



Chemie- Experimentierkasten Umweltschutz CE 1404



© Philips GmbH, Abt. Technische Spielwaren, Hamburg – 1975/4

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und
fotomechanische Wiedergabe – auch aus-
zugsweise – nicht gestattet.

Wir übernehmen keine Gewähr, daß die in
diesem Buch enthaltenen Angaben frei von
Schutzrechten sind.

Technische Änderungen vorbehalten.

Hinweise für die Arbeit

Beim Arbeiten mit dem Chemie-Experimentierkasten CE 1404 sind einige wichtige Hinweise zu beachten. Diese sind in diesem Handbuch zusammengefasst. Bitte lesen Sie diese Hinweise sorgfältig durch, bevor Sie mit den Experimenten beginnen. Die Hinweise sind in drei Kategorien unterteilt: Sicherheit, Umgang mit Chemikalien und Umgang mit Glasgeräten. Bitte beachten Sie, dass die Hinweise nur eine allgemeine Orientierung geben und nicht die spezifischen Anweisungen der einzelnen Experimente ersetzen. Bitte lesen Sie die Anweisungen der einzelnen Experimente sorgfältig durch, bevor Sie mit den Experimenten beginnen.

Umgang mit Chemikalien

Die Chemikalien im Chemie-Experimentierkasten CE 1404 sind in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt. Bitte beachten Sie, dass die Chemikalien in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt sind und nicht in großen Mengen abgefüllt sind.

Anleitungsbuch zum Chemie-Experimentierkasten CE 1404 – Umweltschutz –

Das Handbuch enthält die Anweisungen für die Experimente im Chemie-Experimentierkasten CE 1404. Bitte lesen Sie die Anweisungen sorgfältig durch, bevor Sie mit den Experimenten beginnen.

Die Experimente im Chemie-Experimentierkasten CE 1404 sind in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt. Bitte beachten Sie, dass die Chemikalien in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt sind und nicht in großen Mengen abgefüllt sind. Die Experimente sind in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt und nicht in großen Mengen abgefüllt. Bitte beachten Sie, dass die Chemikalien in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt sind und nicht in großen Mengen abgefüllt sind. Die Experimente sind in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt und nicht in großen Mengen abgefüllt. Bitte beachten Sie, dass die Chemikalien in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt sind und nicht in großen Mengen abgefüllt sind.

Die Experimente im Chemie-Experimentierkasten CE 1404 sind in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt. Bitte beachten Sie, dass die Chemikalien in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt sind und nicht in großen Mengen abgefüllt sind. Die Experimente sind in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt und nicht in großen Mengen abgefüllt. Bitte beachten Sie, dass die Chemikalien in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt sind und nicht in großen Mengen abgefüllt sind. Die Experimente sind in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt und nicht in großen Mengen abgefüllt. Bitte beachten Sie, dass die Chemikalien in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt sind und nicht in großen Mengen abgefüllt sind.

Die Experimente im Chemie-Experimentierkasten CE 1404 sind in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt. Bitte beachten Sie, dass die Chemikalien in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt sind und nicht in großen Mengen abgefüllt sind. Die Experimente sind in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt und nicht in großen Mengen abgefüllt. Bitte beachten Sie, dass die Chemikalien in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt sind und nicht in großen Mengen abgefüllt sind. Die Experimente sind in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt und nicht in großen Mengen abgefüllt. Bitte beachten Sie, dass die Chemikalien in der Regel in kleinen Mengen abgefüllt sind und nicht in großen Mengen abgefüllt sind.

Herausgeber: Philips GmbH

Abt. Technische Spielwaren, 2 Hamburg 1, Mönckebergstraße 7

Vorwort

Lieber Jung-Chemiker,

mit deinem Interesse für den Umweltschutz hast du dir ein Thema gewählt, das zu den aktuellsten unserer modernen Zeit zählt. Überall in der Welt macht man sich intensiv Gedanken darüber, wie man eine weitere Verschmutzung und Schädigung von Luft, Wasser und Erdboden verhindern und was man zur Beseitigung bereits vorhandener Schäden tun kann. Und es ist in der Tat allerhöchste Zeit dazu.

Du selbst weißt bestimmt, daß man bereits heute in vielen Flüssen nicht mehr baden kann, ohne mit Sicherheit krank zu werden, daß in manchen Städten bei bestimmter Witterung die Luft kaum noch zu atmen ist, daß ganze Wälder sterben und manche Ernten ungenießbar sind, weil sie auf verseuchtem Boden wuchsen. Kurz: die Natur kann sich gegen die Angriffe, denen sie unsere Zivilisation aussetzt, nicht mehr selbst helfen. Das biologische Gleichgewicht unserer natürlichen Umwelt ist empfindlich gestört. Industriebetriebe, die z. B. all die praktischen Dinge herstellen, die unser Leben angenehm machen, verseuchen die Umwelt durch Gase und Abwässer; im Winter pusten die Schornsteine aus Millionen von bequem zentralgeheizten Häusern Schmutz und Ruß in die Luft, und die zahllosen Autos, auf die verständlicherweise niemand mehr verzichten mag, verseuchen unsere Atemluft durch ihre Abgase in deutlich spürbaren Ausmaßen.

Das sind nur wenige Beispiele. Hier im Anleitungsbuch wirst du noch mehrere finden, und wenn du aufmerksam deine Umwelt betrachtest, wird dir auffallen, wie leichtsinnig unserer natürlichen Umwelt Schaden zugefügt wird. Mit diesem Umweltschutz-Labor hast du schließlich selbst die Möglichkeit, den Zustand der dich umgebenden Umwelt zu prüfen. Du wirst mit Sicherheit zu aufschlußreichen Ergebnissen kommen. Vielleicht kommst du dabei sogar auf eine Idee, wie man etwas Positives zum Umweltschutz tun kann. Dies ist nämlich wirklich ein Thema, das jeden einzelnen von uns angeht — denn mit einer achtlos fortgeworfenen Plastiktüte fängt die Umweltverschmutzung bereits an. Nach der Arbeit mit diesem Umweltschutz-Labor wirst du mir ganz gewiß Recht geben. Ich wünsche dir beim Experimentieren viel Erfolg!



PROFESSOR DR. HEINZ HABER

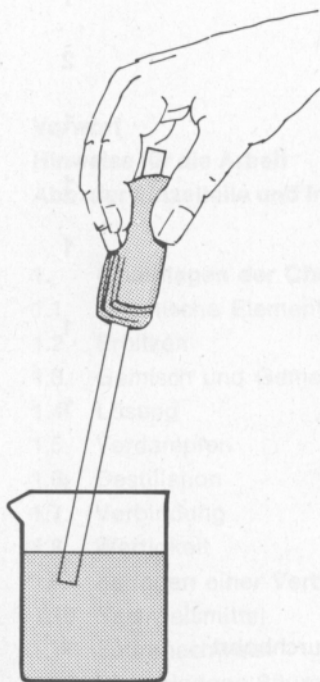
Hinweise für die Arbeit


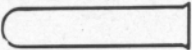
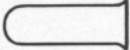
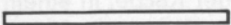
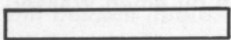
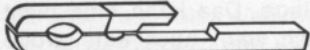
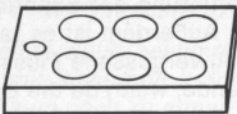





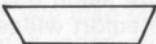
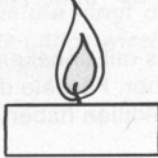
Bevor du mit diesem Experimentierkasten die ersten Versuche durchführst, solltest du die folgenden Hinweise aufmerksam durchlesen. Du kannst dir bei der Ausführung unnötige Fehler ersparen, außerdem bereiten nur die erfolgreich durchgeführten Experimente Freude.

Einige dieser Hinweise sind dir bereits vertraut, da du ja schon mit einem Philips Chemie-Experimentierkasten gearbeitet hast. Es kann dir aber nur nützen, wenn du sie noch einmal durchliest.

Und nun beachte:

1. Am günstigsten richtest du dir einen Arbeitsplatz in der Küche, in einem Keller- oder Bodenraum ein. Sprich mit deinen Eltern darüber, wo bei euch der beste Platz dafür ist. Sehr praktisch wäre es, wenn du einen Wasseranschluß in der Nähe hättest.
2. Schütze deinen Arbeitsplatz durch eine Auflage. Das kann eine nicht mehr benötigte Platte oder ein altes Wachstuch sein. Auch eine große Plastikfolie ist gut geeignet. Trage bei der Durchführung der Experimente für alle Fälle eine alte Schürze oder einen Kittel. Außerdem ist es ratsam, daß du stets einen Lappen bereitlegst, mit dem du vergossene Flüssigkeiten schnell aufwischen kannst. Wasche dir die Hände, wenn du die Experimente beendet hast.
3. Vor der Ausführung eines Versuches solltest du die Anweisung immer erst **ganz** lesen, damit dir die einzelnen Arbeitsschritte klar werden. Wenn du erst einmal eigene Schlußfolgerungen aus dem Versuchsablauf ziehen willst, kannst du zunächst die *kursiv* gedruckten Erklärungen abdecken und erst nach der Durchführung des Experiments mit deinem Ergebnis vergleichen.
4. Führe nur einen Versuch durch und räume dann erst wieder deinen Arbeitsplatz auf, bevor du mit dem nächsten Experiment beginnst. Bei länger dauernden Versuchen kannst du nebenher schon weiterarbeiten und erst nach dem Verlauf der angegebenen Zeit das begonnene Experiment fortführen.
5. Verwende bei den Experimenten stets nur die angegebenen Chemikalienmengen. Durch größere Mengen erzielst du keine besseren Ergebnisse. Nicht gebrauchte Proben fülle am besten sofort wieder in die Vorratsröhrchen zurück. Bewahre Chemikalien **niemals** in Eß- oder Trinkgefäßen auf.
6. Wenn du an einem Vorratsröhrchen oder Reagenzglas mit unbekanntem Inhalt riechen willst, halte niemals die Nase direkt darüber. Fächele dir mit der Hand über dem Gefäß etwas Luft zu. Manche Chemikalien haben nämlich einen sehr stechenden Geruch.
7. Zur Durchführung einiger Versuche mußt du ein Glasrohr durch die Bohrung eines Gummistopfens schieben. Um Verletzungen der Hand zu vermeiden, solltest du vorher das Glasrohr mit Wasser anfeuchten und es dann – mit einem Lappen umwickelt – in die Bohrung hineindrehen.
8. Für einige Versuche werden Bariumchlorid und Silbernitrat verwendet. Da diese beiden chemischen Verbindungen nach den Bestimmungen als leichte Gifte gelten, sprich mit deinen Eltern darüber, ob du sie verwenden darfst. Du kannst sie dann – eventuell auf Bestellung – in einer Apotheke, Drogerie oder Chemikalienhandlung kaufen. Außerdem benötigst du noch Fehlingsche Lösung I und II.
9. Einige der aufgeführten Experimente dienen der Untersuchung von Autoabgasen. Da diese – über einen Zeitraum von mehreren Minuten eingeatmet – sehr giftig sein können, bitte stets deinen Vater oder deine Mutter, bei den Versuchen anwesend zu sein.



Teil	Bestell-Nr.	Bezeichnung	Inhalt
	349.4001	Becherglas	1
	4005	Reagenzglas, groß	1
	4006	Reagenzglas	2
	4008	Glasrohr	1
	4226	Glasrohr, groß	1
	4015	Reagenzglasklammer	1
	4012	Grundplatte	1
	4013	Ständerstab	1
	4014	Federklammer	1
	5119	Glashalter	1
	4030	Gummistopfen, einfach durchbohrt	1
	4024	Trichter	1
	4231	Aluminium-Schale	3
	5048	Teelicht	1
	4039	Vorratsröhrchen mit Kaliumpermanganat	1
	4040	Vorratsröhrchen mit gebranntem Kalk	1
	4046	Vorratsröhrchen mit Schwefel	1
	4052	Vorratsröhrchen mit Holzkohle	1
	4227	Streifen Universal-Indikator	5
	4228	Skala zum Indikator	1
	4229	Rauchskala	1
	4230	Sulfit-Test-Streifen	3
	4232	Sulfit-Test-Skala	1
	5042	Blatt-Filterpapier	10
	4288	Anleitungsbuch	1

Inhaltsverzeichnis

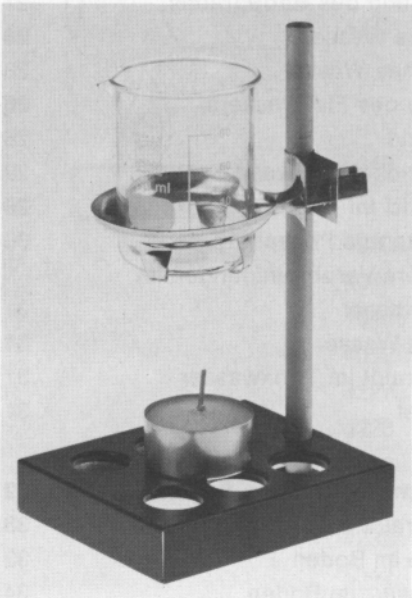
	Seite		Seite
Vorwort		2.15. Smog	21
Hinweise für die Arbeit		2.16. Zigarettenrauch	21
Abb. der Einzelteile und Inhaltsverzeichnis		2.17. Luftfilter	21
		2.18. Regenlösung	22
1. Grundlagen der Chemie	3	2.19. Schwefeldioxid im Regenwasser	22
1.1. Chemische Elemente	3	2.20. Staub im Regenwasser	23
1.2. Erhitzen	4	2.21. Kohlendioxid im Regenwasser	23
1.3. Gemisch und Gemenge	4	2.22. Staubfilter	23
1.4. Lösung	4		
1.5. Verdampfen	4	3. Verschmutzung des Wassers	24
1.6. Destillation	5	3.1. Schmutz im Wasser	24
1.7. Verbindung	6	3.2. Filter für feste Stoffe	25
1.8. Wertigkeit	7	3.3. Sandfilter	25
1.9. Zerlegen einer Verbindung	8	3.4. Holzkohlefilter	25
1.10. Nachweismittel	8	3.5. Härte des Wassers	26
1.11. Säurenachweis	9	3.6. Leitungswasser	26
1.12. Verschiedene Säuren	9	3.7. Calciumcarbonat und Calciumhydrogencarbonat	26
1.13. Laugennachweis	10	3.8. Weiches Regenwasser?	27
1.14. Verschiedene Laugen	10	3.9. Messung des Härtegrades	27
1.15. Salze	10	3.10. Hartes Wasser	28
1.16. Neutralisation	11	3.11. Weiches Wasser	28
		3.12. Härte des Flußwassers	28
2. Verschmutzung der Luft	12	3.13. Chlorid	28
2.1. Kohlenwasserstoffe	12	3.14. Chlorid im Flußwasser	29
2.2. Kohlendioxid	13	3.15. Chlorid im Regen	29
2.3. Aldehyde	14	3.16. Nitrate und Phosphate	30
2.4. Schwefeldioxid	15	3.17. Weitere Verunreinigungen im Flußwasser	31
2.5. Schwefeldioxid im Erdöl	15	3.18. Öl im Wasser	31
2.6. Schweflige Säure	16	3.19. Mineralöl im Trinkwasser	31
2.7. Stickoxide	16	3.20. Ölpest	31
2.8. Schwefeldioxid im Hausbrand	17		
2.9. Sulfit-Test-Streifen	18	4. Verschmutzung des Bodens	32
2.10. Schwefeldioxidanteil der Luft	19	4.1. Mineralöl im Boden	33
2.11. Salzsäuregas	19	4.2. Salze im Boden	33
2.12. Schwebestoffe	19	4.3. Streusalz im Boden	34
2.13. Kristallisationskeime	20		
2.14. Staubmessungen	20		

Der Philips Chemie-Experimentierkasten CE 1404

– Umweltschutz –

Nur wenige Themen werden in der letzten Zeit so weltweit und so heftig diskutiert wie das der Umweltverschmutzung. Durch eine immer stärkere Industrialisierung mit ihren Folgen ist das Leben auf der Erde in manchen Gegenden gefährdet, so daß nun ernsthafte Überlegungen angestellt werden müssen, wie einer weiteren Verschmutzung der Umwelt Einhalt geboten werden kann. Das kann einmal geschehen durch eine Behebung der bereits eingetretenen Schäden; viel wichtiger aber ist die Verhinderung von Umweltschäden für die Zukunft.

