwaschmittel
 Fibroin 291
 Filtrieren 208
 Fixierbad 95
 Flammenfärbung 81, 155, 169, 191, 197
 Flammenkern 27
 Flüssigkeiten, Mischbarkeit 35
 Formaldehyd s. Methanal
 Formiate s. Methanate
 fotografische Emulsionen 94
 fotografischer Entwickler 170
 fraktionierte Destillation 210, 224
 Früchte, Untersuchung auf Zucker 268
 Fruchtsäfte 103
 Fruchtzucker s. Fructose
 Fructose 247, 267, 269, 270, 271, 274

 fuchsin-schweiflige Säure 270
 —, Herstellung 223
 Furfurol 300

 Galactose 267
 Galvanisieren 101
 Gase, Löslichkeit 35
 —, Nachweismethode 185
 —, Verteilung in Luft 45
 Gefahrenhinweis bei Laugen 54
 Gelatine 294
 Gemenge 43, 47
 —, Eisen—Schwefel 43, 47
 —, stöchiometrisches 43, 47
 Gemisch, azeotropes 207
 —, Natrium- und Kaliumchlorid 89
 Gemüse, Untersuchung auf Zucker 268
 Geräte-kombinationen 18
 Gerben 290
 Gesetz von der Erhaltung der Masse 46
 — der konstanten Proportionen 47 ff.
 — —, qualitative Vorbereitung 47
 Gesteine 199
 Getreide 275
 getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise 12, 16, 46, 60, 65, 73, 81, 85, 87, 88, 91, 103, 104, 122, 132, 133, 134, 140, 141, 161, 173, 192, 200, 233, 234, 237, 239, 240, 244, 290, 293, 306
 Gewichtsprozent 20
 Gips 142, 199
 Glas 80
 gleichioniger Zusatz 111
 Globuline 289, 294
 Glucosäure 268, 271
 Glucose 267, 268, 270, 271, 274
 Glycerin 232, 233, 283
 Glyoxylsäure 293
 Graukalk 245
 Grieb-Reagenz, Herstellung 214
 Grundgerate 18
 Gußeisen 163

 Halbmikrotechnik, Chemikalien 176
 —, Geräteausstattung 175
 —, Nachweisreaktionen 180
 Halogene, Nachweis 216, 217
 Harnstoff 97, 299, 300, 301, 303
 Härte, temporäre 73
 Härten von Stahl 164
 Harz 230, 249
 Heißbäder 202, 206, 209
 Heparprobe 134, 216
 Hexacyanoferratkomplex 166
 Hexametylenetetramin 298
 Hochofenprozeß 166
 Holz, trockene Destillation 236
 Holzteer 237

