

Schuco®

UMWELT LAB

ÖKOLOGIE



D

6621



Anleitungsbuch
zum Experimentierkasten
Umwelt-Lab

Vorsicht!
Chemikalien nicht in Mund und
Augen bringen.
Von Kleinkindern fernhalten.
Geeignet ab 12 Jahre.

Umwelt-Lab

Anleitungsbuch

SCHUCO EXPERIMENTIER-TECHNIK

© GEORG ADAM MANGOLD GMBH & CO. KG

Lange Straße 69 – 75, 8510 Fürth/Bayern
Telefon (09 11) 78 72-0, Telex 626 103

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und fotomechanische
Wiedergabe – auch auszugsweise – nicht gestattet.

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

Printed in Germany/Imprimé en Allemagne

Technische Änderungen vorbehalten.



Vorwort

Lieber Jung-Chemiker,
mit deinem Interesse für die Umwelt 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, belasten 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 die 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 ihr 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.

Ich wünsche dir beim Experimentieren viel Erfolg!

Ökologie

Nur wenige Themen werden in der letzten Zeit so weltweit und so heftig diskutiert wie das des Umweltschutzes.

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 schädliche Einflüsse auf das Klima und auf die Pflanzen- und Tierwelt. Darüberhinaus fällt in diesen Komplex die Belästigung des Menschen durch den Lärm.

Experimente, die in diesem Anleitungsbuch beschrieben werden, zeigen im ersten Abschnitt, unter welchen Bedingungen Pflanzen – sogenannte Bio-Indikatoren – optimal wachsen können. Anschließend werden die Faktoren der Verschmutzung der Luft, des Wassers und des Bodens vorgestellt. Weiter wird untersucht, wie schädliche Gase, Flüssigkeiten und Feststoffe den Pflanzenwuchs beeinträchtigen.

Experiment	Seite
------------	-------

Vorwort	3
Inhaltsverzeichnis des Umwelt-Lab	5
Umwelt-Lab Einzelteile	6
Hinweise für die Arbeit	10

Bio-Indikatoren

1	Bodenverhältnisse entscheiden	12
2/3	Nährstoffe sind lebensnotwendig	13
4	Feuchtigkeit darf nicht fehlen	14
5/6	Volldünger – eine Vollnahrung	15
7	Licht ist notwendig	15

Luftverschmutzung

8/9	Kalkwasser-Nachweis für CO ₂	17
10-14	Fossile Brennstoffe erzeugen CO ₂	18
15	Kohlensäure zerfällt	19
16	Schwefeldioxid – der Schadstoff	21
17	Schweflige Säure und Schwefelsäure	22
18	Sulfit-Nachweis	23
19	Sulfat-Nachweis	23
20	Sulfit-Ionen	24
21-25	Eigenschaften des Schwefeldioxids	24
26	SO ₂ im Autoabgas	24
27/28	SO ₂ zerstört Farbstoffe	27
29-33	Chromatografie	28
34	Nitrit-Nachweis	28
35/36	Stickstoffdioxid in Autoabgasen	30
37/38	Salpetersäure	30
39/40	Rauch-Skala	31
41	Staub in der Luft	39
42-44	PVC erzeugt Salzsäuregas	33
45	Chlor-Nachweis	35
46-51	Schadstoffe im Regenwasser	36
52	Elektrofilter	36

Experiment	Seite
------------	-------

Verschmutzung des Wassers

53/54	Verschmutztes Oberflächenwasser	38
55-58	Maß für die Säurestärke – ph-Wert	38
59-62	Säurerest-Ionen im Oberflächenwasser	40
63-66	Ionen im Trinkwasser	42
67/68	Feste Schmutzstoffe	43
69-72	Ist Wasser „hart“?	43
73-75	Wasserhärte	43
76/77	Farbig – farblos	44
78	Destilliertes Wasser	45
79-81	Erdöl – Feind des Trinkwassers	45

Verschmutzung des Bodens

82/83	Sand reinigt	48
84-88	Ionen im Boden	48


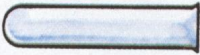


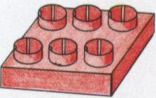


Bio-Indikatoren


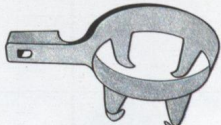




reagieren auf Schadstoffe

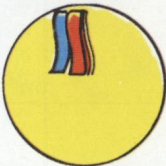


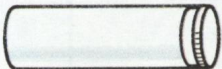
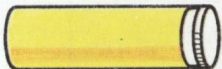

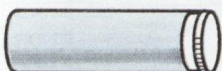

89	Gesunde Indikatoren	50
90-93	Produkte im Haushalt schädigen	50
94	Heizöl verseucht den Boden	51
95-98	Gase töten Pflanzen	52
99/100	Pflanzen und Nikotin	55
101/102	Keimung behindert	56
103	So wandern Nähr- und Schadstoffe	57

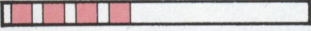
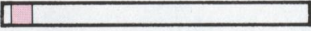

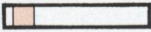
Farbtabelle für Teststreifen

Umwelt-Lab Einzelteile


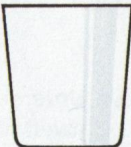


Teil	Bestell-Nr.	Bezeichnung	Inhalt
	349.4002	Erlenmeyerkolben (Jenaer Glas)	1
	349.4005	Reagenzglas, groß (Jenaer Glas)	4
	349.4008	Glasrohr	1
	349.4010	Porzellanschale	1
	349.4367	Reagenzglasständer	1
	349.4013	Ständerstab	1
	349.4014	Federklammer	1

Teil	Bestell-Nr.	Bezeichnung	Inhalt
	349.4015	Reagenzglasklammer	1
	349.5119	Glashalter	1
	349.4016	Spiritusbrenner	1
	349.4018	Docht	1
	349.4020	Verbrennungslöffel	1
	349.4024	Trichter	1

Teil	Bestell-Nr.	Bezeichnung	Inhalt
	349.4310	Filtrierpapier mit Streifen Universal-Indikator (am Filtrierpapier)	10 10
	349.4029	Verschlußstopfen	1
	349.4030	Gummistopfen, einfach durchbohrt	1
	349.4040	Vorratsröhrchen mit gebranntem Kalk	1
	349.4046	Vorratsröhrchen mit Schwefel	1
	349.4319	Vorratsröhrchen mit Holzkohle	1
	349.4311	Vorratsröhrchen mit Volldünger	1
	349.4312 wie Flasche	Plastik-Flasche für Kalkwasser Verschluß für Flasche	1 1

Teil	Bestell-Nr.	Bezeichnung	Inhalt
	349.4313	Teststreifen Sulfat, lang, vier Testzonen	5
	349.4314	Teststreifen Sulfit, lang, eine Testzone	5
	349.4315	Teststreifen Nitrat, lang, zwei Testzonen	5
	349.4316	Teststreifen Nitrit, kurz, eine Testzone	8

Achtung: Alle Teststreifen müssen in verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden.

	349.4214	Stab aus weichmacherhaltigem PVC	1
	349.4317	Becher	8
	349.4318	Marmorstückchen	1
	349.4149	Schutzbrille	1
	349.4297	Anleitungsbuch	1

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.

1. Umweltschutz beginnt in deiner nächsten Umgebung! Das solltest du auch beim Experimentieren bedenken. Arbeite deshalb immer nur mit **sehr kleinen Mengen** der angegebenen Chemikalien.