Welche Faktoren sind es nun, die man unter dem Begriff der Umweltverschmutzung zusammenfaßt? Darunter versteht man in erster Linie die Verunreinigung der Luft, des Wassers und des Bodens. Sind aber Boden, Wasser und Luft zu stark belastet, so resultieren daraus schädigende Einflüsse auf das Klima und auf die Pflanzen- und Tierwelt. Darüberhinaus fällt in diesen Komplex die Belästigung des Menschen durch den Lärm. Die Versuche, die in diesem Anleitungsbuch beschrieben werden, haben in erster Linie die Verschmutzung der Luft, des Wassers und des Bodens zum Inhalt. Weiter wird untersucht, wie schädliche Gase, Flüssigkeiten und Feststoffe den Pflanzenwuchs beeinträchtigen.



Aufbau des Stativs:

- 4001 Becherglas
- 5119 Glashalter
- 4014 Federklammer
- 4013 Ständerstab
- 5048 Teelicht
- 4012 Grundplatte

1. Grundlagen der Chemie

Die Chemie hat in den letzten Jahrzehnten große Veränderungen auf fast allen Lebensgebieten gebracht. Diese Wissenschaft von den natürlichen und künstlichen Stoffen, deren Eigenschaften, Zusammensetzung und Veränderungen sie erforscht, hat durch große Erfindungen viele Vorteile für den Menschen gebracht. Allerdings sind durch die schnell voranschreitende Industrialisierung auch Gefahren für unsere Umwelt entstanden. Diese Gefahren durch wissenschaftliche Untersuchungen zu erkennen und Schäden für die Zukunft abzuwenden, ist heute ebenfalls ein wichtiges Aufgabengebiet der Chemie.

Damit du die Ergebnisse deiner Untersuchungen besser deuten kannst, sind in diesem Kapitel einige wichtige Grundlagen der Chemie zusammengestellt worden.

Zunächst soll die Frage geklärt werden, woraus die vielen Stoffe bestehen, denen wir in unserer Umwelt ständig begegnen. Im Laufe der Zeit haben die Forscher herausgefunden, daß es 105 Grundstoffe gibt, aus denen sich alle Dinge dieser Erde zusammensetzen.



Abb. 1

- 1.1. Ein solcher Grundstoff, auch **chemisches Element** genannt, ist z. B. Schwefel, der in deinem Experimentierkasten enthalten ist. Gib ein wenig Schwefelpulver in die Aluminiumschale. Zerreiße etwas davon zwischen den Fingern und achte auf die Größe der einzelnen Teile.

Du wirst feststellen, daß die einzelnen Teile des Schwefelpulvers sehr klein sind.

Wenn man so ein Schwefelkörnchen noch weiter zerkleinern würde, mußt du dir vorstellen, daß schließlich – für das menschliche Auge nicht mehr sichtbar – ein so winziges Teilchen übrigbleibt, das sich nicht mehr teilen läßt. Ein solches Teilchen bezeichnet man als **Atom**. In diesem Falle erhielte man also ein Schwefelatom.

Alle Atome eines Elements haben gleiche Eigenschaften.
Alle Elemente setzen sich aus Atomen zusammen.

Um für die Chemiker in aller Welt eine Verständigung zu ermöglichen, hat man für jedes Element ein chemisches Zeichen, auch **Symbol** genannt, als Abkürzung festgelegt. Es leitet sich meistens von den Anfangsbuchstaben der lateinischen oder griechischen Namen ab. Es gibt also 105 chemische Symbole. Einige Elemente und ihre chemischen Zeichen kannst du in der folgenden Tabelle kennenlernen.

Name des Elements	Chemisches Symbol	Name des Elements	Chemisches Symbol
Aluminium	Al	Natrium	Na
Blei (Plumbum)	Pb	Nickel	Ni
Calcium	Ca	Phosphor	P
Eisen (Ferrum)	Fe	Sauerstoff (Oxygenium)	O
Gold (Aurum)	Au	Schwefel (Sulfur)	S
Kalium	K	Silber (Argentum)	Ag
Kohlenstoff (Carboneum)	C	Stickstoff (Nitrogenium)	N
Kupfer (Cuprum)	Cu	Wasserstoff (Hydrogenium)	H
Magnesium	Mg	Zink (Zinkum)	Zn
Mangan	Mn	Zinn (Stannum)	Sn

- 1.2. Beim Erhitzen verändert sich ein chemisches Element nicht. Laß dir von deiner Mutter einen alten Teelöffel geben – du kannst ihn für spätere Versuche wieder verwenden – und erhitze darin etwas Schwefelpulver über der Kerzenflamme. Achte auf die Veränderung des Schwefelpulvers. Nimm dann den Löffel aus der Flamme und laß ihn erkalten.

Beim Erwärmen schmilzt der Schwefel zu einer gelben Flüssigkeit. Nach dem Erkalten erhältst du ihn wieder in gelber, fester Form. Wenn du ihn aus dem Löffel kratzt und zerkleinerst, hast du ihn in derselben Form vorliegen wie vor dem Beginn des Versuches.

Beim Erhitzen – nicht beim Verbrennen – verändert sich also nur die Zustandsform – das chemische Element bleibt erhalten.

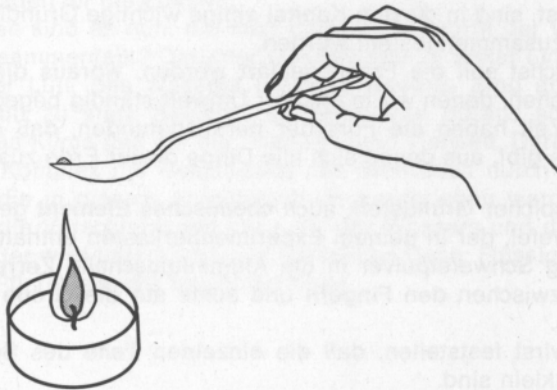


Abb. 2

- 1.3. Um zu untersuchen, ob aus zwei Stoffen durch einfaches Mischen neue Stoffe entstehen, gib in die Aluminiumschale einen halben Teelöffel Schwefelpulver und einen halben Teelöffel Sand (Bausand). Vermische beide Stoffe gut durch Verrühren. Anschließend fülle ein Reagenzglas zur Hälfte mit Wasser und gib eine Löffelspitze des Schwefel-Sand-Gemisches hinein. Verschließe das Glas mit dem Daumen und schüttele kräftig.

Der Sand sinkt zu Boden, während der Schwefel auf der Wasseroberfläche schwimmt. Durch einfaches Mischen kommt es nicht zu einer chemischen Verbindung und damit zu neuen Stoffen. Durch eine einfache physikalische Trennungsmethode, das **Aufschwemmen**, können beide Stoffe wieder voneinander getrennt werden. Man spricht hierbei von einem **Gemisch** oder einem **Gemenge**.

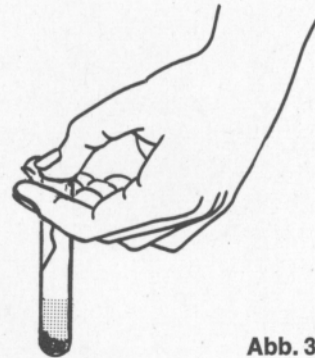


Abb. 3

- 1.4. In einem weiteren Experiment kannst du diese Untersuchung noch fortsetzen. Fülle das Reagenzglas zur Hälfte mit Wasser, gib einen halben Teelöffel Kochsalz hinzu und schüttele gut um.

Du erhältst eine wasserklare Flüssigkeit. Wenn sich ein Stoff wie Kochsalz in einer Flüssigkeit auflöst, spricht man von einer **Lösung**.

- 1.5. Ob es sich hierbei um eine chemische Verbindung oder auch nur um ein Stoffgemisch handelt, kannst du herausfinden, wenn du etwas von der Salzlösung in die Aluminiumschale gibst und über der Kerzenflamme erhitzt.

Ist die Flüssigkeit verdampft, beende den Versuch und überprüfe den Rückstand. Du darfst diesmal unbesorgt kosten.

Beim Sieden verdampft nur das Wasser. Der gelöste Stoff, in diesem Fall das Kochsalz, bleibt zurück.

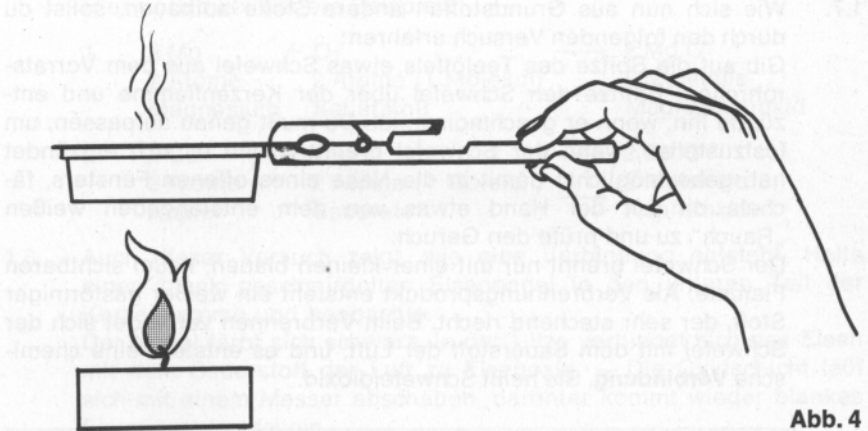


Abb. 4

Eine Lösung ist also auch ein Gemisch, denn es entsteht kein neuer Stoff mit anderen Eigenschaften. Die Eigenschaften des gelösten Stoffes und des Lösungsmittels bleiben erhalten. Alle Salzlösungen sind Gemische.

- 1.6. Durch Erhitzen kann auch das Lösungsmittel, also Wasser, zurückgewonnen werden. Fülle ein großes Reagenzglas zu einem Drittel mit Wasser und gib einige wenige Körnchen Kaliumpermanganat hinzu. Verschließe es mit einem durchbohrten Stopfen, durch dessen Bohrung du ein Glasrohr steckst. Erhitze die Lösung über der Kerzenflamme bis zum Sieden. Halte über die Öffnung des Glasrohres ein zweites Reagenzglas und laß den Dampf einströmen (Abb. 5). Beim Erhitzen verdampft das Wasser und schlägt sich in kleinen Tröpfchen im darübergehaltenen kalten Reagenzglas nieder. Das gelöste Kaliumpermanganat bleibt zurück. Diesen Vorgang nennt man **Destillation**. Das aufgefangene Wasser ist chemisch reines Wasser, auch **destilliertes Wasser** genannt.

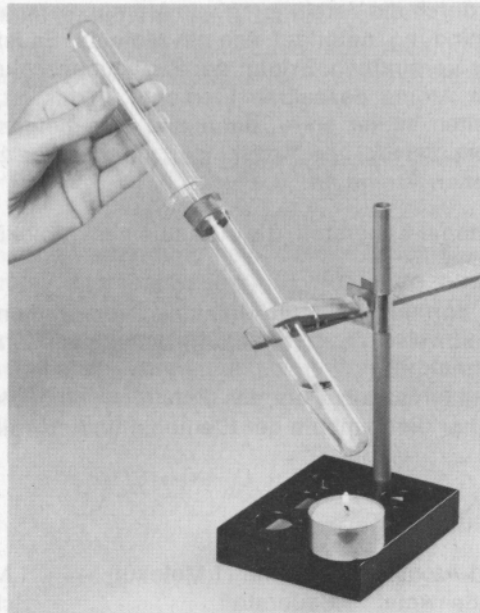


Abb. 5

- 1.7. Wie sich nun aus Grundstoffen andere Stoffe aufbauen, sollst du durch den folgenden Versuch erfahren:

Gib auf die Spitze des Teelöffels etwas Schwefel aus dem Vorratsröhrchen. Erhitze den Schwefel über der Kerzenflamme und entzünde ihn, wenn er geschmolzen ist. Du mußt genau aufpassen, um festzustellen, wann der Schwefel brennt. Wenn er sich entzündet hat, gehe möglichst damit in die Nähe eines offenen Fensters, fächele dir mit der Hand etwas von dem entstehenden weißen „Rauch“ zu und prüfe den Geruch.

Der Schwefel brennt nur mit einer kleinen blauen, kaum sichtbaren Flamme. Als Verbrennungsprodukt entsteht ein weißer gasförmiger Stoff, der sehr stechend riecht. Beim Verbrennen verbindet sich der Schwefel mit dem Sauerstoff der Luft, und es entsteht eine chemische **Verbindung**. Sie heißt Schwefeldioxid.

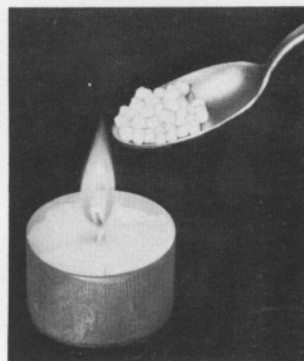


Abb. 6

Chemische Verbindungen entstehen durch den Zusammenschluß zweier oder mehrerer Elemente. Sie haben andere Eigenschaften als die beteiligten Elemente.

Für die Darstellung einer solchen chemischen Umwandlung verwendet der Chemiker die chemischen Symbole. Dabei bezeichnen die Symbole nicht nur das Element selbst, sondern gleichzeitig die Menge 1 Atom

S = Schwefel	oder	S	= 1 Atom Schwefel
O = Sauerstoff	oder	O	= 1 Atom Sauerstoff

Ist mehr als ein Atom notwendig, so wird die Menge durch eine Ziffer **vor** dem Symbol angegeben.

z. B. 2 S = 2 Atome Schwefel
 4 O = 4 Atome Sauerstoff

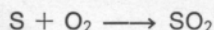
Bei dieser Schreibweise handelt es sich immer um unverbundene Atome.

Entsteht durch die Vereinigung von Atomen verschiedener Elemente eine Verbindung, so bildet sich ein **Molekül**. Es ist die kleinste Einheit einer Verbindung. Erfolgt der Zusammenschluß zu einem Molekül durch Atome desselben Elements – das ist bei gasförmigen Grundstoffen immer so –, dann gibt eine tiefgesetzte kleine Zahl hinter dem Symbol die Anzahl der miteinander zu einem Molekül verbundenen Atome an:

O₂ = 2 Atome Sauerstoff, die sich zu einem Molekül verbunden haben.

Da Gase normalerweise in Molekülen vorkommen, verwendet man die Schreibweise O₂ (1 Molekül), wenn man 2 Atome Sauerstoff kennzeichnen will.