- Hülsenfrüchte** 294
Hydratecellulose 279
Hydrocellulose 312
Hydrochinon s. Dihydroxybenzole
Hydrolyse 74, 81, 106, 157, 276
Hydrolysen-grad 106
hydrolytische Reaktion, pH -Wert-
 Bestimmung 105, 106
Hydroxybenzol 252, 254, 255, 297,
 298, 301
Hydroxyionennachweis 187
2-Hydroxypropansäure 57, 242, 243,
 244
Hygroskopie 126
- Igamid** 308
Indikatoren 55, 56, 187
Inversion 273
Ionen-adsorption 148
 — -austausch 148
 — -theorie 97
- Jenaer Glas** 80
Jod 90, 91, 93, 181
Jodide, Darstellung 91
 —, Eigenschaften 92, 93
 —, Nachweis 94
Jod-säure 182
 — -stärkereaktion 90, 182, 275, 276
 — -wasser 90
 — -wasserstoff 93
- Kainit** 151
Kalidüngesalz 57, 151, 198
Kallium 155
 — -benzoat 251, 262, 263
 — -bromid 92, 94, 95, 181, 245
 — -carbonat 106
 — -chlorid 34, 88, 94, 111, 141
 — -dichromat 172
 — -hexacyanoferrat(II) 166, 169
 — -hexacyanoferrat(III) 166
 — -ionen, Nachweis 191, 197
 — -jodid 94, 181
 — -jodid-Stärke-Papier 98, 182
 — -nitrat 97, 123, 124, 141, 189
 — -perchlorat, Löslichkeitsgleich-
 gewicht 111
 — -permanganat, thermischer Zerfall
 172
 — -stannit 158
 — -tetraoxalat 242
 — -thiocyanat 167
Kalk, Löschen 74
 — -ammonsalpeter 151, 198
 — -milch 273
 — -seife 285
 — -stickstoff 57
 — -wasser 53, 54
Kältemischung 121
Karamel, Bildung 271
Kartoffel 90, 275, 294
- Kationennachweis** 190ff.
 — mit Ammoniaklösung 193
 — mit Natronlauge 192
 — mit Schwefelwasserstoff 193
 — mit Sulfat 194
Katode 98, 99, 100, 101
Kauritleim 303
Keratin 289
Kerzenparaffin 227
Kesselsteinbildung 71, 160
Kieselsäure 78
Kleesalz s. Kalliumtetraoxalat
Knallgas-probe 36, 39, 50
Koagulation 145, 289, 290
Kohle, Entgasung 75
 — -elektroden 97
 —, Verbrennung 67
Kohlendioxyd 22, 68, 73, 77, 79, 140
Kohlendioxyd-gehalt der Luft 69
Kohlenmonoxyd 77
Kohlensäure 55, 71, 73, 79
Kohlenstoff 63, 166, 213
 —, Nachweis in Stahl 163
Kolbenprober 25, 103, 115, 147
Kolloide 285
Komplexbildungen 140, 243
Königswasser 312
Konzentration, Lösungen 20, 34
Korrekturfaktor 20
Kreide 44
Kristallform, Natriumchlorid 88
Kristallglas 81
**Kristallisation, Reinigung fester
 Stoffe** 208
Kristallisationskeime 208
Kristallwassergehalt, Sulfate 142
Krümelstruktur 145
Kugelrückenfußkühler 202
Kunsthonig, Untersuchung 268
Kupfer 21, 25, 30, 173
 — -(II)-benzoat 260
 — -brief 22
 — -(II)-chlorid 110, 121, 169
 — -elektrode 100
 — -(II)-hexacyanoferrat 169
 — -kunstseide 310
 — -legierung 199
 —, Nachweis 169
 — -(II)-nitrat 124
 — -(II)-oxyd 28, 31, 49, 50, 60, 116,
 142, 177
 — -seide s. Kupferkunstseide
 — -sulfat 59, 173
 — -sulfat, Darstellung 178
 — -(I)-sulfid 50
 — -(II)-sulfid 131, 132
 — -tetramminkomplex 170
Kuseta 279
- Lactose** 272
Laugen, Gefahrenhinweis 54
Legierungen 198, 161, 160
- Leimseife** 284
Letter 97
Leitfähigkeit, elektr. 97, 102
Leitungswasser 73, 103
Lichtbrennungsvermögen, Benzol 237
Lignin 257
Lithium 155
Loherbung 290
Löschkalk 74
Löslichkeit 33, 34, 35, 88, 89
 —, Alkansäuren 237
 —, Carbonate 158
 —, fester Stoff 33
 —, Gase 35
 —, Hydroxyde 158
 —, Jod 84
 —, Kalliumchlorid 88, 89
 —, Natriumchlorid 88, 89
 —, Phthalsäure 264
 —, Sulfate 159
**Löslichkeitsgleichgewicht, Kalium-
 perchlorat** 111
Lösungen 20, 33, 34, 44, 55, 56, 62, 207
Lösungsmittel 34, 44
Lötstein 121
Lötzwasser 171
Lötzinn 161
Luft 22, 24, 25, 69, 113
- Magermilch, Untersuchung** 272
Magnesiummischung 149
Magnesium 21, 37, 173
 — -ammoniumphosphat 150
 — -hydroxyd 53
 — -oxyd 37, 53, 140
 — -phosphat 149
 — -sulfat 159, 178
Maltose 267, 274, 277
Malzzucker s. Maltose
Mannose 267
Margarine 276
Marienglas 199
Melaminharz 308
Messing 199
Metalle 91, 92, 198
Metalleiweißverbindungen 290
Metallkitt aus Propantriol 233
metallischer Charakter 158
Metall-oberflächen, Reinigung 86
 — -reihe 28, 30, 58
Methan 219, 220
Methanal 233, 234, 235, 270, 297, 298,
 299, 301
Methanate 239
Methanol 228, 229, 233
Methansäure 235, 236, 238, 240
Methylalkohol s. Methanol
Methylbenzol 251, 306
Methylorange 187
Methylviolett 104
Milch 242, 294
 — -säure s. 2-Hydroxypropansäure