2. Chemikalien dürfen niemals in Eß- oder Trinkgefäßen aufbewahrt werden. Chemikalien nie in den Mund nehmen!

3. 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.
4. 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.
5. Vor der Ausführung eines Experiments solltest du die Anweisung immer erst ganz lesen, damit dir die einzelnen Arbeitsschritte klar werden.
6. 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.

7. Wenn du an einem Vorratsröhrchen oder Reagenzglas mit unbekanntem Inhalt riechen willst, halte niemals die Nase darüber. Fächele dir mit der Hand über dem Gefäß etwas Luft zu. Manche Chemikalien haben nämlich einen sehr stechenden Geruch.

8. 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 (siehe Seite 25).

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.

10. Auch chemische Experimente zur Untersuchung der Umweltverschmutzung dürfen die Umwelt nicht zusätzlich verschmutzen.

Alle festen Abfallstoffe beim Experimentieren gehören in den Mülleimer, damit sie fachgerecht verbrannt oder deponiert werden.

Flüssige Abfälle sollen vor dem Einleiten in den Abfluß **neutralisiert** werden. Dazu ein kleines Stück Universal-Indikator-Papier in die Flüssigkeit halten und mit der Skala zum Universal-Indikator-Papier vergleichen. Hat es eine Farbe etwa um 7 herum, kann fortgegossen werden. Ist der Wert kleiner als 7, tropfenweise mit Seifenlösung versetzen, bis ein Wert um 7 erreicht ist.

Ist der Wert größer als 7, vorsichtig soviel Essig hinzufügen, bis wieder etwa 7 erreicht ist.

11. Vor dem ersten Experiment mußt du den Spiritusbrenner mit Brennspritus füllen, den du in jeder Drogerie erhältst. Benutze dazu den Trichter, der zur Ausstattung dieses Experimentierkastens gehört. Dann mußt du den Docht durch den Dochthalter ziehen und in den Brenner einsetzen, so daß der Docht etwa 5–10 mm übersteht. Stelle vor dem Entzünden die Spiritusflasche beiseite.

Soll der Brenner später nachgefüllt werden, so mußt du **auf jeden Fall vorher die Flamme löschen.**



12. Glasgefäße, auch solche, die als hitzebeständig gelten, müssen beim Erhitzen sorgfältig behandelt werden, damit sie nicht zerspringen. Achte deshalb immer darauf, daß sie außen trocken sind, bevor sie in die Flamme gehalten werden. Besonders empfindlich sind Glasgeräte gegenüber plötzlichen Temperaturschwankungen. Erhitztes Glas darf also niemals in kaltes Wasser getaucht werden.
13. Es empfiehlt sich, daß du bei den Experimenten eine Schutzbrille trägst.
14. Alle Experimente sollen nur mit sauberen Geräten durchgeführt werden. Glas- und Porzellangefäße können leicht mit Wasser gereinigt werden, dem du etwas Spülmittel beigibst. Hartnäckige Verschmutzungen, besonders Kalkrückstände, lassen sich mit verdünnter Salzsäure entfernen. Du mußt allerdings immer mit klarem Wasser nachspülen.
Ein guter Rat zum Schluß: Am einfachsten lassen sich die Geräte sofort nach dem Experiment reinigen.
15. Wenn du gerade nicht experimentierst, stelle dein Umwelt-Lab so fort, daß es auf keinen Fall in die Hände von Kleinkindern gelangen kann.
Und nun viel Spaß bei der Arbeit und gutes Gelingen.

Aufbau aus:

- 4002 Erlenmeyerkolben
- 5119 Glashalter
- 4014 Federklammer
- 4013 Ständerstab
- 4016 Spiritusbrenner
- 4012 Grundplatte



Eingriff des Menschen in die Waldlandschaft

Nachdem der Mensch seit Jahrhunderten in die natürlich gewachsene Landschaft eingegriffen und sie nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten gestaltet hat, kann man sich heute kaum noch vorstellen, wie die Natur ohne Einwirkung aussehen würde.

Schwerwiegend sind jedoch die Gefahren für die Natur durch das starke Anwachsen der Industrie und die Ausweitung der Motorisierung. In manchen Gegenden ist das Leben durch Luft-, Wasser- und Bodenverschmutzungen so gefährdet, daß einer weiteren Umweltbelastung unbedingt Einhalt geboten werden muß.

Erfreulicherweise ist uns in den letzten Jahren verstärkt bewußt geworden, daß die Welt, in der wir leben, nicht weiterhin so gedankenlos verändert oder gar zerstört werden darf. Wir bemühen uns auch um die Behebung der eingetretenen Schäden, müssen aber in weit stärkerem Maße Umweltschäden für die Zukunft verhindern.

Neuerdings werden besonders umweltfreundliche Bemühungen im Konstruktionsbereich und bei der Verwendung chemischer Substanzen durch Auszeichnung mit dem Umweltzeichen (Abb.) besonders gefördert.



Unter dem Stichwort „Ökologie“ untersucht man die Wechselwirkungen zwischen den Lebewesen und der unbelebten Natur. Das bedeutet z. B., welche Beziehungen zwischen Boden und Pflanzen oder zwischen Pflanzen und Luft bestehen. Durch die Eingriffe des Menschen werden die natürlichen Wechselwirkungen oft gestört oder durch Schadstoffe erheblich belastet.

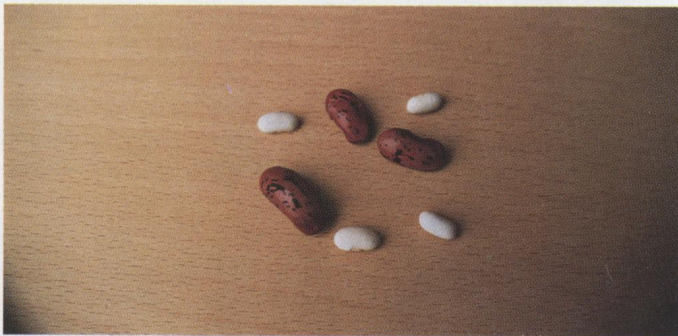
Wie lassen sich nun die Auswirkungen von Schadstoffen erkennen?

Die Reaktionen von lebenden Anzeigern – das sind z. B. Pflanzen, die durch Änderungen im Wuchs oder durch Absterben die Auswirkungen von Schadstoffen aufzeigen – geben Aufschluß darüber, wie es um die Einwirkungen dieser Schadstoffe auf die Umwelt bestellt ist. Diese lebenden Anzeiger heißen **Bioindikatoren**.

Die Versuche in diesem Anleitungsbuch sollen einerseits Möglichkeiten aufzeigen, Schadstoffe zu erkennen, zum anderen mit Bioindikatoren, lebenden Anzeigern also, die Auswirkungen auf den Pflanzenwuchs zu untersuchen.

Damit Pflanzen als Bioindikatoren verwendet werden können, muß man zunächst die Bedingungen für einen normalen Pflanzenwuchs feststellen. Durch vergleichende Untersuchungen können dann die Auswirkungen verschiedener Schadstoffe auf den Pflanzenwuchs ermittelt werden.

In den nachfolgenden Versuchsreihen sollen Bohnen als Bioindikatoren dienen. Dem Experimentierkasten ist keine Bohnensaat beigelegt worden, da aufgrund unterschiedlicher Lagerungszeiten die Keimfähigkeit nicht gewährleistet ist. Du mußt dir deshalb zunächst Bohnensamen besorgen, die du in jedem Gartenbedarfs-Geschäft erhältst.