Der Chemiker benutzt, um das Entstehen einer Verbindung auszudrücken, nur die Symbole der Elemente und schreibt:



Das bedeutet:

1 Atom	+	2 Atome (1 Molekül)	→	1 Molekül
Schwefel		Sauerstoff		Schwefeldioxid.

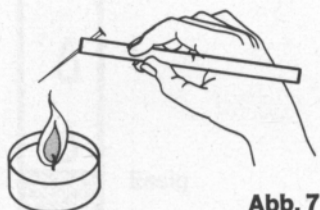
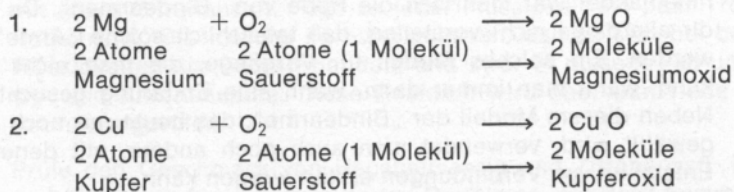


Abb. 7

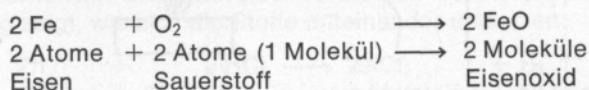
Hier noch zwei weitere Beispiele:



- 1.8. Auch dieser Versuch zeigt, wie eine Verbindung entsteht. Halte einen blank geschmirligten Eisennagel in den unteren Teil der Kerzenflamme und beobachte.

Der Nagel färbt sich schwarz. In der Hitze verbindet sich das Eisen mit dem Sauerstoff der Luft zu Eisenoxid. – Die Oxidschicht läßt sich mit einem Messer abschaben, darunter kommt wieder blankes Eisen zum Vorschein.

Es ist der gleiche Vorgang wie beim Verbrennen von Schwefel. Auch hier kann der chemische Umwandlungsprozeß wieder in einer chemischen Gleichung dargestellt werden.



Atommodelle:

Eisenatom



Sauerstoffatom



Schwefelatom

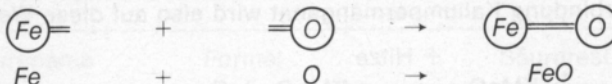


Wasserstoffatom



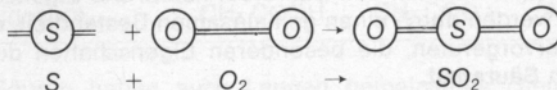
Bei der Vereinigung von Atomen spielt die verschiedene **Wertigkeit** eine Rolle. Am besten stellst du dir vor, daß jedes Atom eines Elements eine bestimmte Anzahl von „Bindearmen“ hat, die mit den Armen der anderen Atome eine Verbindung eingehen wollen. Dabei darf kein „Arm“ frei bleiben. So haben z. B. Eisenatome und Sauerstoffatome je zwei „Arme“:

Beim Zusammenschluß von Eisen mit Sauerstoff treten die „Arme“ jedes Atoms in Verbindung und bilden das Eisenoxidmolekül:



Der Schwefel dagegen hat vier „Bindearme“.

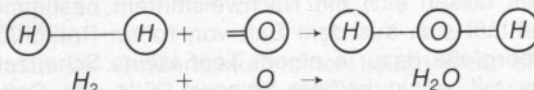
Sollen sich nun Schwefel und Sauerstoff zusammenschließen, so braucht jedes Schwefelatom zwei Sauerstoffatome, damit alle „Arme“ verbunden sind.



Die entstandene Verbindung heißt Schwefeldioxid, weil sich 1 Atom Schwefel mit 2 Atomen Sauerstoff verbunden hat (di, griech. = zwei).

Das Element Wasserstoff hat nur einen „Bindearm“.

Bei der chemischen Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff benötigt das Sauerstoffatom zwei Wasserstoffatome, damit alle Arme verbunden sind.



Bei den Erklärungen über das Verbinden verschiedener Elemente miteinander war mehrfach die Rede von „Bindearmen“. Du darfst dir allerdings nicht vorstellen, daß tatsächlich solche „Arme“ tätig werden. Ein solches **Modell** für Vorgänge, die man nicht sehen kann, wählt man immer dann, wenn eine Erklärung gesucht wird. Neben diesem Modell der „Bindearme“, das heute nur noch selten gewählt wird, verwendet man auch noch andere, mit denen das Entstehen von Verbindungen erklärt werden kann.

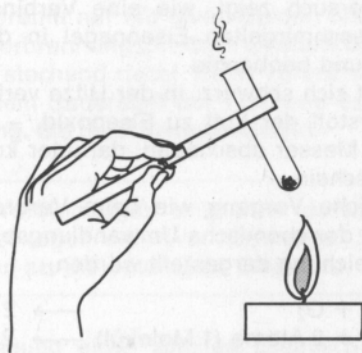
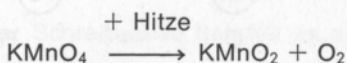


Abb. 8

- 1.9. Chemische Verbindungen können auch wieder zerlegt werden. Erhitze in einem großen Reagenzglas eine Löffelspitze Kaliumpermanganat, bis die Kristalle völlig zersprungen sind. Gib dann wenig von dem entstandenen feinen Pulver in ein angefeuchtetes Reagenzglas, in ein anderes feuchtes Reagenzglas einige frische Kristalle Kaliumpermanganat. Vergleiche! Kaliumpermanganat färbt das Wasser intensiv rot, nach dem Erhitzen dieser Verbindung dagegen wird das Wasser grün gefärbt. Beim Erhitzen gibt Kaliumpermanganat mit der chemischen Formel KMnO_4 Sauerstoff ab. Die Verbindung Kaliumpermanganat wird also auf diese Weise zerstört.



Zwei wichtige Stoffgruppen, von denen du auch einiges wissen muß, sind **Säuren** und **Laugen**.

Säuren sind Verbindungen des Elements Wasserstoff und einer Atomgruppe, die man den Säurerest nennt. Die Eigenschaften aller Säuren werden durch einen gemeinsamen Bestandteil, den Wasserstoff, hervorgerufen, die besonderen Eigenschaften durch den jeweiligen **Säurerest**.

Hinweis

Da man die Gefährlichkeit einer Säure nicht ohne weiteres erkennen kann, ist beim Umgang mit Säuren stets besondere Vorsicht geboten.

- 1.10. Alle Säuren lassen sich mit Nachweismitteln bestimmen. Ein solches Mittel läßt sich aus dem Saft von rohen Rotkohlblättern herstellen. Übergieße dazu in einem Topf kleine Schnitzel eines Rotkohlblattes mit wenig heißem Wasser. Fülle den Saft nach etwa 30 Minuten in ein Vorratsfläschchen ab. Du sollst ihn für spätere Versuche verwenden.

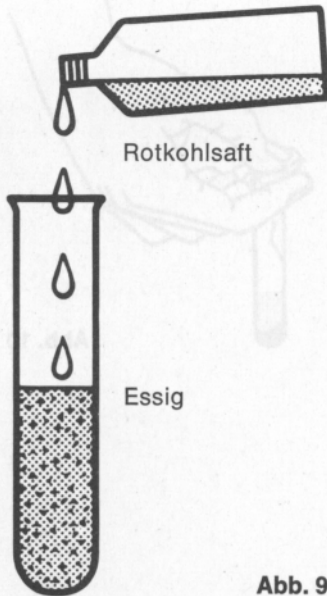


Abb. 9

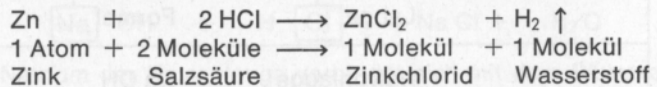
1.11. Fülle ein Reagenzglas zur Hälfte mit Haushaltsessig, ein anderes mit etwas Zitronensaft. Füge zu jeder Flüssigkeit ein paar Tropfen Rotkohlsaft. Die rötliche Färbung zeigt an, daß es sich bei beiden Flüssigkeiten um Säuren handelt, und zwar in diesem Fall um Essig- und Zitronensäure. Diese Reaktion wird aber durch alle Säuren hervorgerufen.

1.12. Prüfe den Geschmack von Haushaltsessig und Zitronensaft. Essig und Zitronensaft schmecken sauer. Der Name „Säuren“ kommt von „sauer“.

Eine weitere gemeinsame Eigenschaft der Säuren besteht darin, daß sie mit Metallen reagieren und dabei durch chemische Umwandlungen neue Verbindungen entstehen.

Hier ein Beispiel:

Das Metall Zink wird durch Salzsäure in einem chemischen Umwandlungsprozeß „zersetzt“. Dabei verbindet sich das Metall Zink mit dem Säurerest der Salzsäure zu einem Salz. Es heißt Zinkchlorid (vgl. Tabelle der Säuren). Gleichzeitig entsteht Wasserstoff, der vorher mit dem Säurerest verbunden war. Die chemische Gleichung zeigt, wie sich die Stoffe miteinander umsetzen:



Da jedes Zinkatom zwei „Bindearme“ hat, der Säurerest der Salzsäure jedoch nur einen, bindet Zink bei der Entstehung von Zinkchlorid zwei Säurereste der Salzsäure.

Der Pfeil \uparrow in dieser Gleichung gibt an, daß der entstandene Wasserstoff als Gas entweicht.

In der nachstehenden Tabelle findest du die wichtigsten Säuren mit ihren chemischen Formeln.

Säurename	Formel	Säurerest
Schwefelsäure	$\text{H}_2 \text{SO}_4$	$-\text{SO}_4$ Sulfat
Salzsäure	HCl	$-\text{Cl}$ Chlorid
Salpetersäure	HNO_3	$-\text{NO}_3$ Nitrat
Phosphorsäure	$\text{H}_3 \text{PO}_4$	$-\text{PO}_4$ Phosphat
Kohlensäure	$\text{H}_2 \text{CO}_3$	$-\text{CO}_3$ Carbonat
Essigsäure	$\text{CH}_3 \text{COOH}$	$\text{CH}_3 \text{COO} -$ Acetat

Wie Säuren haben auch **Laugen** gemeinsame chemische Eigenschaften, denn sie enthalten ebenfalls einen gleichartigen Bestandteil. Es ist eine besondere Atomgruppe, die der Chemiker als OH-Gruppe oder **Hydroxidgruppe** bezeichnet. In einer Lauge ist an diese OH-Gruppe ein Metall chemisch gebunden. Es bedingt die besonderen chemischen Eigenschaften der jeweiligen Lauge. Genau wie Säuren, zeigen auch Laugen mit Rotkohlsaft eine typische Farb-reaktion.

Hinweis

Da man die Gefährlichkeit einer Lauge nicht ohne weiteres erkennen kann, ist beim Umgang mit Laugen stets besondere Vorsicht geboten.

- 1.13. Um die Farbreaktion zu überprüfen, schabe von einem Stück Seife einige Flocken und gib sie in ein Reagenzglas. Fülle das Glas etwa bis zur Hälfte mit Wasser auf und schüttele gut um, bis sich die Seifenflocken aufgelöst haben. Füge einige Tropfen Rotkohlsaft hinzu.

Die Flüssigkeit färbt sich grünlich. Das ist ein Nachweis für alle Laugen.

- 1.14. Du kannst diese Prüfung auch mit einem Reinigungsmittel durchführen, für das der Hinweis „mit Salmiak“ gegeben wird. Auch hier zeigt die typische Färbung des Rotkohlsaftes Laugen an. In diesen Reinigungsmitteln ist als Lauge Salmiakgeist (Ammoniaklösung) enthalten.

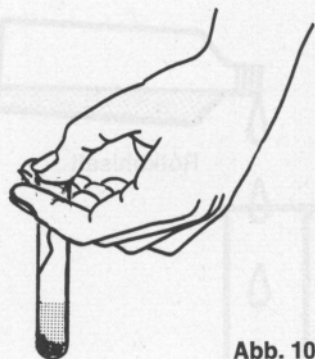


Abb. 10

Die folgende Tabelle gibt dir eine Übersicht über die bekanntesten Laugen:

Lauge	Formel
Natronlauge	Na OH
Kalilauge	K OH
Kalklauge	Ca(OH)_2
Ammoniaklösung (Salmiakgeist)	$\text{NH}_4 \text{ OH}$

Wenn du das Wort **Salz** hörst, denkst du sicher an das allgemein bekannte Koch- oder Speisesalz, das deine Mutter zum Würzen von Speisen verwendet. Für den Chemiker ist es aber nur eines von vielen Salzen. Insgesamt sind etwa 15 000 verschiedene bekannt.

- 1.15. Gib eine Löffelspitze Kochsalz in die Aluminiumschale. Betrachte die Salzkörnchen genau, evtl. einzeln. Prüfe den Geschmack, indem du deine Fingerspitze befeuchtest und 2–3 Körnchen aufnimmst und kostest.

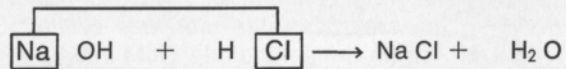
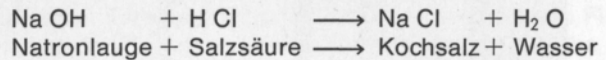
Kochsalz besteht aus weißen Kristallen und schmeckt salzig, daher der Name Salz für alle Verbindungen, die in ihrem chemischen Aufbau dem Kochsalz entsprechen.

Einige Salze haben ähnliche Eigenschaften. Außerdem gibt es aber viele farbige Salze und solche, die überhaupt nicht salzig schmecken und somit keine Ähnlichkeit mit Kochsalz haben. Etliche sind sogar giftig. Du darfst also auf keinen Fall unbekannte Salze auf ihren Geschmack prüfen.

Das entscheidende Merkmal aller Salze ist im chemischen Aufbau begründet. Es sind Verbindungen zwischen Metallen und Säureresten. Sie erhalten ihre Namen von den Säuren und den Metallen, aus denen sie sich gebildet haben. Das Metall wird mit der lateinischen Bezeichnung des Säurerestes zusammengezogen: Z. B. Natriumchlorid, Zinksulfat, Eisensulfat usw. Die nachstehende Übersicht zeigt einige Salze mit ihrer chemischen Formel (vgl. Tabelle der Säuren).

Salz	Formel
Natriumchlorid	Na Cl
Zinkchlorid	Zn Cl ₂
Eisensulfat	Fe SO ₄
Kaliumnitrat	K NO ₃
Natriumsulfat	Na ₂ SO ₄
Bleisulfat	Pb SO ₄
Natriumcarbonat	Na ₂ CO ₃
Kalziumphosphat	Ca ₃ (PO ₄) ₂

Salze entstehen u. a., wenn Säuren und Laugen in gleichen Anteilen zusammenkommen. Gießt man z. B. Salzsäure und Natronlauge zusammen, entsteht Kochsalz. Aus der chemischen Gleichung kannst du entnehmen, wie sich beide Stoffe umsetzen:



Das Natrium der Natronlauge verbindet sich mit dem Säurerest der Salzsäure zu Kochsalz (Natriumchlorid). Die Hydroxidgruppe der Lauge verbindet sich gleichzeitig mit dem Säurewasserstoff zu Wasser.

Die Umsetzung zwischen Säure und Lauge heißt **Neutralisation**. Bei einer Neutralisation entstehen neue Stoffe, die Eigenschaften von Säuren und Laugen gehen dabei verloren.

- 1.16. Löse etwas Kochsalz in einem Reagenzglas und prüfe die Lösung mit Rotkohlsaft. Die Färbung des Indikators zeigt weder Säure noch Lauge an. Die Salzlösung ist **neutral**. Säuren und Laugen verlieren also bei der Reaktion miteinander ihre Eigenschaften.

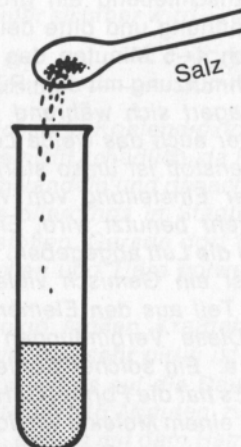


Abb. 11

2. Verschmutzung der Luft

In diesem ersten Abschnitt sollst du u. a. die Verschmutzung der Luft durch Autoabgase untersuchen. Wie du schon in den „Hinweisen für die Arbeit“ gelesen hast, treten dabei Gefahren auf. Bitte deshalb deinen Vater oder deine Mutter, bei diesen Experimenten anwesend zu sein. Außerdem darfst du diese Versuche auf keinen Fall in einer Garage durchführen, sondern nur im Freien. Stelle dich außerdem so hinter den Wagen, daß der Wind die Abgase von dir fortweht!