- Milwa 287**
Minimalausstattung 17
Mineralien 199
Mineralöle 281
Miramid 308
Mischbarkeit von Flüssigkeiten 35
Mohnöl 282
Molekülbezeichnung 44
Mononitroso-eisen(II)-sulfat 189
Mörtel 74
Müller-Kühne-Verfahren 137
- Nachweis, Aminobenzol 256**
 —, Ammoniumverbindungen 121
 —, aromatische Hydroxyverbindungen 254
 —, Gase 185
 —, Phenylammoniumchlorid 257
 —, Stärke 90
 — -reaktionen, Halbmikrotechnik 180
Nähmaschinenöl 223
Naphthalin 46
 α -Naphthylamin 214
Natrium, Nachweis 81, 155
 — -acetat, wasserfrei 219
 — -alkylsulfat 286
 — -aluminat 157
 — -benzoat 259
 — -benzolsulfonat 253
 — -carbonat 72, 105, 106, 240
 — -chlorid 83, 62, 88, 97, 105, 156, 180, 182, 183, 285
 — -chloridkristalle, Züchtung 88, 156
 — -hydrogencarbonat 72
 — -hydroxyd 158
 — -nitrat 124, 141
 — -palmitat 285
 — -phenolat 252, 253
 — -phthalat 264
 — -seife 284
 — -stearat 284, 285
 — -sulfat 159
 — -sulfid 134, 137
 — -thiosulfat 95
Natronlauge 54, 97, 99, 101, 122, 140
Neutralisation 48, 51, 60, 179
Neutralisationswärme 51
Neutralisationspunkt 61
 — -waschmittel 281, 286, 287
Nichtelektrolyte 97
Nichtleiter 97
Nickeloxyd 177
 — -sulfatlösung 183
 — -sulfid 133
Nitrate 122—125, 189
Nitrationennachweis 125, 189
Nitrobenzol 258
nitrose Gase 214
Normallösung 20
- Oberflächenspannung 286**
Octadecanol 288
- Octadecansäure 284**
Octadecylschwefelsäure 288
Öl 35, 281, 282
 — -bad 202
Olivenöl 282
Ölsaat 282
Orthoamelsensäuretriäthylester 221
Oxalsäure 241
Oxo-äthansäure s. Äthansäure
Oxycellulose 312
Oxydation von Brom 93
- Paraffin 185, 213**
 — -öl 227
Paraformaldehyd 301
Patentkali 198
PC-Faser 311
PC-Gewebe 312
Pentansäure 237
Peptisation 145
Perehlorssäure 111, 191
Pflanzensäfte, Untersuchung 53
pH-Wert 103, 104, 106, 145, 146
Phenol s. Hydroxybenzol
Phenolphthaleinlösung 56, 187
Phenoplaste 297, 298, 304, 307, 308
Phenylammoniumchlorid 257
Phosphat-düngemittel 149, 150
 — -ionen, Nachweis 126, 150, 189, 190
Phosphor 22
 — -molybdänsäure 190
 — -pentoxyd 55, 125
Phthalsäure 263, 264
 — -anhydrid 263, 264, 300
Piacryl 305, 308
Plathern 299
Pikrinsäure 290
Plaste 297 ff.
 —, Eigenschaften 304, 307
 —, Herstellung 297
Polireagenzpapier 100
Polyamide 307—309
Polyamidfäden, Herstellung 307
 —, Ver Streckung 310
Polyäthylen 305, 307, 308
Polycaprolactam 309
Polyester 306, 307, 308
Polykondensation 297—301, 303
Polymethacrylat 305, 307
Polymethacrylsäureester 308
Polystyrol 305, 307, 308
Polyvinyl-acetat 305, 307, 308
 — -chlorid 305, 307—309
Propanon 245
Propantriol 232, 233, 283, 300
Propenal 232, 283
Protokoll 14
Ptyalin 276, 277
Pufferlösung 110, 148
Pyrit 135
- Quarz 79**
Quecksilber(II)-chlorid 290
- Rapsöl 281, 283**
Reagenzgläser, Größen 18
Reaktion, umkehrbare 71
Reaktionsbeschleunigung 201
 — -geschwindigkeit 301
 — -geschwindigkeit, abhängig vom Verteilungsgrad 22
Reaktions-Geschwindigkeits-Temperatur-Regel 201
Reaktionsgleichgewicht 244, 286
Redoxbegriff 131, 135, 172
Reduktion, Eisenoxyd durch Kohlenstoff 166
 —, Källumdichromat durch schweflige Säure 172
 —, Kupfer(II)-oxyd durch Eisen 28
 —, Kupfer(II)-oxyd durch Wasserstoff 31, 177
 —, Kupfer(II)-oxyd durch Zink 29
 —, Nitrobenzol 258
 —, Silberionen 170
 —, Wasserdampf durch Magnesium, Eisen, Zink 29, 37
 —, Wasser durch Calcium 37
 —, quantitative von Kupfer(II)-oxyd 49
 —, Zinkoxyd durch Magnesium 28
Reduktionswirkung, Dihydroxybenzol 254
 —, Methansäure 236
regellose Arbeitsweise 13
Reinigen, Geräte 86
Reinigung fester Stoffe 208
 — organischer Stoffe 204
Resit 302, 303
Resol 301, 302
 — -harz, Verwendung 302
Resorcin s. Dihydroxybenzole
Rindertalg 249
Rohbenzin 224
Rohpetroleum 224
Rohrzucker 97, 271, 273
Rost 165, 242
Rotkohlfarbstoff 56, 187
Rückfußkühlung 202 ff., 209
- Saccharose 267, 271, 273**
Salpetersäure 139
Salz 58
 — -bildung 53, 59, 87, 122
 — -bildungsgleichungen 140, 178, 179
Salze niedrigmolekularer Alkansäuren 239
Salzsäure 86, 97, 98, 102, 103, 104, 180, 182
Sand 33
 — -bad 202
Saturierung 273
Sauerstoff 24—26, 99, 100, 123