In Experiment 1 werden in einem Reihenversuch jeweils drei Bohnen wie in der Tabelle angegeben in verschiedenen Pflanzschalen zur Keimung angesetzt. (Abb.). Probe 4 ist für eine zusätzliche Untersuchung vorgesehen.

Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
Sand	Watte	Blumenerde	Blumenerde
feucht	feucht	feucht	feucht

Die Pflanzschalen sollten an einem hellen Ort, z. B. auf der Fensterbank, und möglichst zugfrei aufgestellt werden.



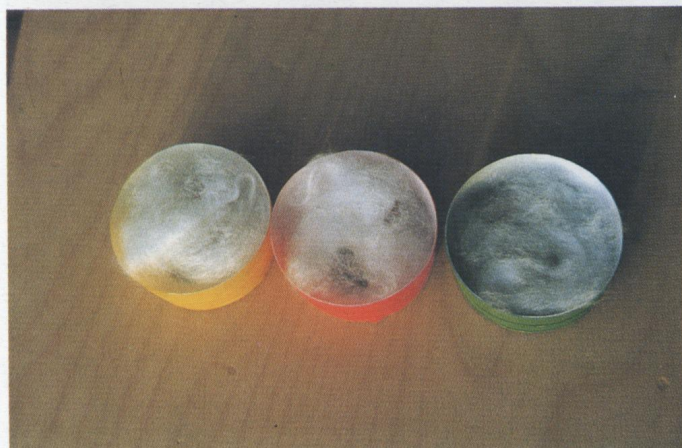
Nach 3 – 4 Tagen haben alle Proben einen Keimling ausgebildet (Abb.). Werden diese Experimente im Winter durchgeführt, können sie auch länger dauern. Läßt man die Bohnenpflanzen ca. 10 – 12 Tage unter gleichen Bedingungen bei regelmäßiger Feuchtigkeitzufuhr wachsen, so kann man bald feststellen, daß in Sand und Watte das Wachstum langsamer verläuft. Blumenerde enthält die beste Zusammensetzung an Nährstoffen für das Pflanzenwachstum, reiner Sand dagegen ist nährstoffarm (Abb.).

Auch Leitungswasser allein kann den Nährstoffbedarf nicht decken. Ein ausreichendes Nährstoffangebot ist für die Entwicklung der Pflanzen von grundlegender Bedeutung, da es sonst zu Mangelerscheinungen kommt, wie z. B. verzögertes Wachstum. Anmerkung: Die Pflanze in der Schale mit Sand ist noch für eine weitere Untersuchung vorgesehen.



Die Auswirkungen eines unterschiedlichen Nährstoffangebots lassen sich mit einer Vergleichsuntersuchung wie in Experiment 2 aufzeigen.

Dazu füllst du 3 Pflanzschalen mit Watte, legst in jede Schale 2 – 3 Bohnensamen und deckst die Bohnen mit etwas Watte ab (Abb.). Die Proben werden nun unterschiedlich begossen.



Probe 1	Probe 2	Probe 3
Leitungswasser	destilliertes Wasser ¹⁾	Nährlösung, Volldünger in Wasser

¹⁾ Destilliertes Wasser erhältst du in jeder Apotheke oder an Tankstellen.

Nach etwa 3 – 4 Tagen bilden alle Proben Keimlinge aus, ohne daß nennenswerte Unterschiede erkennbar sind. Die in den Bohnensamen gespeicherten Nährstoffe bieten für alle die gleichen Bedingungen für die Keimung.

Je länger die Proben den Anweisungen entsprechend begossen werden, desto deutlicher zeigen sich Wachstumsunterschiede (Abb.).



Das stärkste Wachstum ist bei Probe 3 (Nährlösung) zu beobachten, das geringste Wachstum bei Probe 2 (destilliertes Wasser).

Die Nährlösung aus Volldünger enthält alle lebensnotwendigen Bestandteile, die die Pflanze für das Wachstum braucht. Sie gedeiht deshalb auch ohne Erdreich, da die Nährstoffe über das mit Volldünger angereicherte Gießwasser zugeführt werden. Leitungswasser enthält auch noch soviel Salze, mineralische Nährstoffe also, daß die Pflanze ebenfalls ohne Erdreich gedeihen kann. Aufgrund des wesentlich geringeren Nährstoffvorrats ist das Wachstum langsamer und weniger üppig.

Destilliertes Wasser enthält keine Nährstoffe. Die Pflanze wächst zwar noch einige Zeit, wenn auch langsam. Sie verkümmert aber, wenn der Nährstoffvorrat aus dem Samen aufgebraucht ist.

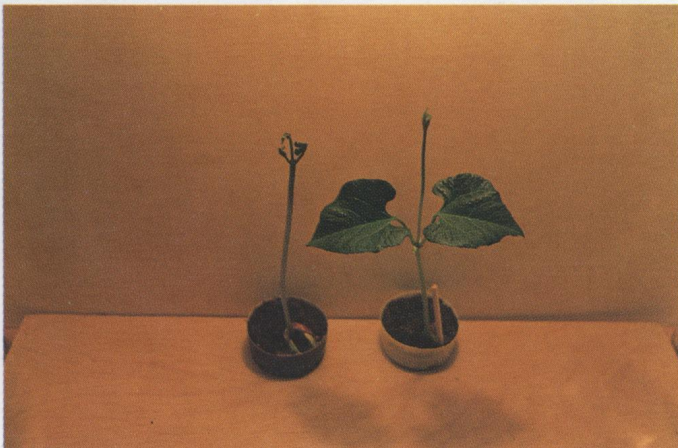


In Experiment 3 setze wieder Bohnen in Pflanzschalen mit Watte, Sand und Blumenerde, halte die Proben aber trocken. Nach einem vergleichbaren Zeitraum von 3 – 4 Tagen – und auch noch später – ist keine Auskeimung zu erkennen. Die Bohnensamen können wieder aus den Pflanzschalen entfernt werden, damit die Schalen für weitere Experimente zur Verfügung stehen.



In Experiment 4 wird einer ausgekeimten Bohnenpflanze in Blumenerde – Probe 4 aus Experiment 1 – nach 7 Tagen keine Feuchtigkeit mehr zugeführt, d. h. sie wird nicht mehr begossen. Nach einiger Zeit, abhängig davon, wie feucht die Probe vor dem Experiment war, beginnt die Pflanze zu verkümmern und verdorrt schließlich ganz (Abb.).

Neben dem Nährstoffangebot ist Feuchtigkeit, also Wasser, eine Grundvoraussetzung für die Entwicklung und Erhaltung des Lebens auf der Erde.

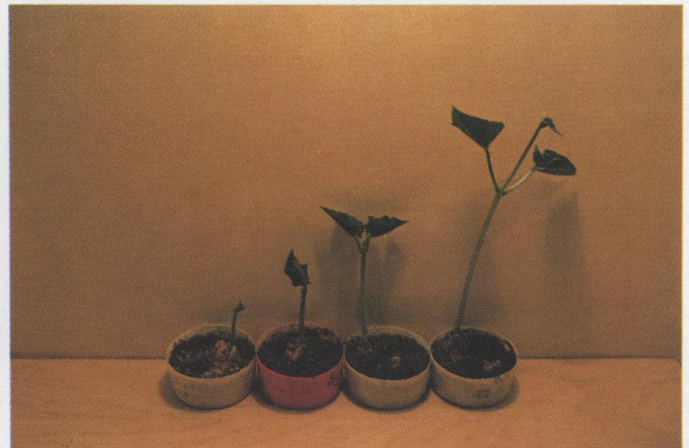


Der Wasserbedarf, einschließlich der Nahrungsmittel, beträgt bei einem erwachsenen Menschen mindestens drei Liter pro Tag. Bei großen grünen Pflanzen ist der Tagesbedarf an Wasser sehr viel höher. Ein mittelgroßer Laubbaum hat einen täglichen Wasserverbrauch von durchschnittlich 70 Litern, an heißen Tagen bis zu 500 Litern. 1 Hektar Anbaufläche Getreide verbraucht in der Zeit von der Saat bis zur Ernte 175 000 Liter Wasser.