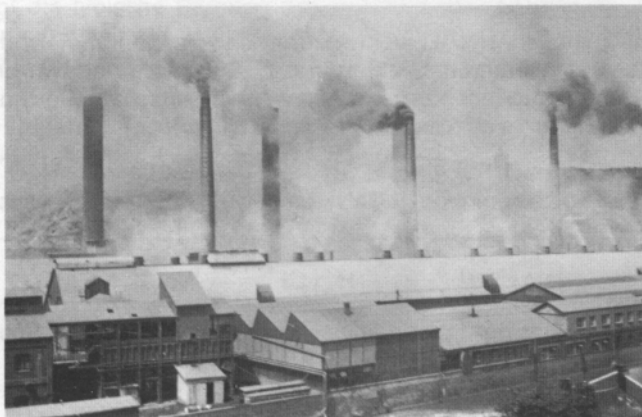


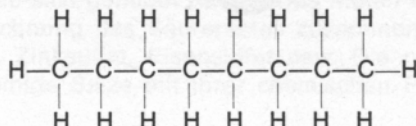
Abb. 12

- 2.1. Kratze bei stehendem Motor mit dem Fingernagel im Inneren der Auspuffmündung. Verreibe die schwarze Ablagerung zwischen den Fingern. Binde anschließend ein grobes, weißes Leinentuch fest über die Auspufföffnung und bitte deine Eltern, den Motor zu starten. Entferne nach 4–5 Minuten das Tuch und betrachte es. Vergleiche die Verschmutzung mit dem Rückstand im Rohr.

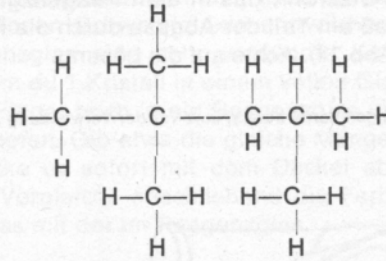
Im Auspuffrohr lagert sich während des Fahrbetriebes schwarzer Kohlenstoff ab, der auch das weiße Leinentuch schwärzt. Die Ablagerung von Kohlenstoff ist umso stärker, je häufiger ein Wagen – auch bei richtiger Einstellung von Vergaser und Zündung – im Kurzstreckenverkehr benutzt wird. Ein Teil des Kohlenstoffs wird allerdings auch in die Luft abgegeben.

Motorenbenzin ist ein Gemisch vieler chemischer Verbindungen, die zum größten Teil aus den Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen. Diese Verbindungen heißen deshalb Kohlenwasserstoffe. Ein solcher Kohlenwasserstoff ist das n-Octan (Normal-Oktan). Es hat die Formel C_8H_{18} .

Die Atome sind in einem Molekül wie folgt angeordnet:



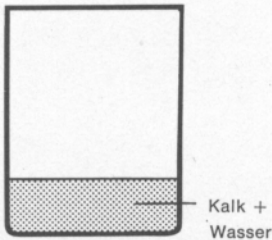
„Isooctan“ hat ebenfalls die Summenformel C_8H_{18} , jedoch sind die Moleküle anders aufgebaut:



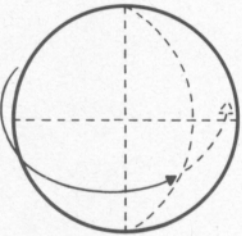
Verbrennen diese Kohlenwasserstoffe im Motor, wird dabei ein geringer Teil elementarer Kohlenstoff frei, der zwar nicht giftig ist, aber die Luft verunreinigt.

- 2.2. Für diesen Versuch mußt du dir zunächst Kalkwasser herstellen. Löse dazu wenig gebrannten Kalk in einem Becherglas voll Wasser. Falte aus einem Filterpapier gemäß Abb. 13 b bis d einen Filter und stecke ihn in den Trichter. Filtrierte anschließend die trübe Lösung durch diesen Papierfilter in ein altes Marmeladenglas.

Fülle nun etwas von dem klaren Kalkwasser in ein Reagenzglas (oder in ein altes Marmeladenglas mit einem Deckel) und halte es schräg vor das Auspuffrohr. Laß etwa 30 Sekunden die Abgase auf das Kalkwasser strömen (Abb. 13 e). Verschließe dann das Gefäß und schüttle kräftig. Achte auf das Kalkwasser.



a



b

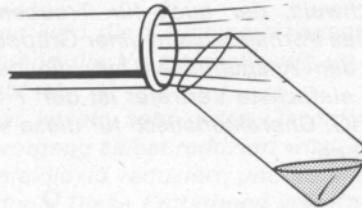
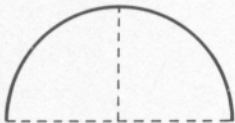
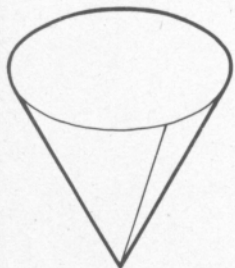


Abb. 13 e



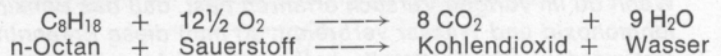
c



d

Abb. 13

Spätestens beim Schütteln trübt sich das Kalkwasser. Das ist ein Nachweis für Kohlendioxid. Benzin (z. B. n-Octan) verbrennt im Motor nach folgender Gleichung zu Kohlendioxid und Wasser, das vor allen Dingen im Winter sichtbar wird.



Das in die Luft entweichende Kohlendioxid ist in geringen Mengen für Menschen und Tiere nicht schädlich, da Pflanzen es durch Assimilation wieder umwandeln und danach Sauerstoff abgeben.

Problematisch wird es allerdings in Städten, in denen Autos sehr viel Kohlendioxid ausstoßen. Gerade dort fehlen nämlich die Pflanzen, die den für Menschen und Tiere notwendigen Sauerstoff abgeben können.

Neben dem Kohlendioxid stoßen Kraftfahrzeugmotoren ebenfalls Kohlenmonoxid CO aus, das sehr giftig ist. Schon bei einem Anteil von 0,05 % in der Luft wirkt es auf die Dauer tödlich. Eine Konzentration von 0,3 % führt nach 15 Minuten zum Tode. Die schädliche Wirkung beruht darauf, daß es mit dem Hämoglobin des Blutes, dem roten Blutfarbstoff, eine sehr dauerhafte Verbindung mit dem Namen Kohlenoxihämoglobin eingeht. Dadurch wird der Sauerstofftransport im Blut unterbunden, und es tritt Tod durch Ersticken ein.

- 2.3. Besorge dir in einer Apotheke das Nachweismittel „Fehling'sche Lösung I und II“*). Fülle je etwa 1 Finger hoch in ein Reagenzglas. Halte nun das Glasrohr, das in dem Reagenzglas steckt, so in das Auspuffrohr, daß ein Teil der Abgase durch die Fehling'sche Lösung geleitet wird (Abb.14). Achte auf die Lösung.

*) Die beiden Lösungen darfst du erst kurz vor der Verwendung zusammengeben!

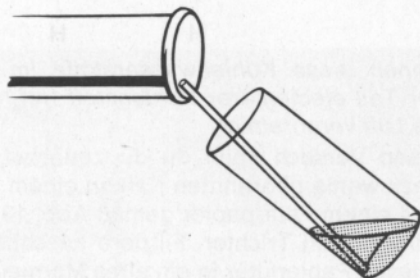
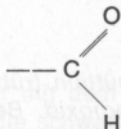


Abb. 14

Nach einiger Zeit verliert die Fehling'sche Lösung ihre tiefblaue Farbe und wird braun bis rot.

Dieser Nachweis, der auch für Traubenzucker verwendet wird, deutet auf das Vorhandensein einer Gruppe von chemischen Verbindungen in den Auspuffgasen hin, die den Namen *Aldehyde* führen. Der einfachste Vertreter ist der *Formaldehyd* mit der Formel HCHO . Charakteristisch für diese Verbindungen ist, daß sie alle die Gruppe



enthalten (CHO).

Wenn du im vorigen Versuch erfahren hast, daß das Benzin zu Kohlenmonoxid und Wasser verbrennt, so muß diese Erkenntnis erweitert werden: Die Kraftstoffe verbrennen nicht vollständig, sondern es werden auch noch unverbrannte Kohlenwasserstoffe ausgeschieden. Dazu gehört wahrscheinlich neben den Aldehyden auch die Verbindung *Benzypren*, von der man weiß, daß sie krebserregend wirkt.

Außer den genannten Verbrennungsrückständen stoßen die Kraftfahrzeugmotoren auch noch Blei aus. Bleiverbindungen Bleitetraäthyl ($\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$) und Bleitetramethyl ($\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$) werden dem Kraftstoff zur Verbesserung beigegeben.

Da alle Bleiverbindungen für den Menschen starke Gifte sind, wurde zum 1. 1. 1972 ein Gesetz von der Bundesregierung erlassen, das den Bleigehalt im Benzin auf 0,4 g pro Liter beschränkt. Trotzdem atmen Menschen noch Blei ein oder nehmen es durch Nahrungsmittel – Pflanzen – auf, die es dem Boden entziehen. Dorthin ist es wiederum durch die Autoabgase gelangt. In Los Angeles z. B. stoßen die vielen Kraftfahrzeuge insgesamt bis zu 15 t Blei pro Tag aus, das zum Teil vom Boden aufgenommen wird.

- 2.4. Entzünde auf einem alten Teelöffel etwas Schwefel. Tauche dann den Löffel in ein Marmeladenglas, das so weit wie möglich mit dem Deckel verschlossen werden muß. Achte darauf, daß nur wenig von dem entstandenen Schwefeldioxid entweichen kann. Setze nun in einem Reagenzglas eine sehr verdünnte Kaliumpermanganat-Lösung an, indem du 1 Kristall in einem vollen Glas löst. Fülle etwa 2 Finger hoch in ein Reagenzglas und verschließe es gut mit einem Stopfen. Gib etwa die gleiche Menge in das Marmeladenglas und decke es sofort mit dem Deckel ab. Schüttle dann das Glas kräftig. Vergleiche anschließend die Farbe der Permanganat-Lösung im Glas mit der im Reagenzglas.

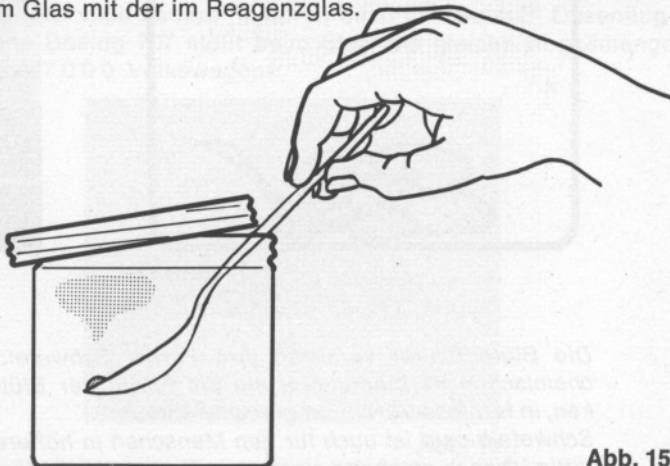


Abb. 15

Nach dem Schütteln wird die Kaliumpermanganat-Lösung im Glas rot bis braun, während die Vergleichslösung im Reagenzglas weiterhin violett gefärbt ist.

Kaliumpermanganat ist ein sehr gutes Oxydationsmittel, das bei jedem Oxydationsvorgang selbst reduziert wird. So wird es auch im Beisein von Schwefeldioxid reduziert, und es entsteht eine andere chemische Verbindung. Diese Entfärbung von Kaliumpermanganat-Lösung soll als Nachweis für Schwefeldioxid gelten.

- 2.5. Fülle wieder etwas von der Kaliumpermanganat-Lösung in das Marmeladenglas und halte es schräg vor den Auspuff eines Kraftfahrzeugs (Abb. 16). Laß etwa 2 Minuten die Gase darauf strömen. Verschließe dann das Gefäß mit dem Deckel und schüttle kräftig. Vergleiche wieder mit der Lösung im Reagenzglas.

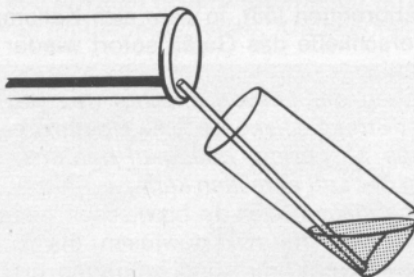
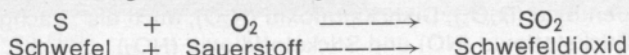


Abb. 16

Wie die Farbänderung der Lösung anzeigt, enthalten auch die Autoabgase Schwefeldioxid. Erdöl, aus dem die Kraftstoffe gewonnen werden, enthält sehr viel Schwefel. Ein großer Teil des Schwefels wird allerdings bei der Erdölverarbeitung entzogen, aber geringe Mengen bleiben noch darin enthalten. Dieser Schwefel verbrennt im Motor nach folgender Gleichung zu Schwefeldioxid:



- 2.6. Erzeuge noch einmal im Marmeladenglas Schwefeldioxid wie im vorletzten Versuch. Wirf anschließend einige farbige Blütenblätter in das Glas, ohne daß viel Schwefeldioxid entweicht. Betrachte nach einiger Zeit die Blütenblätter.

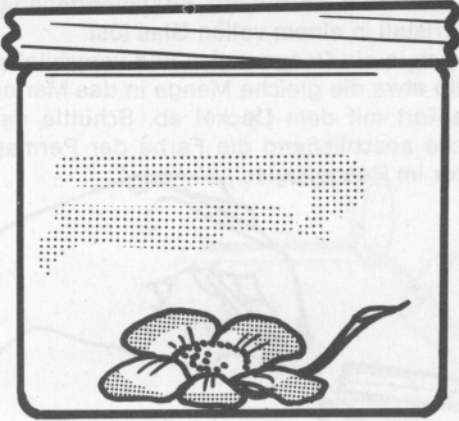


Abb. 17

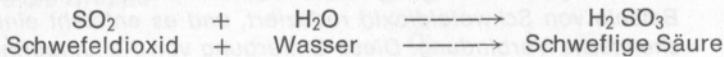


Abb. 18

Die Blütenblätter verlieren ihre Farbe. Schwefeldioxid kann die chemischen Verbindungen, die die Farbe der Blütenblätter bewirken, in farblose Verbindungen umwandeln.

Schwefeldioxid ist auch für den Menschen in höherer Konzentration giftig. Dieses stechend riechende Gas, das zum Husten reizt, bildet nämlich mit Wasser *Schweflige Säure*.

Da die Schleimhäute und die Atemwege im menschlichen Körper feucht sind, also Wasser enthalten, bildet sich beim Einatmen des Gases die Säure.



- 2.7. Streichholzköpfe enthalten sehr viel Schwefel. Weise ihn dadurch nach, daß du zwei oder drei Streichhölzer gleichzeitig im Marmeladenglas abbrennen läßt, in dem sich Kaliumpermanganat-Lösung befindet. Verschließe das Gefäß sofort wieder mit dem Deckel und schüttle kräftig.

Die Entfärbung der Lösung erbringt den Nachweis, daß beim Abbrennen der Streichholzköpfe Schwefeldioxid entsteht. Allerdings ist diese Menge so gering, daß man natürlich nicht von einer Verschmutzung der Luft sprechen kann.

In den Autoabgasen hast du inzwischen einige chemische Verbindungen bzw. Elemente nachgewiesen, die zu einem beträchtlichen Teil zur Umweltverschmutzung beitragen und die Gesundheit des Menschen in solchen Gebieten beeinträchtigen, in denen starker Autoverkehr herrscht.