- Sauerstoff, Verbrennung in reinem 26
 — -verbraucht beim Rosten 165,
 Säure, Einwirkung auf Carbonate 73
 —, organisch 57
 — -bildung 54
 — -hydrolyse 273
 — -nachweis 190
 — -teer 225
 Schafwolle 203, 312
 Schellack 230
 Schiff's-Reagenz, Herstellung 223
 Schmelz-barkeit, Plaste 307
 — -punkt, Kerzenparaffin 227
 — -punktbestimmung, Legierungen 161
 Schmieröl 226
 Schmutztragevermögen 287
 Schwefel 22, 43, 47, 50, 129, 130, 131, 139, 141, 185, 216
 — -dioxyd 54, 134, 137, 185
 — —, Oxydation, katalytisch 138
 — —, Oxydation durch Salpetersäure 139
 — -kohlenstoff 129
 —, Nachweis in Eiweiß 291
 — -säure 93, 97, 99, 103, 140, 178
 — -saures Kall 198
 — -Sublimation 130
 — -trioxyd 138, 142
 —, Verbrennung 54, 129
 — -wasserstoff 130, 184, 185
 — — -gruppe 132
 — —, Oxydation 131, 185
 — — -patronen 130
 — — -wasser 130, 131, 132, 193
 schweflige Säure 54, 135, 139, 172
 Schweizer Reagenz, Herstellung 279
 Schüllerregeln 15
 Seife 281, 284, 286, 287
 Seifen-lösung 284, 285, 286
 — -wirkung 159
 Seliwanow-Nachweis 271
 Selterswasser 35, 71
 Siede-steinchen 202, 208
 — -verzug 202, 208
 Silagesäfte 103
 Silber-chlorid 188
 — -halogenide, Lichteinwirkung 94, 188
 — -nitrat 34, 95, 170, 180, 188, 189
 — — -lösung, ammoniakalische 234
 — -sulfid 216
 Silicagel 78, 79
 Silicium-dioxyd 78
 — -hydrat 79
 Silumin 19
 Sodauszug 195, 199
 Sol 285
 Spanungsreihe 173
 Spanprobe 25, 30, 123
 Speichel 103
 Speisefartfett 249
 Speiseöl 249
 Spiritusbrenner 18
 Springbrunnenversuch 117
 Stahl 163, 164, 198
 —, Anlaßfarben 164
 —, Härten 164
 — -wolle, Glühen 22, 23
 Stärke 267, 275, 276
 —, Abbau 277
 —, Hydrolyse 276, 277
 —, Jodreaktion 275
 — -kleister 275, 277
 —, Nachweis 90, 275
 —, Verhalten gegen Wasser 274
 Stativmaterial 18
 Stearinsäure 284
 Stielrohr 202
 Stickstoff 113, 114, 116, 124, 214
 — -dioxyd 109
 —, Nachweis in Eiweiß 290
 —, Nachweis nach Rosenthaler 215
 Stockpunkt 228
 Stromtransport 102
 Strontium 156
 Sublimation von Jod 90
 Substitution 298
 Sulfanilsäure s. 4-Aminobenzolsulfon-säure
 Sulfat 138, 140, 142
 —, Kristallwassergehalt 142
 —, Nachweis 138, 140
 Sulfide, Fällung 132
 —, Trennung 133
 Sulfid, Nachweis 137, 188
 Superphosphat 57, 149, 198
 Sylvinit 151
 Synthese organischer Verbindungen 201 ff.
 Tannin 290
 technische Stoffe, Untersuchung 198
 Temperaturabhängigkeit, Hydrolyse 106
 —, Viscosität 226
 Temperaturempfindlichkeit von Eiweiß 289