In Experiment 1 konntest du beobachten, daß die Pflanze in reinem Sand aufgrund des geringeren Nährstoffgehaltes nach 8 – 10 Tagen einen deutlichen Wachstumsrückstand gegenüber der in Blumenerde hatte.



Löse jetzt etwas Volldünger in Wasser auf und begieße die in Sand aufgegangene Pflanze mit dieser Nährlösung. Schon 2 – 3 Tage nach der ersten Düngergabe zeigt die Pflanze einen deutlichen Wachstumsschub. Volldünger enthält in seiner chemischen Zusammensetzung alle Nährstoffe, die eine Pflanze für ihr Wachstum benötigt.



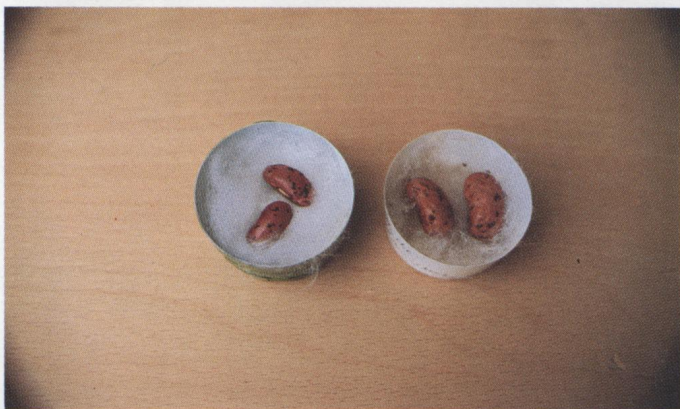
Um die menschliche Ernährung zu sichern, ist eine ausreichende Fruchtbarkeit der Ackerböden die wichtigste Grundlage. Wenn den Äckern aber mit jeder Ernte bedeutende Nährstoffe entzogen werden, tritt schnell eine Verarmung ein, wenn der Mensch nicht für einen Ausgleich sorgt.

Die seit alters her eingesetzten Wirtschaftsdünger, wie Mist, Kompost und Jauche reichen meist nicht mehr aus, um den Verlust auszugleichen. Fehlende Nährstoffe müssen deshalb durch mineralische Düngemittel ergänzt werden. Der in diesem Versuch verwendete Volldünger ist so ein mineralisches Düngemittel.

Die von der chemischen Industrie erzeugten Mineraldünger bestehen aus Salzen, die die Elemente Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium und außerdem für den Pflanzenwuchs ebenfalls wichtige Spurenelemente enthalten. Für die Aufnahme durch die Pflanzenwurzeln müssen diese Salze in Wasser löslich sein.



Für Experiment 6 setze in einer Pflanzschale Bohnensamen in Watte. Stelle dir eine konzentrierte Lösung aus Volldünger und Wasser her und feuchte die Watte reichlich an.

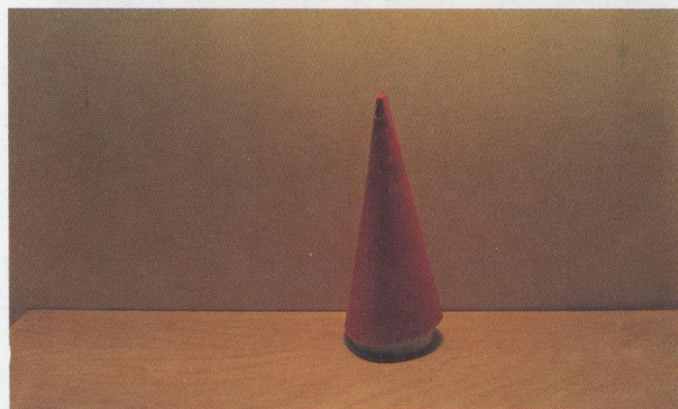


Nach der üblichen Keimungszeit von 3 – 4 Tagen sind die Bohnensamen zwar leicht gequollen, aber es hat sich kein Keim ausgebildet. Die konzentrierte Nährstoffzufuhr bewirkt nicht, wie man annehmen könnte, ein verstärktes Wachstum, sondern verhindert im Gegenteil bei sehr starker Konzentration die Entwicklung des pflanzlichen Lebens. Eine Überdüngung mit chemischen Düngemitteln ist also dem Pflanzenwuchs abträglich und muß deshalb vermieden werden. Für ein optimales Wachstum müssen den Pflanzen alle Nährstoffe in bestimmten Mengen zur Verfügung stehen. Der Bedarf ist allerdings bei den verschiedenen Pflanzenarten recht unterschiedlich.

Schon vor mehr als hundert Jahren stellte der deutsche Chemiker Justus von Liebig das **Gesetz des Wachstumsminimums** auf. Es besagt, daß das Wachstum einer Pflanze sich nach dem Nährstoff richtet, der am wenigsten vorhanden ist. Danach ist es nicht möglich, den Mangel eines bestimmten Nährstoffes durch vermehrte Zugabe anderer Nährstoffe auszugleichen.



Für Experiment 7 setze drei Bohnensamen in eine Pflanzschale mit Blumenerde und halte sie feucht. Fertige dir aus einem Stück Karton (Hefdeckel) ein Papierhütchen und setze es auf die Pflanzschale (Abb. Foto).



Untersuche nach 3 – 4 Tagen, ob die Bohnen gekeimt haben, setze aber das Papierhütchen wieder auf. Kontrolliere nach ca. 8 Tagen.

Die Bohnen keimen nach 3 – 4 Tagen aus. Eine Kontrolle nach 8 Tagen ergibt, daß die Pflanzen unter dem Papierhütchen eine blaß-weiße Farbe haben. Läßt man die Pflanze noch einige Zeit ohne Lichteinfall wachsen, verkümmert sie schließlich.

Zur Ausbildung des grünen Pflanzenfarbstoffes, Chlorophyll genannt, ist Licht notwendig. Ohne Licht können Pflanzen nicht gedeihen, auch wenn Nährstoffe und Feuchtigkeit ausreichend vorhanden sind.

Die Luftverschmutzung

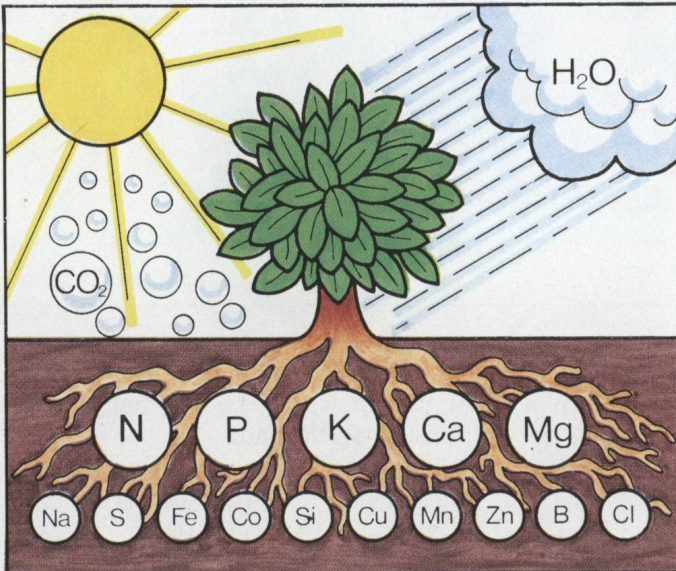


Abgase eines Flugzeugs

Saurer Regen – das ist der Begriff, der mit den Schäden in den Wäldern Europas immer wieder in einem Atemzug genannt wird. Ganz harmlos sah es zunächst noch aus, als die ersten Bäume und kleine Waldstücke erkrankten, und nur wenige wollten auch so recht wahrhaben, daß die hemungslose Verschmutzung der Luft die Ursache für diese Schäden ist. Zunächst fielen nur die gelben Nadeln der **Tannen** auf, und das Absterben bei dieser Baumart ging rapide voran. Dann zeigten andere **Nadelgehölze** dieselben Erscheinungen, und inzwischen sind auch die **Laubbäume** schwer in Mitleidenschaft gezogen worden.