Zu Kohlenmonoxid, Blei, Schwefeldioxid und unverbrannten Kohlenwasserstoffen kommen noch **Stickoxide** hinzu, die sich bei höheren Temperaturen (ca. 800° bis 900° C) im Motor aus dem Sauerstoff und dem Stickstoff der Luft bilden. Dazu gehören: Distickstoffpentoxid (N_2O_5), Distickstoffoxid (N_2O), auch als „Lachgas“ bekannt, Stickstoffoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2).

Das Bundesministerium des Innern hat untersuchen lassen, daß die im Jahre 1970 zugelassenen fast 14 Millionen Personenkraftfahrzeuge in einem Jahr folgende Verunreinigungen ausgestoßen haben:

Kohlenmonoxid	8 Mill. t
Kohlenwasserstoffe	1,2 Mill. t
Stickoxide	900 000 t
Schwebeteilchen	12 000 t
Blei	7 000 t

Nun wird die Luft nicht nur durch Autoabgase verschmutzt, sondern es tragen noch viele andere Faktoren dazu bei. So z. B. Düsenflugzeuge. Eine Boeing 707 stößt beim Start die gleiche Abgasmenge aus wie fast 7 000 Volkswagen!

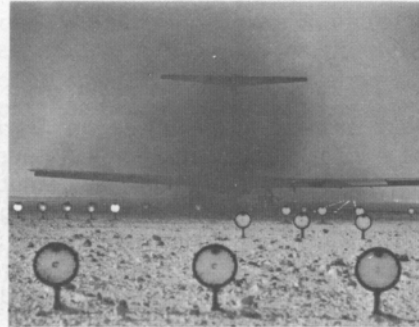


Abb. 19

- 2.8. Stelle während der Heizungsperiode ein Marmeladenglas mit etwas Kaliumpermanganat-Lösung in die Nähe eines Öl- oder Kohleofens. Vergleiche nach einigen Stunden und dann wieder nach einem Tag mit einer Vergleichslösung im verschlossenen Reagenzglas.

In der Nähe von Heizungsanlagen wird die Kaliumpermanganat-Lösung ziemlich rasch entfärbt. Diese Entfärbung läßt auf das Vorhandensein von Schwefeldioxid schließen. Tatsächlich enthalten Kohle und Heizöle einen größeren Anteil Schwefel, der zu SO_2 verbrannt wird. Das Schwefeldioxid der Hausbrandanlagen trägt im Winter zu einem beträchtlichen Teil zur Umweltverschmutzung bei. Genaue Messungen haben ergeben, daß der Schwefeldioxidgehalt im Winter auf den doppelten Wert gegenüber dem Sommer ansteigt. Es steht mengenmäßig von den Abgasen an erster Stelle. Denn nicht nur von privaten Feuerungsanlagen wird es ausgestoßen, sondern auch von Industriebetrieben, Kraftwerken, Kokereien, usw.



Kernkraftwerk Stade
Ein abgasfreies Kraftwerk

Abb. 20
Foto NWK

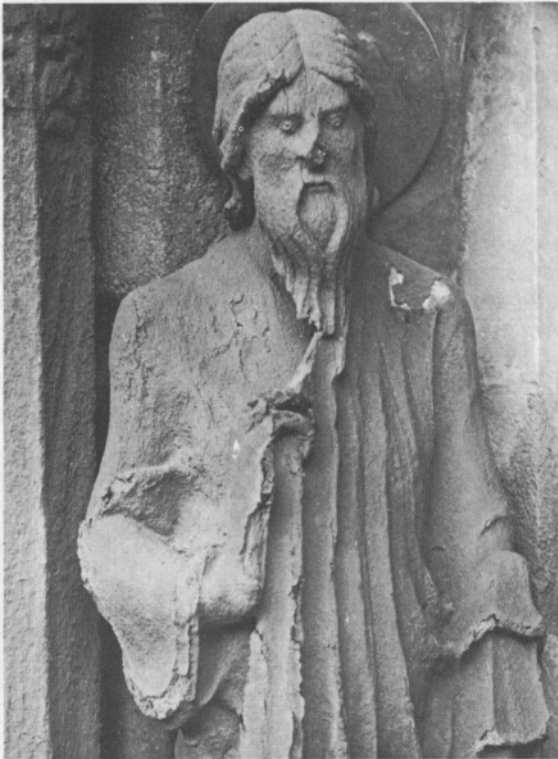
- 2.9. Mit dem Sulfite-Test-Streifen hast du ein Hilfsgerät zur einfachen und ziemlich genauen Bestimmung des SO_2 -Gehalts der Luft. Gehe in die Nähe eines Industriebetriebes, eines Kraftwerkes oder einer stark befahrenen Autostraße. Feuchte dort den unteren Teil des Kunststoffstreifens mit dem quadratischen Teststück mit Wasser an. Vergleiche nun sofort mit der 5teiligen Farbskala und merke dir den Wert. Setze anschließend die Testzone ca. 5 Minuten der zu untersuchenden Luft aus und vergleiche wieder mit der Skala. Aus den Zahlenwerten, die den Farben zugeordnet sind, wird die Differenz gebildet, und dieser Wert muß durch 2 dividiert werden.

Ein Beispiel:

Wert vor der Messung	0
Wert nach 5 Minuten	40
Differenz	40
40 dividiert durch 2	20

Bei diesem Beispiel beträgt der Gehalt etwa 20 ml SO_2 pro m^3 Luft.

Dieser Wert wird dir nicht viel sagen. Dazu eine Erklärung. Der MAK-Wert – das bedeutet **maximale Arbeitsplatz-Konzentration** – ist diejenige Konzentration eines gas-, staub- oder dampfförmigen Stoffes in der Luft, der auch bei achtstündiger Einwirkung die Gesundheit des Menschen nicht schädigt. Für Schwefeldioxid beträgt der MAK-Wert 5 ml pro m^3 Luft. Der Wert, der in dem Beispiel gefunden wurde, überschreitet also weit die auf die Dauer für den Menschen zulässige Konzentration.



Durch Schwefeldioxid zerfressene Figur am Bamberger Dom

Abb. 21

- 2.10. Zum Vergleich solltest du den SO_2 -Gehalt in einem Wald in größerer Entfernung einer Stadt untersuchen. Vielleicht nimmst du auf einem Wochenendausflug ein Teststäbchen mit. Verfahre dann ebenso wie in Versuch 2.9.

Schon seit einigen Jahren existieren in der Bundesrepublik Deutschland Meßstationen, die die Verunreinigung der Luft – vor allem durch SO_2 – genau registrieren. Diese Stationen liegen nicht nur in Industriegebieten, sondern auch in sog. Reinluftgebieten, um dort ein gefährliches Ansteigen der Luftverschmutzungen sofort zu registrieren. Die Messungen haben ergeben, daß der Schwefeldioxid-Gehalt in Industriegebieten etwa 10 bis 15 mal so groß ist wie in den Reinluftgebieten.

- 2.11. Besorge dir ein Stückchen PVC (Polyvinylchlorid), z. B. von einer Fußbodenfliese oder von einem Wasserabflußrohr und zwei gleiche Eisennägel. Entzünde das PVC in der Flamme der Kerze und halte einen Nagel, der vorher mit Wasser angefeuchtet wurde, in die entstehenden Dämpfe. Lege dann beide Nägel fort und betrachte sie nach einem oder zwei Tagen.

Der Nagel, den du in die Verbrennungsgase des PVC gehalten hast, rostet viel schneller als der andere. PVC ist ein Kunststoff, der das Element Chlor chemisch gebunden enthält). Bei der Verbrennung wird u. a. das Chlor, ein sehr reaktionsfreudiges Element, als Salzsäuregas (HCl) frei. Dieses Gas ergibt, in Wasser gelöst, Salzsäure. Salzsäure reagiert mit dem Eisennagel und läßt ihn deshalb schneller rosten.*

Durch die immer größere Kunststoffproduktion tritt ein neues Umweltproblem auf: Bei der Verbrennung des Mülls, der Kunststoffe enthält, wird z. B. Salzsäuregas oder Chlor frei. Beide Gase sind jedoch äußerst gefährlich für den Menschen und auch giftig. Chlor z. B. wirkt noch in einer Verdünnung von 1:200 tödlich. Aber auch Pflanzen sterben innerhalb kurzer Zeit ab, wenn Chlor auf sie einwirkt.

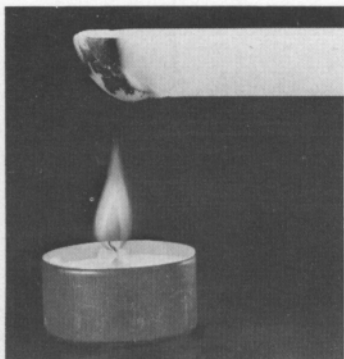


Abb. 22

*) Mehr über das PVC und andere Kunststoffe kannst du durch den Philips Chemie-Experimentierkasten CE 1403 erfahren.

- 2.12. Neben den gasförmigen Schadstoffen, die die Luft verunreinigen, sorgen vor allem feste Bestandteile für „dicke Luft“. Solche aufzuspüren und zu messen, soll dir die **Rauch-Skala** helfen. Beobachte deine Umgebung, ob dir ein besonders stark qualmender Schornstein auffällt. Blicke durch die Öffnung, die du in der Mitte der fünf Felder mit den verschiedenen Grautönen herausgeschnitten hast. Halte die Karte mit dem ausgestreckten Arm. Achte aber darauf, daß du nicht gegen die Sonne siehst. Vergleiche nun die Grautöne auf der Skala mit dem Rauch.

Ist er so dick und schwarz, daß er mit den drei dunklen Graufeldern übereinstimmt, so müßte das Unternehmen, zu dem der Schornstein gehört, auf jeden Fall etwas gegen die starke **Emission** (Ausstoßung) des Rauches tun. Es gibt heute nämlich schon einige technisch anwendbare Verfahren, Abgase von Industrieanlagen zu reinigen, bevor sie in die Luft ausgestoßen werden.

Die am häufigsten vorkommenden Verunreinigungen in fester Form sind Staub, Ruß, Rauch und Flugasche. Sie lagern sich in feiner Form in der Nähe der Verschmutzungsquelle ab, können aber bei starkem Wind auch einige hundert Kilometer weit fortgetragen werden und sich erst dort ablagern. Sehr feine Teilchen bleiben auch längere Zeit in der Luft, und diese **Schwebestoffe** werden vom Menschen zusammen mit den gasförmigen Verunreinigungen eingeatmet.

- 2.13. Vielleicht bietet sich dir einmal eine Gelegenheit, eine Stadt bei schönem Wetter von einem Turm oder einem hochgelegenen Gebäude zu betrachten. Verwende dazu auch einmal deine Rauch-Skala, und du wirst von dem Ergebnis überrascht sein. Trotz des schönen Wetters ist zu erwarten, daß über der Stadt ein beachtlicher Dunstschleier liegt. Zu den festen Verunreinigungen aus Industriebetrieben und häuslichen Schornsteinen kommt dann nämlich noch der von den Straßen aufgewirbelte Staub, sei es durch den Wind oder durch Kraftfahrzeuge, Gummiteilchen, die von den Autoreifen abgerieben werden und vieles mehr. All diese Stoffe wirken noch dadurch dunstverstärkend, daß sich an den winzigen Teilchen sehr feine Wassertropfen niederschlagen. Die Staubpartikelchen wirken als **Kristallisationskeime** für den Wasserdampf, der stets in der Atmosphäre vorhanden ist. Deshalb kann es in Städten mehr regnen als in Reinluftgebieten.



Dunstglocke über New York

Abb. 23

Solche „Dunstglocken“ über Städten und Industriegebieten können zu einer Klimaveränderung führen. Die Sonneneinstrahlung ist dort nämlich viel geringer, weil bis zu 30 % der Sonnenenergie absorbiert (aufgenommen) wird. Umgekehrt ist nachts die natürliche Wärmestrahlung von der Erde in den Weltenraum viel geringer, weil der Dunst die Energieabgabe zum Teil verhindert. Man hat durch Messungen festgestellt, daß in Landgebieten mit geringer Luftverschmutzung in klaren Sommernächten die Temperatur bis zu 7°C niedriger liegt als in Städten oder Industriegebieten.

- 2.14. Du kannst übrigens leicht eine Übersicht über die Luftverschmutzung an verschiedenen Tagen bekommen und dir eine Meßskala aufstellen.

Klebe über einen kleinen Karton oder ein Glas einen durchsichtigen Klebestreifen, so daß die Klebeseite nach oben zeigt. Stelle dann das Glas oder den Karton so auf, daß möglichst der Staub in Bodennähe nicht darauf fällt. Nimm nach 24 Stunden den Streifen ab und klebe ihn auf Millimeterpapier fest. Zähle mit einer Lupe die Partikelchen, die du auf einer Fläche von 1 cm^2 finden kannst. Zähle drei oder vier Flächen aus, bilde einen Mittelwert und notiere das Ergebnis.

Wiederhole diese Messung und vergleiche die Ergebnisse miteinander. Fällt dir auch auf, daß nach Regenfällen der Staubanteil viel geringer ist als nach längeren Trockenzeiten? Wenn du die Erklärung dafür nicht gleich findest, so kannst du sie in Vers. 2.20. nachlesen.

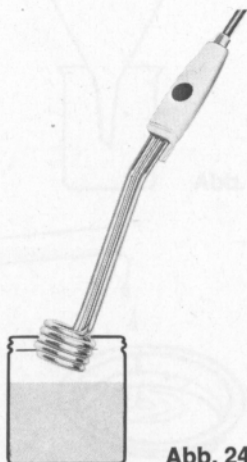


Abb. 24

- 2.15. Unter besonders ungünstigen Bedingungen kommt in manchen Gebieten eine Wetterlage zustande, die den gefürchteten **Smog** hervorruft. Wenn du einen Tauchsieder zur Verfügung hast, kannst du diese Situation im kleinen nachvollziehen.

Laß von deinem Vater oder von der Mutter Zigarettenrauch vorsichtig durch das Glasrohr auf den Boden eines großen Weckglases blasen. Achte darauf, wie sich der Rauch verhält. Halte nun einen Tauchsieder in die obere Hälfte des Weckglases und schalte ihn einige Sekunden ein. Wiederhole das mehrfach. (Du darfst den Tauchsieder nicht zu lange eingeschaltet lassen, da er sonst beschädigt wird!) Verschließe das Glas zur Hälfte mit einem Deckel und laß wieder vorsichtig Rauch auf den Boden blasen. Vergleiche das Verhalten des Rauches mit dem im ersten Versuch.

Beim ersten Mal füllte der Rauch das gesamte Glas aus, beim zweiten Mal blieb er am Boden des Gefäßes. Durch das Erwärmen der Luft im oberen Teil des Glases lag über einer „Kaltluftschicht“ eine „Warmluftschicht“, und der Rauch konnte nicht aufsteigen. Normalerweise nimmt die Temperatur auf der Erde mit zunehmender Höhe ab. Bei Städten, die z. B. in einem Talkessel liegen, kann es aber aufgrund besonderer klimatischer Verhältnisse zu einer Temperaturumkehr kommen. Dann lagert sich über einer Kaltluftschicht eine Warmluftschicht ab. Wenn bei einer solchen Wetterlage kein Wind weht, können die Luftverunreinigungen nicht aufsteigen, und sie sammeln sich in immer größerer Konzentration am Boden an. Bei einem solchen Smog – das Wort entstand aus smoke = Rauch und fog = Nebel – sind die Menschen in diesen Gebieten besonders gefährdet. Durch starke Sonneneinstrahlung reagieren die schädlichen Bestandteile CO , SO_2 , NO_2 , usw. noch chemisch miteinander, und es entstehen neue giftige Verbindungen, deren Zusammensetzungen noch nicht einmal genau geklärt sind.