 temporäre Härte 73
 Tetra-chlormethan 90, 91, 281
 — -hydroxy-alumination 192
 — -mm-in-kupfer(II)-hydroxyd 193, 279
 — — -plumbition 193
 — — -stannition 192
 — — -zinkhydroxyd 193
 Thermoplaste 301, 304, 305, 307
 Thomasphosphat 149
 Titration 61, 73, 148, 168, 240, 241
 Toluol s. Methylbenzol
 Ton-Humus-Kolloide 145
 Traubenzucker 97, 267, 271
 Trennen, Natrium-Kallumehlorid 89
 2,4,6-Tribromaminobenzol 259
 Tribromanilin s. Tribromaminobenzol
 2,4,6-Tribromhydroxybenzol 255
 Tri-bromphenylammoniumbromid 258
 — -calciumsaccharat 272
 — -chloräthen 281
 — -chloräthylen s. Trichloräthen
 — -chlormethan 221, 281
 — -hydroxyzinkation 192
 — -Jodmethan 220
 — -nitrophenol 290
 Trocken fester Substanzen 208
 Trommersche Probe 268
 Tropfsteinbildung 71
 Tryptophan 292
 Tüpfel-platte 187
 — -reaktion 119, 122, 167
 Turnbulla-Blau 166
 Tyrosin 292
 Umkehrbare Reaktion 71
 Umkristallisieren 62
 Umschlagintervalle von Indikatoren 104
 Universalindikatorpapier 103, 104, 106, 146
 Unterscheidung, fette Öle — Mineral-öle 281
 Ursubstanz 20
 Valeriansäure s. Pentansäure
 Vanadium(V)-oxyd 138
 Verbrennung, Kohlenstoff 22, 67
 —, in Sauerstoff 26
 —, Luftbedarf 22
 —, Magnesium 21
 Verbrennungsprodukte 21
 Verdrängungsreaktion 182
 Verdünnungsreihe 45
 Vergaserkraftstoff 231
 Verkupfern 101
 Verstrecken von Fasern 310
 Versuchsbedingungen, Einfluß auf Reaktion 78
 verweibendes Verfahren 9, 11
 Viscosekunstseide 310
 Viscosität, Temperaturabhängigkeit 226
 — -untersuchung, Schmieröl 226
 Vorbereitung, Schüllerversuche 15
 Vorratsflaschen 19
 Vylan 311
 Waschmittel, Emulgiervermögen 287
 Waschlösungen, Säureempfindlichkeit 285
 Wärmequellen 18
 — -lösung 51
 Wasser 29, 30, 34, 37, 38
 — -bad 202
 — -dampfdestillation 207, 211
 — -gas 78

Wasserglas 77	Weichmacher 306	Zinkationen 171
— -glaskitt 79	Weinsäure s. 2,3-Dihydroxybutan-	Zink-chlorid 171
— — -lösung 77, 79, 80	disäure	— -formiat 238
— -härte 159, 160	Xanthoprotein-Reaktion 292	— -hexamminkomplex 171
Wasserstoff 30, 31, 36, 38, 39, 50, 99	Zellwolle 278, 279, 280	— -hydroxyd 171
100, 157, 177	Zinn 132, 133, 158, 161, 192, 193	— -ionen, Nachweis 171
—, Darsteellung 157	Zink 22, 59, 173, 177	Zink-oxyd 28, 140, 171, 179
—, Nachweis 98, 213		— -sulfat 58, 171, 192, 193
Weichlot 161		Zucker 267

Abbildungen

Die Zeichnungen wurden nach den Vorlagen der Autoren und der Redaktion von Heinrich Linkwitz, Berlin angefertigt.