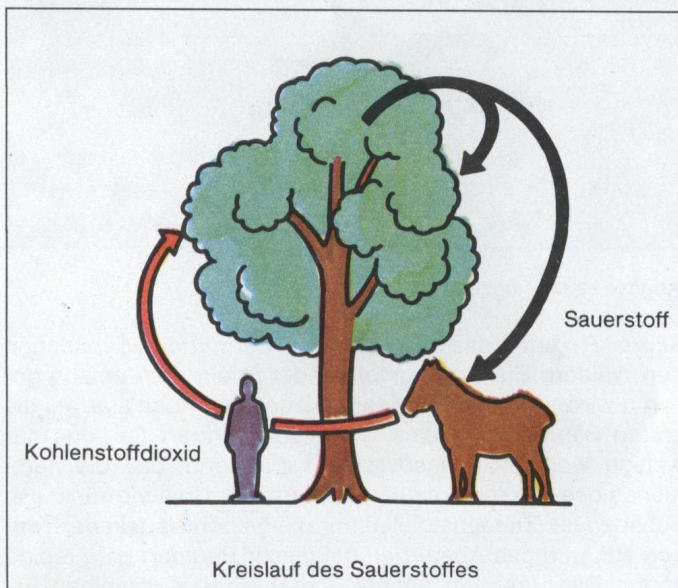
Die Angaben über den Umfang der Schäden schwanken. Ohne Übertreibung kann man wohl sagen, daß 1983 nahezu 600 000 Hektar Wald in der Bundesrepublik Deutschland geschädigt sind, das entspricht ca. 8 % der gesamten Waldfläche. Das darf so nicht weitergehen! Häufig wird bewußt gesündigt, manchmal auch aus Unkenntnis: Deshalb sollst du in diesem Abschnitt erfahren, wo die Ursachen für die Verschmutzung der Luft liegen.

Eine chemische Verbindung, die noch am wenigsten für das Waldsterben verantwortlich gemacht werden kann, ist das **Kohlenstoffdioxid** (CO_2), nach älterer Bezeichnung auch Kohlendioxid oder – fälschlich – Kohlensäure genannt. Trotz der relativen Ungefährlichkeit muß es im Zusammenhang mit der Luftverschmutzung genannt werden.



Was die Pflanze zum Leben braucht

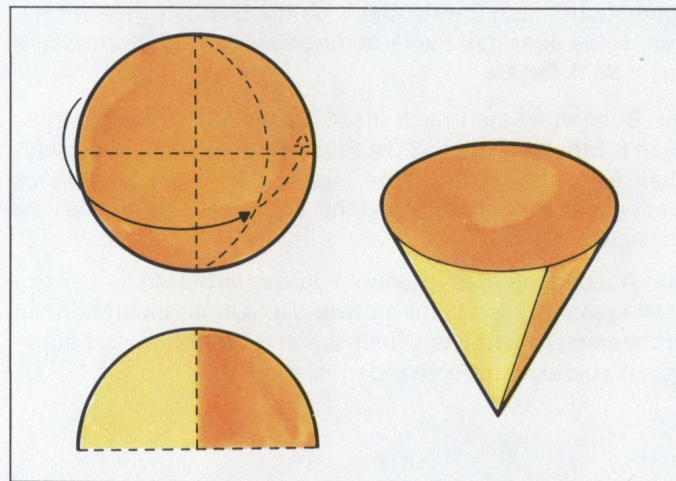
Die natürliche Luft enthält bereits etwa 0,03 % Kohlenstoffdioxid, und dieser Wert bleibt in einer gesunden Umwelt weitgehend erhalten, weil die Pflanzen das Kohlenstoffdioxid zur Assimilation benötigen und Sauerstoff abgeben, Menschen und Tiere aber nehmen Sauerstoff auf und geben Kohlenstoffdioxid ab. Daraus entsteht ein gesunder **Kreislauf**:



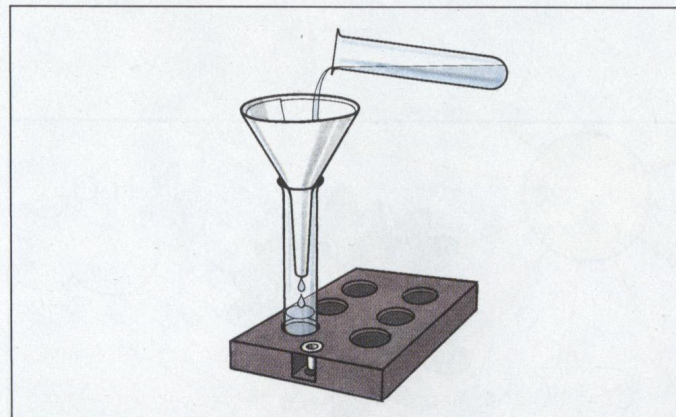
Der chemische Nachweis des Kohlenstoffdioxids ist schnell mit Kalkwasser erbracht, das du selbst herstellen kannst.

Gib in ein Reagenzglas soviel gebrannten Kalk (Calciumoxid), daß gerade die Bodenrundung des Glases gefüllt ist. Fülle dann mit Wasser auf und schüttle kräftig, nachdem das Glas mit dem Stopfen verschlossen wurde.

Zum Filtrieren dieser Lösung falte ein Blatt Filtrierpapier wie in Abb., daß ein Viertelkreis entsteht. Öffne dann das Papier so, daß drei Blätter zur einen und eins zur anderen Seite gelegt werden. Nun paßt das Filtrierpapier in den Trichter. Es schmiegt sich besser in den Trichter, wenn es mit einem Tropfen Wasser angefeuchtet ist.

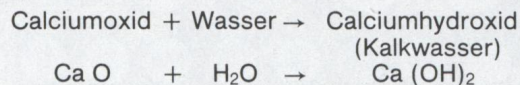


Stecke den Trichter in ein zweites Reagenzglas und gieße die Kalklösung in den Trichter.



Die klare Flüssigkeit, die sich im unteren Glas sammelt, heißt **Kalkwasser**.