- 2.16. Wie der menschliche Körper auf Luftverunreinigungen in fester Form reagiert, kannst du leicht untersuchen. Bitte deinen Vater oder deine Mutter, den Rauch einer Zigarette anzusaugen, wenn vor das Mundstück ein weißes Leinentuch gelegt ist. Achte auf die Farbe des Rauches, wenn ein Raucher ihn ausstößt.

Das Tuch vor dem Mundstück der Zigarette färbt sich dunkelgelb bis braun; der ausgestoßene Rauch dagegen sieht hell aus. Die Rückstände in dem Tuch bestehen aus Ruß, Teer und anderen Verbindungen. Beim Inhalieren des Rauches setzt sich der größte Teil dieses Schmutzes auf den Schleimhäuten der Atemwege ab und wird z. B. durch Husten wieder abgegeben. Ein Teil gelangt aber auch in die Lunge und lagert sich dort ab. Kommen keine weiteren Verschmutzungen hinzu, so wird er allmählich abgebaut. Bewohner von Großstädten und Raucher hingegen inhalieren regelmäßig so viele Schadstoffe, daß ein Abbau durch den Körper nicht mehr möglich ist. Sie reichern sich allmählich in der Lunge an und behindern dadurch die Atmung.

- 2.17. Bei Bränden oder Gasunfällen ist es notwendig, daß z. B. Feuerwehrleute in Räume eindringen müssen, in denen giftige Gase in großer Konzentration enthalten sind. Wie sie ihr Leben in solchen Situationen schützen können, sollst du nun erfahren. Verschließe das weite Glasrohr mit dem durchbohrten Stopfen, in den du vorher das dünne Glasrohr gesteckt hast. Spanne die Rohre in die Reagenzglasklammer, die am Ständerstab befestigt wird. Das weite Rohr soll waagrecht liegen. Fülle nun die Holzkohle so in das weite Rohr, daß die gesamte Menge vor dem Stopfen liegt (Abb. 25). Laß an-

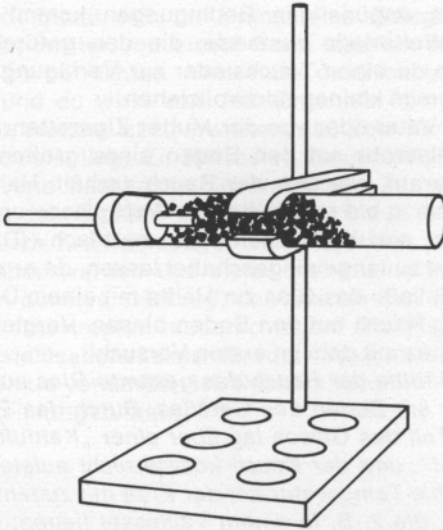


Abb. 25

schließend von einem Raucher Zigaretten- oder Zigarrenrauch langsam durch das dünne Rohr über die Kohle blasen. Vergleiche die Farbe des Rauches vor und hinter der Holzkohle. Bewahre die Holzkohle auf. Du benötigst sie noch für spätere Experimente.

Der Tabakrauch ist kaum noch zu erkennen, nachdem er über die Holzkohle geblasen wurde. Holzkohle wird hergestellt, indem man Holz unter Luftabschluß erhitzt. Dabei entweichen alle gasförmigen Bestandteile, und in dem Rückstand entstehen unzählige Poren. In diesen Poren lagern sich die Verunreinigungen des Tabakrauchs ab, so daß nahezu alle Schmutzstoffe absorbiert werden.

Filtergeräte (z. B. „Gasmasken“), die den Menschen vor Vergiftungen schützen können, enthalten in der Regel Aktivkohle. Diese Aktivkohle enthält noch mehr Poren als die Holzkohle und eignet sich deshalb noch besser zur Absorption von Giftgasen.

- 2.18. Die nächsten Experimente sollen der Untersuchung von Niederschlägen dienen. Versuche deshalb bei dem nächsten Regen, Wasser in einer großen Schüssel aufzufangen oder aus einem Regenabflußrohr zu entnehmen.

Fülle etwas von dem Regenwasser in ein Reagenzglas und gib einige Tropfen Kalkwasser hinzu. Achte darauf, ob sich ein Niederschlag bildet.

Das Regenwasser löst beim Durchgang durch die Atmosphäre Kohlendioxid, so daß Kalkwasser getrübt wird. Neben dem Kohlendioxid werden natürlich auch noch andere Gase gelöst. Dann kann man manchmal kaum noch von „Regenwasser“ sprechen, sondern es handelt sich schon um „Regenlösungen“.

- 2.19. Feuchte einen der Sulfid-Test-Streifen unter fließendem Wasser an und tauche ihn dann anschließend einmal in das Regenwasser. Nimm ihn heraus und vergleiche die Farbe der Testzone nach etwa 15 Sekunden mit der Testskala.

Wenn sich die Testzone nach rosa bis ziegelrot verfärbt hat, so ist das der Beweis, daß der Regen auch Schwefeldioxid gelöst hat. Du hast nun allerdings nicht das SO_2 nachgewiesen. Löst sich SO_2 in Wasser, so bildet es nämlich Sulfitionen (SO_3^{2-}) mit dem Sauerstoff des Wassers. Aber auf diesem Umweg über die Sulfitionen kannst du den SO_2 -Gehalt der Luft nachweisen. Die Zahlenwerte über den Farbzonen der Skala geben ungefähr die Menge der Sulfitionen an, und zwar in mg pro Liter.

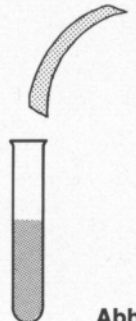


Abb. 26



Abb. 27

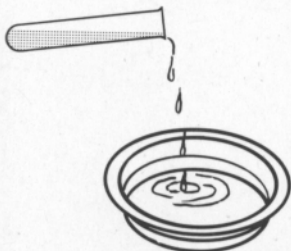


Abb. 28

- 2.20. Rühre dein aufgefangenes Regenwasser gut um und fülle dann sofort ein Becherglas davon ab. Gieße diese 100 ml nach und nach durch einen Papierfilter. Falte anschließend das Papier auseinander und betrachte es genau mit einer Lupe. Hebe das Filtrat für den nächsten Versuch auf.

Die kleinen Teilchen auf dem Papier zeigen, daß der Regen auch die festen Schmutzstoffe aus der Luft auswäscht. Jetzt ist dir sicherlich auch klar, warum nach einem Regen der Staubgehalt der Luft viel geringer ist als nach längeren Trockenzeiten.

- 2.21. Fülle das Filtrat des Regenwassers aus dem vorigen Versuch in die flachen Aluminiumschälchen, die diesem Experimentierkasten beiliegen. Stelle die Schälchen an einen warmen Platz und laß das Wasser verdunsten. Betrachte dann den Rückstand.

Neben dem CO_2 und dem SO_2 löst der Regen fast alle gasförmigen Verunreinigungen der Luft. Diese Verbindungen werden sichtbar, wenn das Regenwasser verdunstet.

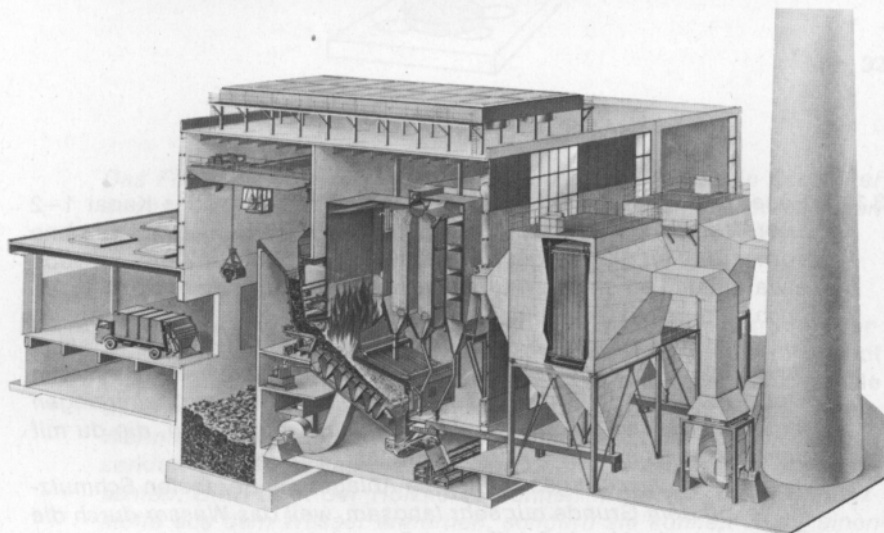
- 2.22. Zum Abschluß dieses Kapitels über die Luftverschmutzung sollst du noch an einem Beispiel erkennen, wie man Luft von staubförmigen Bestandteilen reinigen kann.

Besorge dir zwei Stückchen Plexiglas®. Reibe eines davon mit einem Kunststofftuch kräftig ab und lege dann beide Stücke nebeneinander. Vergleiche die Oberflächen beider Teile nach etwa 15 Minuten.

Auf dem geriebenen Plexiglas® hat sich viel mehr Staub angesammelt als auf dem anderen. Durch das Reiben werden Kunststoffe elektrostatisch aufgeladen. Das bedeutet, daß Elektronen aus den Atomen sich in größerer Anzahl auf der Oberfläche befinden als im Innern der Stücke. Wie ein Magnet ein Stück Eisen, so zieht das geladene Glas die ungeladenen Staubteilchen aus der Luft an.

Durch Elektrofilter, die nach diesem Prinzip arbeiten, kann in Schornsteinen ein großer Teil der Ruß- und Staubpartikel aus den Abgasen ausgeschieden werden.

Ist dir übrigens schon aufgefallen, daß die Bildröhre eures Fernsehgerätes immer staubiger ist als das Gehäuse? Die Bildröhre ist nämlich mit einem Elektrofilter zu vergleichen und zieht deshalb besonders stark den Staub im Zimmer an.



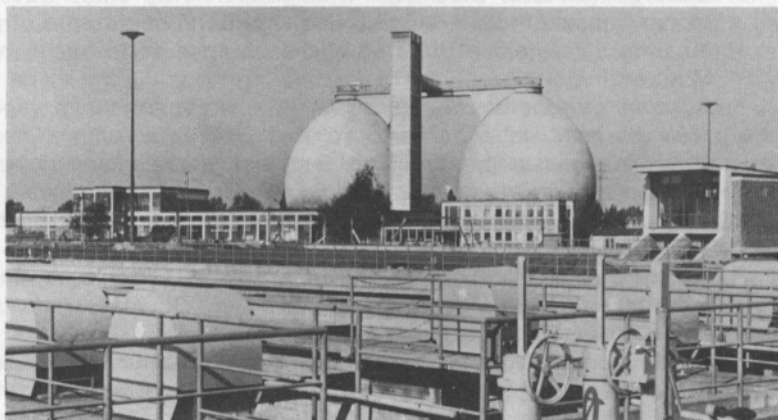
Müllverbrennungsanlage mit Abgasfiltern

Abb. 29

3. Verschmutzung des Wassers

Wasser bedeckt zu mehr als $\frac{2}{3}$ die Erdoberfläche. Es ist also in ausreichendem Maße vorhanden. Trotzdem ist die Verschmutzung des Wassers ein allgemeines Problem, weil zur Zeit nicht das gesamte Wasser der Erdoberfläche für den Gebrauch durch den Menschen verwendet werden kann, sondern nur ein geringer Teil.

Man unterscheidet das Wasser nach dem Vorkommen und spricht von Oberflächenwasser (Flüsse, Seen), Grundwasser, Quellwasser, Meerwasser und Brackwasser (Gemisch aus Salz- und Süßwasser). Die Verwendung des Wassers führt zu einer anderen Einteilung, und zwar zu Trinkwasser, Brauchwasser und Abwasser. Wenn heute von dem Problem der Wasserverschmutzung die Rede ist, so bedeutet das u. a., daß die Versorgung der Menschheit mit Trinkwasser immer schwieriger wird, weil aus den natürlichen Vorkommen nur noch mit großem Aufwand Trinkwasser gewonnen werden kann. Welche Gründe dabei eine Rolle spielen, und wie sich eine zunehmende Verschmutzung auf die Natur auswirkt, erfährst du in diesem Kapitel.



Kläranlage

Foto Freie und Hansestadt Hamburg

Abb. 30

- 3.1. Besorge dir aus einem nahegelegenen Fluß, See oder Kanal 1–2 Liter Wasser. Gieße einen Teil davon in ein Becherglas, nicht ohne vorher deinen Vorrat gut umgerührt zu haben. Laß diese Probe etwa einen Tag stehen und betrachte sie dann aufmerksam. Prüfe auch einmal den Geruch des Wassers.

Auf dem Boden des Becherglases hat sich ein Teil der festen Schmutzstoffe im Wasser abgesetzt. Trotzdem ist das Wasser in den meisten Fällen noch nicht klar, weil sehr feine Verunreinigungen im Wasser schweben. Es können aber auch Algen sein, die du mit dem Wasser zusammen entnommen hast.

In vielen Gewässern geschieht eine Ablagerung der festen Schmutzstoffe auf dem Grunde nur sehr langsam, weil das Wasser durch die Strömung oder durch Schiffe und Boote immer wieder aufgewirbelt wird.

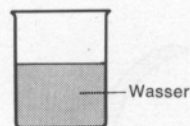


Abb. 31

- 3.2. Gieße das abgestandene Wasser durch ein Papierfilter. Prüfe die Farbe und den Geruch des Filtrats.

Durch das Filter werden nahezu alle festen Schmutzstoffe vom Wasser getrennt, nicht aber Geruchsstoffe.

Bei der Trinkwasseraufbereitung werden natürlich keine Papierfilter verwendet, sondern Sand- und Kiesfilter. Dazu werden Sand und Kies abwechselnd in große Becken gefüllt, und das Wasser sickert langsam durch die feinen Zwischenräume. Dabei werden fast alle Verunreinigungen zurückgehalten.

Das Filtrat sollst du noch weiter untersuchen.

- 3.3. Stelle dir ein Sandfilter her, um zu untersuchen, ob auch im Wasser gelöste Verbindungen dadurch beseitigt werden können. Verschieße das weite Glasrohr mit dem durchbohrten Gummistopfen und spanne es in das Stativ (Abb. 14.). Schiebe anschließend einen kleinen Wattebausch über die Öffnung. Fülle nun feinen und groben Sand abwechselnd in das Rohr, bis es fast gefüllt ist. Spüle jetzt mit viel klarem Wasser den Sand gründlich aus und gieße, wenn diese Reinigung beendet ist, etwas verdünnte Kaliumpermanganat-Lösung durch den Sandfilter. Betrachte das Filtrat.

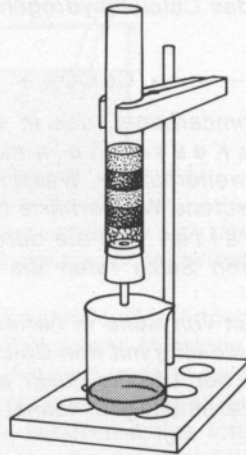


Abb. 32

Das Filtrat ist ebenso gefärbt wie die Lösung, die du in den Filter gegossen hast. Gelöste Verbindungen lassen sich also durch einen Sandfilter ebenso wenig entfernen wie durch einen Papierfilter.

- 3.4. Ersetze den Sand, den du im vorigen Versuch zum Filtrieren verwendet hast, durch Holzkohle. Du mußt sie vorher allerdings mit einem Löffel auf einem Blatt Papier noch stärker zerkleinern. Fülle dann wieder verdünnte Kaliumpermanganat-Lösung in deinen Filter. Wenn die Lösung stark genug verdünnt war, so ist das Filtrat wasserklar; auf jeden Fall aber ist eine deutliche Entfärbung zu beobachten. Die Poren der Holzkohle können nicht nur feste Schmutzstoffe aus dem Wasser entfernen, sondern sie können sogar einen Teil der gelösten absorbieren. Ist die Konzentration aber zu groß, so müßte neue Holzkohle verwendet werden.