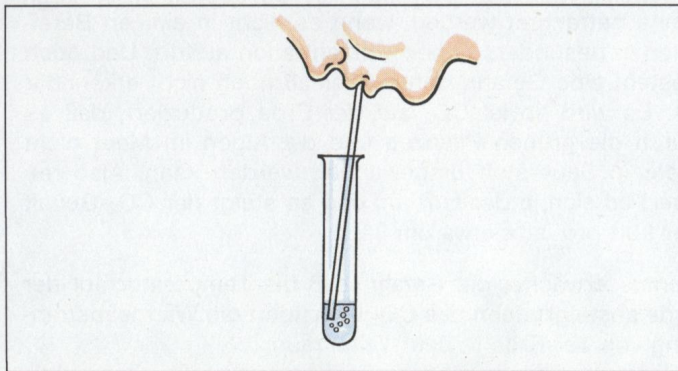
Für denjenigen, der sich etwas mit chemischen Formeln auskennt, hier die Reaktionsgleichung:



Diese Gleichung wird so gelesen: Calciumoxid und Wasser reagieren miteinander und bilden Calciumhydroxid.

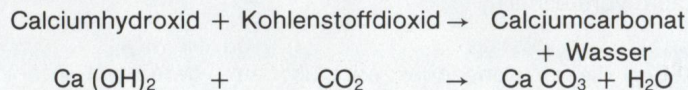


Fülle etwa zwei Finger hoch Kalkwasser in ein Reagenzglas und blase vorsichtig mit dem Glasrohr – vorher gründlich abspülen – Atemluft in das Kalkwasser.



Du wirst schon nach kurzer Zeit feststellen, daß sich das Kalkwasser milchig trübt. Das ist der Nachweis dafür, daß in der ausgeatmeten Luft Kohlenstoffdioxid enthalten ist, und zwar etwa 4 %.

Die chemische Reaktion verläuft nach folgender Gleichung:



Das Calciumcarbonat, das bei dieser chemischen Reaktion entsteht, ist im Wasser unlöslich und fällt deshalb als Niederschlag aus. Das wird durch die Trübung sichtbar.

Das Kohlenstoffdioxid in der Atemluft und auch in geschlossenen Räumen, wo der Anteil steigt, ist für den Menschen ungefährlich. Steigt aber der Anteil auf über 7 %, so tritt beim Menschen Tod durch Ersticken ein. Das ist eine Kohlenstoffdioxid-Vergiftung.

In einem völlig abgeschlossenen Raum von ca. 2,5 × 2,5 m Grundfläche und 2,5 m Höhe kann ein Erwachsener ca. 70 Stunden am Leben bleiben. Dann ist der Kohlenstoffdioxid-Gehalt auf über 7 % angestiegen.



Erhebliche Mengen an Kohlenstoffdioxid (CO₂) produzieren die Kraftfahrzeuge im Betrieb. Mit den Auspuffgasen, die eine Mischung vieler chemischer Verbindungen darstellen, entweicht auch sehr viel CO₂ in die Umwelt. Das läßt sich leicht nachweisen. Fülle etwas Kalkwasser in den Erlenmeyerkolben – der Boden sollte gut bedeckt sein – und halte es für einen Augenblick vor das Auspuffrohr eines Autos mit laufenden Motor.

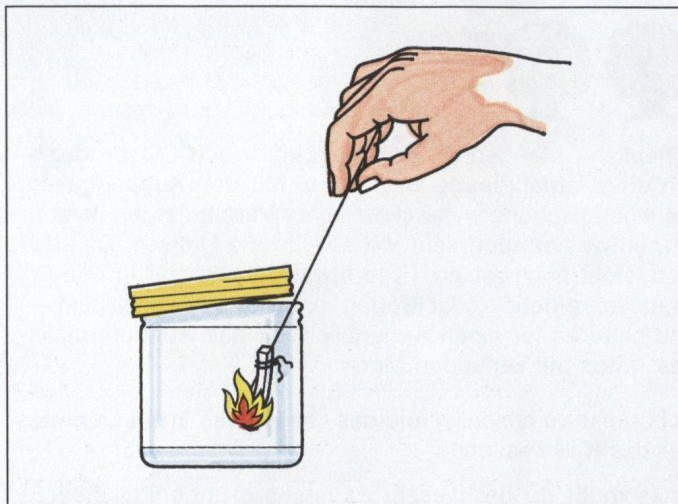
Schüttelst du anschließend das Glas etwas, trübt sich wieder das Kalkwasser.

Eines mußt du bei diesem Experiment unbedingt beachten: Der Versuch darf nur im Freien durchgeführt werden, **auf gar keinen Fall in einer Garage**. Die Gefahr einer Vergiftung ist sonst sehr groß.

In den beiden letzten Experimenten trübte sich das Kalkwasser sehr schnell, weil der CO₂-Gehalt sehr hoch war. Wenn du etwas Kalkwasser in einem Reagenzglas einen Tag stehen läßt, merkst du auch, wie das CO₂ der Umgebung mit dem Kalkwasser reagiert. Allerdings dauert es etwas länger bis zum Einsetzen der chemischen Reaktion, und sie setzt auch nicht so heftig ein.



Zum Erkennen weiterer Verursacher von CO₂ sollten die nächsten Versuche möglichst mit einem alten Marmeladenglas durchgeführt werden. Kennzeichne es, um Verwechslungen zu vermeiden, durch ein großes Schild mit einem Totenkopf! Schneide dir einen Streifen von etwa 1 cm Breite und 5 cm Länge aus einer Plastiktüte und binde ihn unten an den Verbrennungslöffel. Fülle dann etwas Kalkwasser – Boden gut bedeckt – in das Marmeladenglas. Entzünde ein Ende des Plastikstreifens und tauche ihn dann schnell in das Marmeladenglas, das du so weit wie möglich wieder mit dem Deckel schließt.



Wenn der Kunststoff verbrannt ist, verschließe das Glas mit dem Deckel und schüttle. Du wirst feststellen, daß sich dann auch wieder das Kalkwasser trübt.

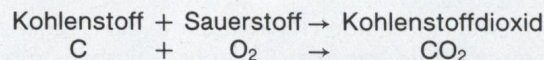
Bei der Verbrennung von Plastikabfällen, wie sie in riesigen Mengen im Haushalt anfallen, entsteht ebenfalls Kohlenstoffdioxid. In Müllverbrennungsanlagen und in häuslichen Öfen entweicht das CO₂ aus den Schornsteinen in die Luft.



Die Verbrennungen sind es übrigens allgemein, die der Umwelt CO₂ zuführen. Entzünde einen langen Holzspan und tauche ihn — wie im vorigen Experiment — in ein altes Marmeladenglas mit etwas Kalkwasser. Weise anschließend durch Schütteln des verschlossenen Glases das CO₂ in den Verbrennungsgasen nach.

Brennstoffe — genauer alle **fossilen Brennstoffe** — erzeugen beim Verbrennen Kohlenstoffdioxid. Dazu zählen Kohlen und Holz ebenso wie Heizöl, Briketts, Benzin und Dieselkraftstoff.

Alle diese chemischen Verbindungen enthalten das chemische Element **Kohlenstoff**, Elementsymbol **C**. Dieser Kohlenstoff reagiert mit dem Sauerstoff der Luft und bildet Kohlenstoffdioxid.



Eigentlich muß das CO₂ nicht als Schadstoff im engeren Sinne betrachtet werden, wenn es nicht in einigen Bereichen in besonders hoher Konzentration auftritt. Und doch besteht eine Gefahr, deren Ausmaß noch nicht erkennbar ist: Es wird soviel CO₂ auf der Erde produziert, daß es durch die grünen Pflanzen und die Algen im Meer nicht mehr in Sauerstoff umgewandelt werden kann. Also reichert es sich in der Luft an, und es steigt der CO₂-Gehalt der Luft pro Jahr etwa um 0,2 %.

Daraus erwächst die Gefahr, daß die Temperatur auf der Erde ansteigt; denn das CO₂ verhindert die Wärmeabstrahlung von der Erde in den Weltenraum.