- 3.5. Bei der Aufbereitung von Oberflächenwasser zu Trinkwasser spielt die **Härte** des Wassers eine Rolle. Dazu kannst du jetzt Untersuchungen ausführen.

Stelle dir zunächst eine Seifenlösung her, indem du in 100 ml destilliertem Wasser etwa 1 Teelöffel voll Seifenflocken löst, die von einem Stück Seife abgeschabt werden. Hebe diese Lösung auf, weil du sie für einige weitere Experimente verwenden kannst. Fülle 1 cm hoch destilliertes Wasser und danach die gleiche Menge Seifenlösung in ein Reagenzglas. Verschließe es mit dem Daumen und schüttele 1 Minute möglichst gleichbleibend. Miß dann sofort mit einem Lineal die Höhe der entstandenen Schaumsäule und notiere das Ergebnis.

Destilliertes Wasser enthält keine gelösten Salze, so daß die Seifenlösung sehr stark schäumen kann.

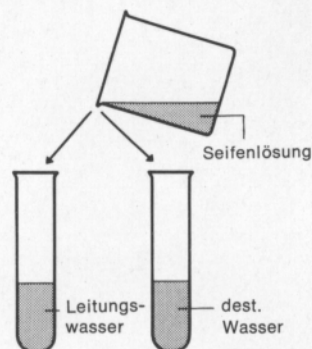
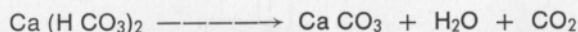


Abb. 33

- 3.6. Wiederhole die Härteuntersuchung des vorigen Versuches mit einer Probe ungekochten Leitungswassers und danach mit gekochtem. Vergleiche die Schaumsäulen miteinander und mit der, die durch destilliertes Wasser entstanden ist.

Bei gekochtem Leitungswasser entsteht mehr Schaum als bei ungekochtem. Die Härte des Wassers wird hervorgerufen durch Calciumhydrogencarbonat $[Ca(HCO_3)_2]$, Calciumsulfat $(CaSO_4)$, Magnesiumchlorid $(MgCl_2)$ und Magnesiumsulfat $(MgSO_4)$. Beim Kochen des Wassers zerfällt das Calciumhydrogencarbonat nach folgender Gleichung:

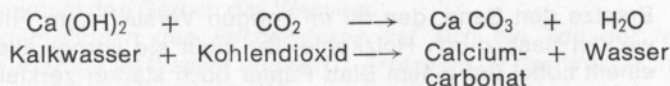


Dabei entsteht Calciumcarbonat, das in Wasser so gut wie nicht löslich ist und sich als Kesselsstein niederschlägt. Die anderen Salze bleiben aber weiterhin im Wasser gelöst. Die durch das $Ca(HCO_3)_2$ hervorgerufene Wasserhärte bezeichnet man als vorübergehende Härte, weil sie durch Kochen beseitigt werden kann. Die anderen Salze rufen die bleibende Härte hervor.

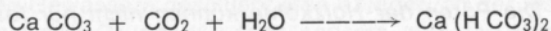
Das geringe Schäumen von Seife in hartem Wasser beruht darauf, daß ein Teil der Seifenlösung mit den Calciumsalzen Verbindungen eingeht, und ein Teil der Lösung flockt als Calciumpalmitat oder -stearat aus. Diese Verbindungen kennst du vielleicht unter dem Namen Kalkseife.

- 3.7. Die unterschiedliche Löslichkeit von Calciumcarbonat und Calciumhydrogencarbonat kannst du beobachten, wenn du Atemluft mit dem Glasröhrchen in Kalkwasser bläst. Führe das solange durch, bis die Trübung wieder verschwindet.

Beim ersten Einleiten von Atemluft, die Kohlendioxid enthält, entsteht Calciumcarbonat nach folgender Gleichung:



Das unlösliche Calciumcarbonat fällt als Niederschlag aus. Beim weiteren Einleiten von CO_2 bildet sich $Ca(HCO_3)_2$:



Da das Calciumhydrogencarbonat in Wasser löslich ist, verschwindet der Niederschlag wieder.

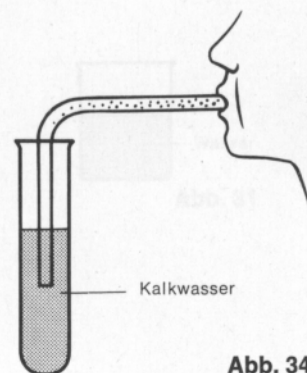


Abb. 34

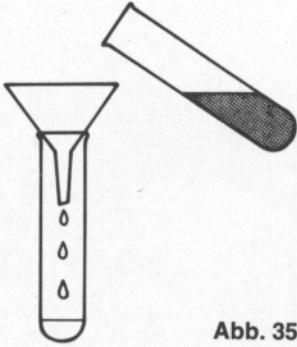


Abb. 35

- 3.8. Untersuche wie in den vorigen Experimenten dein Wasserfiltrat aus Vers. 3.2. auf die Härte. Verwende dazu wieder eine gekochte und eine ungekochte Probe.

Oberflächenwasser enthält auch Calciumcarbonat und Calciumhydrogencarbonat. Quellwasser wäscht aus kalkhaltigem Gestein geringe Mengen Carbonat aus, und schon das CO_2 der Luft reicht aus, um einen Teil davon in Hydrogencarbonat umzuwandeln.

Du kannst ja auch einmal eine Probe Regenwasser untersuchen, das früher gerne zum Waschen verwendet wurde, weil es als besonders „weich“ galt. Vielleicht kommst du zu dem Ergebnis, daß das heute gar nicht mehr zutrifft. Außerdem kannst du dir vorstellen, daß Regenwasser schon deshalb nicht mehr ohne weiteres dafür geeignet ist, weil es verhältnismäßig stark durch die Luftverunreinigungen verschmutzt ist.

- 3.9. Tauche einen Streifen des mehrfarbigen Universal-Indikatorpapiers in Leitungswasser. Lege den Streifen dann auf die Farbskala und vergleiche, mit welchen Angaben auf der Skala die Farben des Streifens übereinstimmen. Merke dir auch den Zahlenwert, der über der Farbreihe steht.

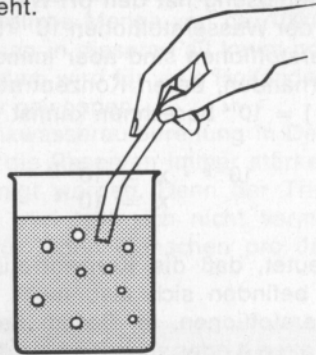
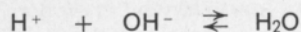


Abb. 36

In den meisten Fällen verfärben sich die Streifen auf dem Papier so, daß die Farben mit denen übereinstimmen, die unter dem Wert 7,0 angegeben sind.

Im Wasser mit der Formel H_2O befinden sich nicht nur Wassermoleküle, sondern ein Teil dieser Moleküle zerfällt in positiv geladene Wasserstoffionen (H^+) und negativ geladene Hydroxidionen (OH^-). Es sind natürlich nicht immer die gleichen Moleküle, die dissoziieren (in Ionen zerfallen), sondern einige Ionen schließen sich wieder zu Molekülen zusammen, und dafür zerfallen andere Moleküle wieder in Ionen. Es besteht also ein Gleichgewicht zwischen Ionen und Molekülen nach folgender Gleichung:



Der Anteil der dissoziierten Moleküle im Wasser ist aber sehr gering, und zwar beträgt er 10^{-7} . Das bedeutet, daß in 10 Mill. Litern Wasser ca. 1 g H^+ -Ionen und 17 g OH^- -Ionen vorhanden sind.

Da jedes dissoziierte Molekül zu gleichen Teilen in Wasserstoff- und Hydroxidionen zerfällt, ist im Wasser der Anteil beider Ionen gleich groß, nämlich jeweils 10^{-7} . Daraus kann man das **Ionenprodukt** des Wassers berechnen, indem man die Konzentration beider Ionen multipliziert.

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad \text{oder} \quad 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}$$

Das Ionenprodukt beträgt bei Zimmertemperatur stets 10^{-14} . Der Wert 7,0 auf der Farbskala gibt die Konzentration der Wasserstoffionen im Leitungswasser an.

- 3.10. Tauche den angefeuchteten Streifen aus dem vorigen Versuch in Essig und vergleiche wieder mit der Farbskala.

Dieses Mal stimmen die Farben etwa mit denen überein, die unter dem Wert 5,0 wiedergegeben sind.

Säuren dissoziieren in wäßrigen Lösungen stärker als Wasser, also steigt die Wasserstoffionen-Konzentration an, beim Essig beträgt sie etwa 10^{-5} . Diese Konzentration ist ein Maßstab für die Stärke einer Säure, und deshalb benutzt man den Wasserstoffionenexponenten (beim Essig -5), um die Stärke einer Säure anzugeben. Man verwendet den Exponenten dann allerdings mit positivem Vorzeichen ($+5$) und bezeichnet ihn als pH-Wert; pH ist abgeleitet worden von dem Begriff *potentia hydrogenii*.

Essig hat also einen pH-Wert von 5.

- 3.11. Tauche den Streifen aus dem vorigen Versuch in die Seifenlösung, die du zur Härtebestimmung verwendet hast. Vergleiche wieder mit der Farbskala.

Dieses Mal läßt sich der Farbumschlag etwa dem Wert 8,0 zuordnen, das heißt, die Seifenlösung hat den pH-Wert 8. Du weißt nun, daß die Konzentration der Wasserstoffionen 10^{-8} beträgt.

Neben den Wasserstoffionen sind aber immer noch Hydroxidionen in der Lösung vorhanden, deren Konzentration du nach der Gleichung $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$ berechnen kannst. Setze in die Gleichung ein:

$$\begin{aligned} 10^{-8} \cdot x &= 10^{-14} \\ x &= 10^{-6} \end{aligned}$$

Dieser Wert bedeutet, daß die Konzentration der Hydroxidionen 10^{-6} beträgt. Es befinden sich also mehr Hydroxidionen in der Lösung als Wasserstoffionen. In diesem Fall bezeichnen wir die Lösung als eine *L a u g e* oder auch *B a s e*, denn die Hydroxidionen bedingen den Laugencharakter.

Du kannst also sagen: Ist der pH-Wert kleiner als 7, so handelt es sich um eine Säure; ist er größer als 7, so ist es eine Lauge oder Base. Bei einem pH-Wert von 7 heben sich die Laugen- und Säureeigenschaften auf, die Flüssigkeit ist also *n e u t r a l*.

- 3.12. Bestimme nun nach diesen Informationen den pH-Wert in deinem Flußwasser. Tauche den Streifen darin ein und vergleiche mit der Skala.

*Die meisten Oberflächenwasser sind heute nicht mehr neutral, sondern besitzen Säure- oder Laugencharakter. Diese Änderung ergibt sich durch das Einleiten von Rückständen aus industriellen Produktionen. Die Pflanzen- und Tierwelt in einem Gewässer verändert sich aber grundlegend, wenn der pH-Wert deutlich von 7 abweicht. Zwischen allen Pflanzen- und Tierarten besteht nämlich ein *b i o l o g i s c h e s G l e i c h g e w i c h t*. Wird dieses gestört, so daß einzelne Lebewesen absterben, so finden dadurch andere günstigere Lebensbedingungen, und sie können sich übermäßig vermehren. Säuren und Laugen sollten also immer neutralisiert werden, bevor man sie in Gewässer – sog. *V o r f l u t e r* – leitet.*

- 3.13. Frage deine Eltern, ob du dir in einer Apotheke etwas Silbernitrat kaufen darfst.

Spüle ein Reagenzglas gründlich mit destilliertem Wasser aus. Löse dann in diesem Glas etwas Silbernitrat in destilliertem Wasser und verwende die Lösung für die nächsten Experimente. Gib etwas Kochsalz in ein Reagenzglas voll Wasser und schüttle. Füge nun ein paar Tropfen Silbernitratlösung hinzu und beobachte.

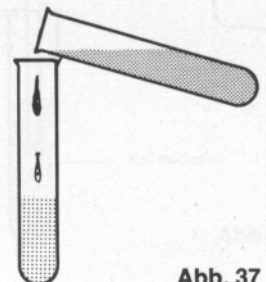
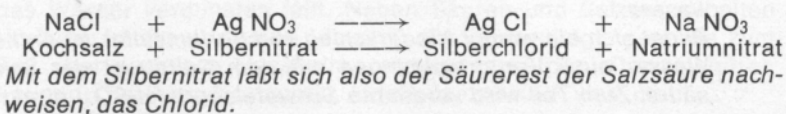


Abb. 37

In dem Reagenzglas bildet sich ein dicker, weißer Niederschlag von Silberchlorid nach folgender Gleichung:



- 3.14. Untersuche dein Oberflächenwasser darauf, ob es Chloride enthält. Wenn sich ein Niederschlag von Silberchlorid bildet – er muß nicht immer so dick sein wie bei einer Kochsalzlösung – so enthält deine Untersuchungsprobe den Säurerest der Salzsäure in Form von Chlorid-Ionen.

Giftige Industrieabwässer werden häufig chemischen Umwandlungen unterzogen, bei denen ungiftige Verbindungen entstehen. Ein solches Endprodukt ist häufig Kochsalz (NaCl). In geringen Mengen kann Kochsalz in einem Vorfluter keinen Schaden anrichten, aber in größeren Mengen treten doch Probleme auf.

Der Rhein z. B. „transportiert“ an einem Tag einige tausend Tonnen Kochsalz zur Mündung. Insgesamt beträgt die Menge aller Salze ca. 40 000 t pro Tag. Alle Schmutzstoffe, die diesen Fluß verseuchen, erreichen eine tägliche Menge von ca. 100 000 t! Da kannst du dir vorstellen, daß man in diesem Fall kaum noch von „Wasser“ sprechen kann. Trotzdem wird für viele Holländer aus dieser Flüssigkeit noch Trinkwasser gewonnen.

Auch für die Trinkwasseraufbereitung in Deutschland ergeben sich Probleme, wenn die Reserven immer stärker durch ungeklärte Abwässer verunreinigt werden. Denn der Trinkwasservorrat ist nun einmal begrenzt und läßt sich nicht vermehren! Dabei hat man errechnet, daß für jeden Menschen pro Jahr fast 3000 t Wasser benötigt werden.

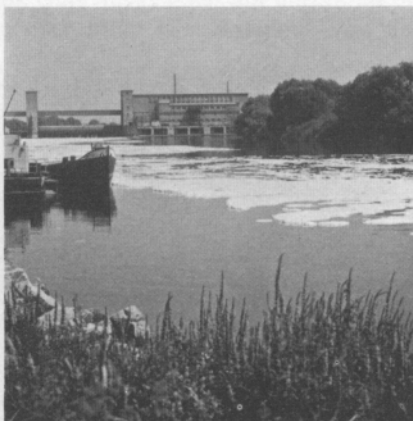


Abb. 38

Verschmutzung des Mains bei Flörsheim

- 3.15. Mit der Silbernitratlösung läßt sich noch eine Untersuchung zur Gefährdung der Luft durch PVC durchführen. Fülle in ein Marmeladenglas etwas Silbernitrat-Lösung und verbrenne anschließend in diesem Glas etwas PVC-Kunststoff. Verschließe danach das Gefäß mit dem Deckel und schüttele.