Eine Temperaturzunahme nur um durchschnittlich 1°C auf der Erde würde aber schon katastrophale Folgen haben, weil dann voraussichtlich das Eis an den Polen der Erde abschmelzen und der Wasserspiegel der Meere um mehrere Meter ansteigen würde. Die Überschwemmungen sind kaum vorstellbar!

Neben diesen Konsequenzen muß damit gerechnet werden, daß bei einem weiteren Anstieg des CO₂-Gehalts das biologische Gleichgewicht nachhaltig gestört würde. Diese Folgen sind auch noch gar nicht vorhersehbar.



Im letzten Versuch zum CO₂ soll noch aufgezeigt werden, in welcher Weise das Kohlenstoffdioxid der Luft mit dem Regenwasser reagiert. Fülle dazu etwas Wasser in ein Marmeladenglas und verbrenne noch einmal einen langen Holzspan in dem Glas. Verschließe es nach dem Verlöschen und schüttle kräftig.

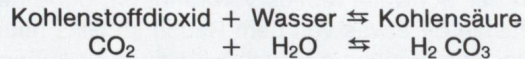


Wirf dann ein etwa 1 cm langes Stück vom **Universal-Indikatorpapier** in das Glas und vergleiche die Farbe nach kurzer Zeit mit der dazugehörigen Skala.

Der Streifen nimmt eine Farbe an, die etwa unter den Ziffern 5 oder 5.5 auf der Skala liegt.

Alle Flüssigkeiten, die einen Wert kleiner als 7 haben, sind **Säuren**. Die Lösung von CO_2 in Wasser ist also eine Säure, und zwar die **Kohlensäure**.

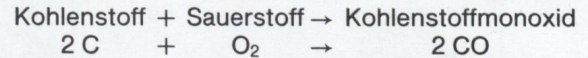
Sie ist allerdings nur eine schwache Säure und noch eine unbeständige dazu. Sie macht auch nur zu einem unerheblichen Teil den sauren Regen aus, aber es ist doch eine Säure.



Der Doppelpfeil gibt an, daß die Verbindung auf der rechten Seite auch wieder in die Bestandteile auf der linken Seite zerfällt.

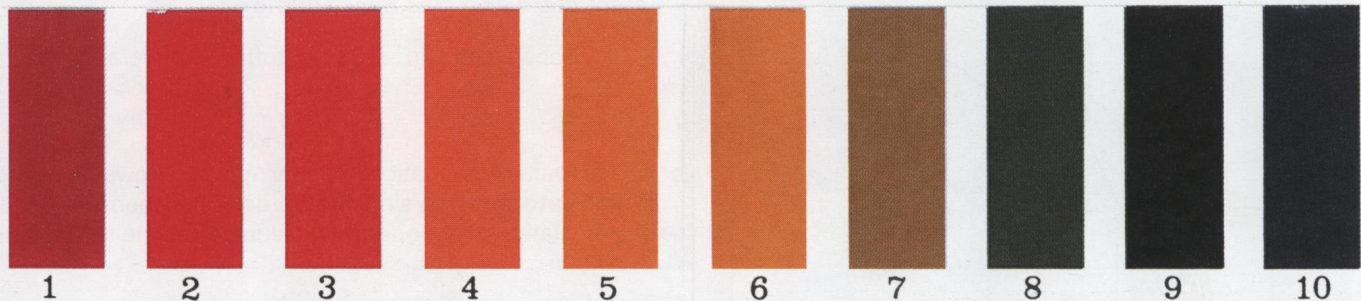
Diesen chemischen Zerfall kennst du übrigens vom Öffnen einer Sprudelflasche: Dann zerfällt ein Teil der Kohlensäure in der Flasche wieder in Kohlenstoffdioxid und Wasser. Das Kohlenstoffdioxid entweicht.

Wenn Kohlenstoff verbrennt, entsteht nicht in jedem Fall Kohlenstoffdioxid. Ist nämlich zur vollständigen Verbrennung nicht genügend Sauerstoff vorhanden, so bildet sich das hochgiftige, farb- und geruchlose Gas **Kohlenstoffmonoxid**. Die alte aber sehr bekannte Bezeichnung ist **Kohlenmonoxid**.



Der größte Erzeuger von CO ist das Kraftfahrzeug. Etwa 60% der gesamten CO-Menge entsteht beim Betrieb der Autos, und zwar hauptsächlich im Leerlauf oder bei langsamer Fahrt. Man kann rechnen, daß ein Auto im Jahr ca. 0,5t CO ausstößt! Bei einer Fahrt von 100 km produziert ein Kraftfahrzeug ca 6 m³ reines CO. Das bedeutet, daß in etwa 120 m³ Luft der tödliche Anteil an CO bereits überschritten ist.

Denn das CO wirkt schon bei einem ständigen Anteil von nur 0,05 % in der Atemluft tödlich. Es verbindet sich nämlich sehr rasch mit dem roten Blutfarbstoff Hämoglobin und verhindert, daß er Sauerstoff transportieren kann. Besonders gefährdet sind Kinder, weil das CO am stärksten in Bodennähe ausgestoßen wird. Es ist zwar leichter als die Luft, reichert sich aber trotzdem am Boden sehr an.

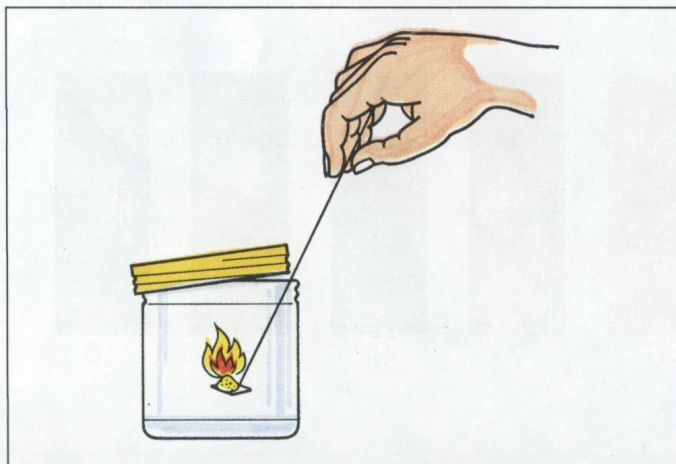


Skala zum Universal-Indikatorpapier

Eine CO-Vergiftung beginnt mit Übelkeit, Erbrechen, Müdigkeit und Konzentrationsschwäche, später kommen Benommenheit und Bewußtlosigkeit hinzu, bis schließlich der Tod eintritt.

CO — Erzeuger (USA)	
Fahrzeug mit Benzinmotor	59 %
Fahrzeuge mit Dieselmotor	0,2 %
Flugzeuge, Schiffe	4,6 %
Industrie	9,6 %
Landw. Verbrennungsprozesse	8,3 %
Müllverbrennung	7,8 %
Waldbrände	7,2 %
Heizungsanlagen	1,9 %
Verschiedene	1,4 %

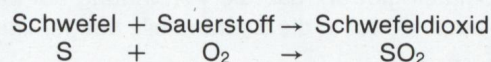
Jeder Raucher atmet übrigens mit jedem Zug aus der Zigarette oder Pfeife auch Kohlenstoffmonoxid ein. Zusätzlich zu dem eingeatmeten Anteil in der Luft schädigt er sich also noch erheblich selbst.