Das beim Verbrennen von PVC freiwerdende Chlor löst sich in der Silbernitrat-Lösung und reagiert damit. Deshalb bildet sich auch der weiße Niederschlag. Ebenso löst der Regen das bei der Verbrennung entstehende Chlor, so daß z. B. Pflanzen nach einem solchen Regen stark geschädigt werden können.

- 3.16. Löse in einem Reagenzglas etwas Bariumchlorid in Wasser auf. Füge etwas von der Bariumchloridlösung zu dem Oberflächenwasser.

Bildet sich ein weißer Niederschlag von Bariumsulfat, so enthält das Wasser auch Verunreinigungen mit dem Sulfatrest der Schwefelsäure. Zum Teil wird verdünnte Schwefelsäure (H_2SO_4) direkt in die Vorfluter geleitet, zum Teil auch in Form von Sulfatsalzen. Schwefelsäure fällt bei vielen industriellen Verfahren als Abfallprodukt an und wird deshalb mit dem Abwasser in Vorfluter geleitet. Zu geringen Mengen kann durch die Oxydation von Schwefeldioxid zu Schwefeltrioxid auch Schwefelsäure entstehen, wenn es in Wasser gelöst wird.

Neben den Chloriden und Sulfaten enthalten Abwässer häufig auch noch Salz der Salpetersäure, die Nitrate. Sie werden auch als Abfallprodukte eingeleitet, zum Teil aber auch aus dem Boden ausgewaschen, dem sie als Düngemittel zugegeben wurden. Auch Phosphate machen einen beträchtlichen Teil der Verschmutzung aus, und zwar ebenfalls durch Auswaschungen oder durch Haushaltsabwässer, die Waschmittellösungen enthalten. Beide Düngemittel bedrohen das Leben in den Gewässern, weil Algen und Pflanzen unverhältnismäßig gute Lebensbedingungen finden und sich deshalb besonders stark vermehren. Wird der Pflanzen- und Algenbestand aber größer, so sterben die unteren Schichten ab, weil die Sonnenstrahlen sie nicht mehr erreichen. Für den Abbau dieser Reste wird viel Sauerstoff benötigt, der dann den anderen Lebewesen fehlt. Außerdem lagert sich am Boden eine immer stärkere Schlammschicht ab, die zu einer Verlandung des Gewässers führt. Durch das übermäßige Wachstum in Gewässern durch Düngesalz – Eutrophierung genannt – kommt es zum Umkippen, das heißt Absterben, weil der Sauerstoffgehalt zu gering ist.



Fischsterben am Meer

Abb. 39

- 3.17. Du kannst den Anteil der gelösten Stoffe in deinem Flußwasser nachweisen, wenn du eine Probe davon in die Schälchen füllst und das Wasser verdunsten läßt. Neben Säuren und Salzen enthalten Vorfluter häufig noch eine Vielzahl von Verunreinigungen, die zum Teil aber auch aus Haushalten abgeleitet werden. Dazu gehören Laugen, Öle, Fette, Farbstoffe, Aldehyde und noch viele mehr.

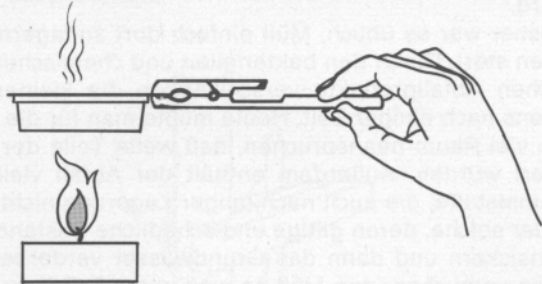


Abb. 40

- 3.18. Fülle ein Reagenzglas zur Hälfte mit Wasser und gib einige Tropfen Benzin oder Heizöl hinzu. Schüttle kräftig um und laß dann das Glas einen Augenblick ruhig stehen. Betrachte den Inhalt und rieche daran.

Benzin oder Heizöl lassen sich nicht mit Wasser mischen. Da sie spezifisch leichter sind als Wasser, schwimmen sie auf der Oberfläche. Trotzdem nimmt das Wasser den unangenehmen Geruch dieser beiden Mineralölprodukte an. Durch ausgelaufene Kraftstoffe oder Heizöl wird das Trinkwasser in starkem Maße verseucht, so daß es nicht mehr für den Menschen genießbar ist.

- 3.19. Schüttle noch einmal das Reagenzglas mit Wasser und Heizöl. Gieße dann, bevor sich die spezifisch leichteren Stoffe an der Oberfläche sammeln können, ein paar Tropfen davon in ein sauberes Reagenzglas. Fülle dieses Glas mit Wasser auf und prüfe den Geruch. Führe die Verdünnung noch einmal in derselben Weise durch und rieche wieder an dem Wasser.

Wasser, das mit Mineralölprodukten verseucht ist, behält diesen unangenehmen Geruch auch dann noch, wenn nur noch winzige Spuren der Verunreinigung darin enthalten sind. Heizöl oder Erdöl kann deshalb große Wassermengen verseuchen. Man sagt, daß 1 l Mineralöl etwa 1 Mill. l Trinkwasser ungenießbar macht. Bei auslaufendem Kraftstoff oder Heizöl ist deshalb immer große Vorsicht geboten, um eine Wasserverunreinigung zu verhindern.

- 3.20. Beträchtlichen Schaden richten Erdöl und seine Produkte an, wenn sie in großen Mengen in Gewässer geraten. Bei Tankerunfällen z. B. müssen erhebliche Anstrengungen unternommen werden, um das ausgelaufene Erdöl zu vernichten. Wie das möglich ist, kannst du selbst nachvollziehen. Fülle eine Schüssel mit Wasser und gib einige Tropfen Heizöl, Motoröl oder Benzin hinzu. Streue anschließend Sägemehl, Kreidepulver oder feinen Sand auf die Wasseroberfläche.

Das Öl lagert sich in Form von winzigen Tröpfchen an dem Sägemehl, Kreidepulver oder Sand an. Sägemehl schwimmt weiter auf dem Wasser, während die Kreide und der Sand auf den Boden sinken. Wird das Öl so beseitigt, daß es auf den Grund des Gewässers sinkt, so besteht die Gefahr, daß das Pflanzenwachstum beeinträchtigt wird. Am günstigsten ist es, wenn das Öl mit dem Sägemehl weiter an der Oberfläche schwimmt und dann durch Sperren abgetrennt werden kann.

Besondere Gefahren bringt schwimmendes Öl für Wasservögel mit sich. Das Gefieder verklebt nämlich, und die Tiere können nicht mehr fliegen.

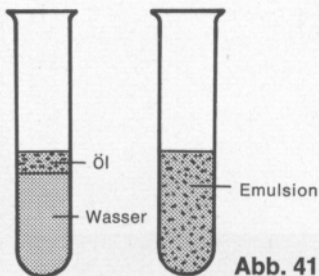


Abb. 41

4. Verschmutzung des Bodens

Neben der Verschmutzung der Luft und des Wassers wird heute auch die des Bodens lebhaft diskutiert. Dabei geht es vor allem darum, wie der Müll, der in unserer Gesellschaft in immer größerem Maße anfällt, beseitigt werden kann, ohne daß der Boden verseucht wird.

Bisher war es üblich, Müll einfach dort zu lagern, wo er am wenigsten stört. Durch den bakteriellen und chemischen Abbau der natürlichen Abfallprodukte verschwanden die kleinen Müllhalden meistens nach einiger Zeit. Heute müßte man für die Mülldeponie so viel Raum beanspruchen, daß weite Teile der Landschaft verunreinigt würden. Außerdem enthält der Abfall viele Stoffe, z. B. die Kunststoffe, die auch nach langer Lagerung nicht abgebaut werden, oder solche, deren giftige und schädliche Bestandteile in den Boden einsickern und dann das Grundwasser verderben. Man muß heute also versuchen, den Müll so weit wie möglich zu verbrennen. Allerdings darf durch die Abgase die Luft nicht verschmutzt werden. Schädliche Abfallstoffe, die nicht verbrannt werden können, müssen in unschädliche umgewandelt werden, um diese dann zu deponieren.



Müllverbrennungsanlage

Abb. 42



Mülldeponie

Abb. 43

- 4.1. Verschließe das weite Glasrohr mit dem durchbohrten Gummistopfen. Lege etwas Watte über die Öffnung und fülle das Rohr mit Sand auf, nachdem du es senkrecht in das Stativ eingespannt hast. Gieße nun wenige ml Heizöl oder Benzin in das Rohr und warte 10 Minuten. Spüle mit etwa 100 ml Wasser nach und fange es unter dem Rohr wieder auf (Abb. 44.). Prüfe den Geruch dieses Wassers.

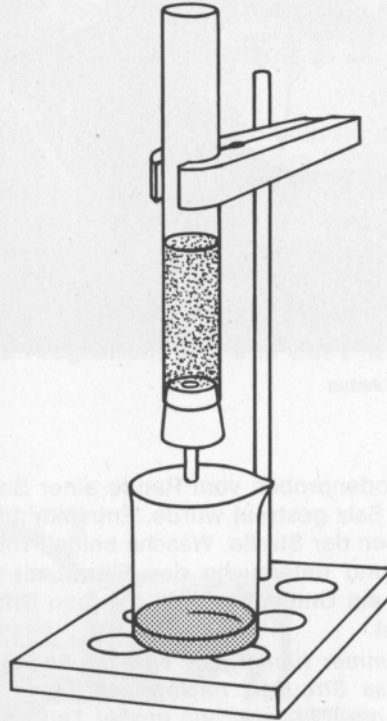


Abb. 44

Das Wasser sickert durch den Sand und wäscht dabei das Öl bzw. Benzin mit aus. Das Wasser riecht nach einiger Zeit nach dem Mineralölprodukt.

Wenn Heizöl aus einem undichten Tank im Boden versickert, so besteht immer die Gefahr, daß es durch Regenwasser ausgewaschen wird und schließlich in das Grundwasser gelangt. Trinkwasser, das aus diesem Grundwasser durch Aufbereitung gewonnen wird, kann also leicht ungenießbar werden.

- 4.2. Verwende den Aufbau aus Vers. 4.1., erneuere aber den Sand. Streue auf die Oberfläche des Sandes etwas Kochsalz und spüle dann wieder mit Wasser. Prüfe den Geschmack des durchgelaufenen Wassers und untersuche dann auch mit Silbernitrat-Lösung, ob du die Chlorid-Ionen nachweisen kannst.

Die aufgefangene Lösung schmeckt deutlich nach Salz, und auch der Niederschlag von Silberchlorid beweist, daß das Kochsalz als Lösung durchgesickert ist.

Im Winter wird auf den Straßen viel Streusalz verwendet. Streusalz ist Kochsalz, das mit Eisenoxid für den Menschen ungenießbar gemacht wird. Mit dem Schmelzwasser und dem Regen wird es in den Boden gewaschen und kann bis in das Grundwasser gelangen.



Umgestürzter Tanklastzug

Abb. 45

- 4.3. Besorge dir Bodenproben vom Rande einer Schnellstraße, auf der im Winter viel Salz gestreut wurde. Entnimm auch eine Probe etwa 5 bis 10 m neben der Straße. Wasche beide Proben wie in Vers. 4.1. und 4.2. aus und untersuche das Filtrat mit Silbernitrat-Lösung. Stelle fest, ob ein Unterschied bei gleichen Untersuchungsmengen festzustellen ist.

Bis in den Sommer hinein läßt sich im Boden unmittelbar neben Autostraßen das Streusalz nachweisen. Dann allerdings wird die Konzentration geringer, weil ein großer Teil schon mit den Niederschlägen ausgewaschen worden ist.

Philips hat das große Programm

Experimentier- und Lehrbaukästen für Elektronik, Physik, Chemie und Computertechnik. Ergänzungsfähige Serien für jedes Alter: vom Grundschulwissen bis zum ernstzunehmenden

Hobby. Zusammengestellt von Fachleuten aus den Philips Labors und Forschungsabteilungen und erfahrenen Pädagogen; vielfach ausgestattet mit Originalteilen aus der Industrie-Produktion.

Philips Experimentierkästen – das Programm, das aus der Praxis kommt.



Mit deinem **Chemie-Experimentierkasten** hast du dir ein interessantes Gebiet der Naturwissenschaften eröffnet. Darüber hinaus bietet die Philips GmbH weitere Experimentierkästen für **Chemie, Physik** und **Elektronik** an.

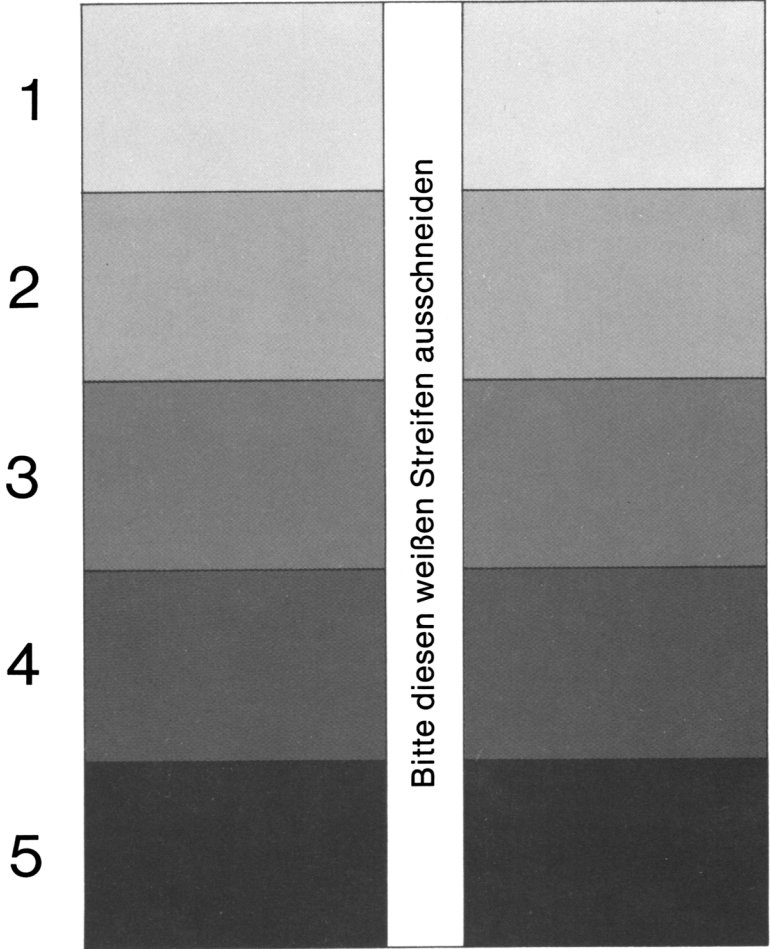
Unsere Anschrift lautet :

in Deutschland	PHILIPS GMBH Abt. Technische Spielwaren 2 Hamburg 1, Postf. 10 14 20
in Österreich	Spiel und Sport Hermann Stadlbauer 5027 Salzburg, Postfach 93
in der Schweiz	Philips Lehrspiele Willy Siegrist Aussendorfstraße 48 8052 Zürich

D

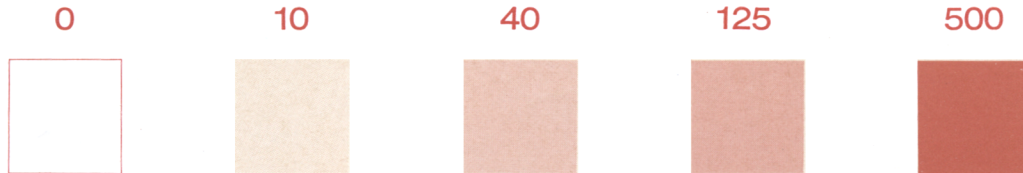


RAUCHSKALA



SULFIT-TEST-SKALA

auch zur Schwefeldioxid-Bestimmung geeignet



mg/L

Sulfit (SO_3^{2-})