Hauptschadstoff in der Luft ist das stechend riechende farblose Gas **Schwefeldioxid**. Es kann hergestellt werden, indem Schwefel auf dem Verbrennungslöffel in der Flamme des Spiritusbrenners entzündet wird. Denke daran: Sehr wenig Schwefel reicht!

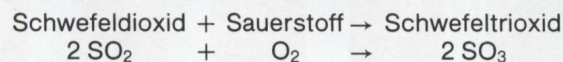
Zunächst schmilzt der Schwefel, nimmt eine braune Färbung an und brennt dann mit kleiner, blauer, kaum sichtbarer Flamme. Dabei steigt weißlicher Rauch auf. Damit die Luft in deinem Chemie-Labor nicht zu sehr verunreinigt, tauche den Verbrennungslöffel schnell in ein altes Marmeladenglas und verschließe es so weit wie möglich mit dem Deckel.

Wenn der Schwefel restlos verbrannt ist, öffne den Deckel und fächle dir etwas von dem Rauch im Glas mit der Hand zu. Der unangenehme Rauch wird dir sehr schnell bewußt werden.



Zum Beginn dieses Abschnitts steht, daß SO_2 farblos, also unsichtbar ist. Der weißliche Rauch muß also noch etwas enthalten, das zusätzlich entsteht. Bei diesem kleinen Versuch passiert tatsächlich bereits das, was sich auch im Freien abspielt.

Das Schwefeldioxid kann unter bestimmten Bedingungen noch weiter mit dem Luftsauerstoff reagieren; dann entsteht das weiße Gas **Schwefeltrioxid**



Diese weitere Oxidation tritt nur ein bei Anwesenheit von **Katalysatoren**. Das sind Stoffe, die eine chemische Reaktion in Gang setzen oder beschleunigen, ohne selbst an der Reaktion beteiligt zu sein.

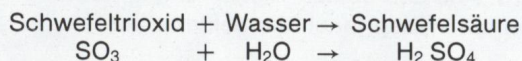
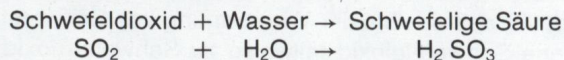
Das Eisen des Verbrennungslöffels ist in diesem Experiment der Katalysator. In der Luft reicht bereits feinsten Staub aus — und davon gibt es nun wirklich genug — um die Oxidation zu Schwefeltrioxid einzuleiten.



In Verbindung mit Wasser entsteht aber aus den beiden Gasen erst die wirkliche Gefahr: Fülle in das Glas aus dem letzten Experiment etwas Wasser – Boden bedeckt – verschließe es und schüttle gut um. Danach wirf einen halben Streifen Universal-Indikatorpapier hinein und vergleiche die Farbe des Streifens nach ca. 20 Sekunden mit der Skala.

Das Indikatorpapier verfärbt sich wie unter den Werten 2,5 bis 3,0. Das heißt, daß aus der Reaktion von Schwefeldioxid bzw. Schwefeltrioxid mit Wasser eine ziemlich starke Säure entstanden ist.

Tatsächlich aber sind zwei Säuren nebeneinander entstanden, die **Schwefelige Säure** und die **Schwefelsäure**. Aus den folgenden Gleichungen kannst du die Reaktionen der beiden Gase mit Wasser ablesen.



Dieselben Reaktionen laufen auch in der Luft ab: Das Regenwasser reagiert mit den Gasen und bildet dabei Schwefelige Säure und Schwefelsäure, die auf die Erde herunterregnen. Daher stammt der Begriff des „Sauren Regens“.

Und damit steht einer der Hauptverursacher für den sauren Regen fest: das Schwefeldioxid.

Die Mengenangaben – allein für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland – lassen Schlimmes befürchten. Seit 1970 muß die Luft Jahr für Jahr etwa 3,5 bis 4 Millionen Tonnen Schwefeldioxid schlucken. Das entspricht einer Ladung, für die man mehr als 65 000 Güterwagen benötigt! Nimmt man für jeden Wagen eine Länge von 15 m an, so reichte dieser Zug fast von der dänischen Grenze im Norden bis zur schweizerischen Grenze im Süden.



Mit dem **Sulfit-Teststreifen** läßt sich der SO_2 -Gehalt in der Luft sehr einfach nachweisen. Du erkennst den langen Sulfit-Teststreifen daran, daß er nur **eine** Testzone enthält. Dazu wird die Testzone eines Streifens unter fließendem Wasser angefeuchtet und sofort mit der Farbskala für Sulfit-Test verglichen. Merke dir den Wert. Halte dann den Streifen etwa 5 Minuten an die Luft und vergleiche anschließend seine Farbe mit der Skala für Sulfit-Test.

Aus beiden Werten wird die Differenz ermittelt und durch 2 geteilt. Das Ergebnis entspricht dem Schwefeldioxid-Gehalt in der Luft, und zwar in mg pro m^3 Luft (mg SO_2/m^3 Luft)

Ein Zahlenbeispiel:

1. Wert	10
2. Wert	40
Differenz	$40 - 10 = 30$
	$30 : 2 = 15$

Die Luft enthält 15 mg SO_2 pro Kubikmeter Luft.

0 10 40 125 500



mg/L (ppm) Sulfit (SO_3^{2-})

SULFIT-TEST



In welchem Umfang aus dem Schwefeldioxid durch Oxidation mit Sauerstoff bei einer Reaktion mit Wasser Schwefelsäure entstanden ist, läßt sich mit den **Sulfat-Teststreifen** feststellen. Die Sulfat-Teststreifen erkennst du an den 4 Testzonen.

Sulfat nennt man den Säurerest der Schwefelsäure. Genauer müßte man sagen Sulfat-Ionen-Test. Denn in einer wässrigen Lösung liegt dieser Rest immer in Form von **Sulfat-Ionen** vor, die man abgekürzt schreibt: SO_4^{2-} . Die hochgeschriebene 2- gibt an, daß diese Ionen zweifach negative Ladung besitzen.

Gib in den Erlenmeyerkolben etwas Wasser – Boden gut bedeckt – und entzünde etwas Schwefel auf dem Verbrennungslöffel. Tauche ihn in den Erlenmeyer. Wenn das Glas ganz und gar mit dem Rauch gefüllt ist, verschließe das Glas mit dem Stopfen und schüttle kräftig um, bis sich das Gas im Wasser gelöst hat.

Tauche nun einen Sulfat-Teststreifen in diese Flüssigkeit, bis alle roten Testzonen benetzt sind. Nimm ihn dann heraus und schüttle die überschüssige Flüssigkeit ab. Beurteile nach 2 Minuten die Farbe. Daraus, wieviele Testzonen sich verfärbt haben, kann der Gehalt an Sulfat-Ionen in mg/l (Milligramm pro Liter) abgelesen werden.

Anzahl der Testzonen		Sulfatgehalt mg/l
hellrot	gelb	
4	0	< 200
3	1	300 – 400
2	2	500 – 800
1	3	900 – 1400
0	4	> 1600



Mit den Sulfit-Test-Streifen läßt sich nicht nur der SO_2 -Gehalt in der Luft bestimmen, sondern auch der Gehalt an **Sulfit-Ionen** (SO_3^{2-}) in Lösungen.

Sulfit nennt man den Säurerest der Schwefeligen Säure (H_2SO_3). Da auch er in wässrigen Lösungen auftritt, liegt er in Form von Sulfit-Ionen (SO_3^{2-}) mit zweifach negativer Ladung vor.

Zur Bestimmung des Sulfit-Gehalts tauche einen Sulfit-Teststreifen kurz in die Flüssigkeit im Erlenmeyer aus dem vorigen Versuch.

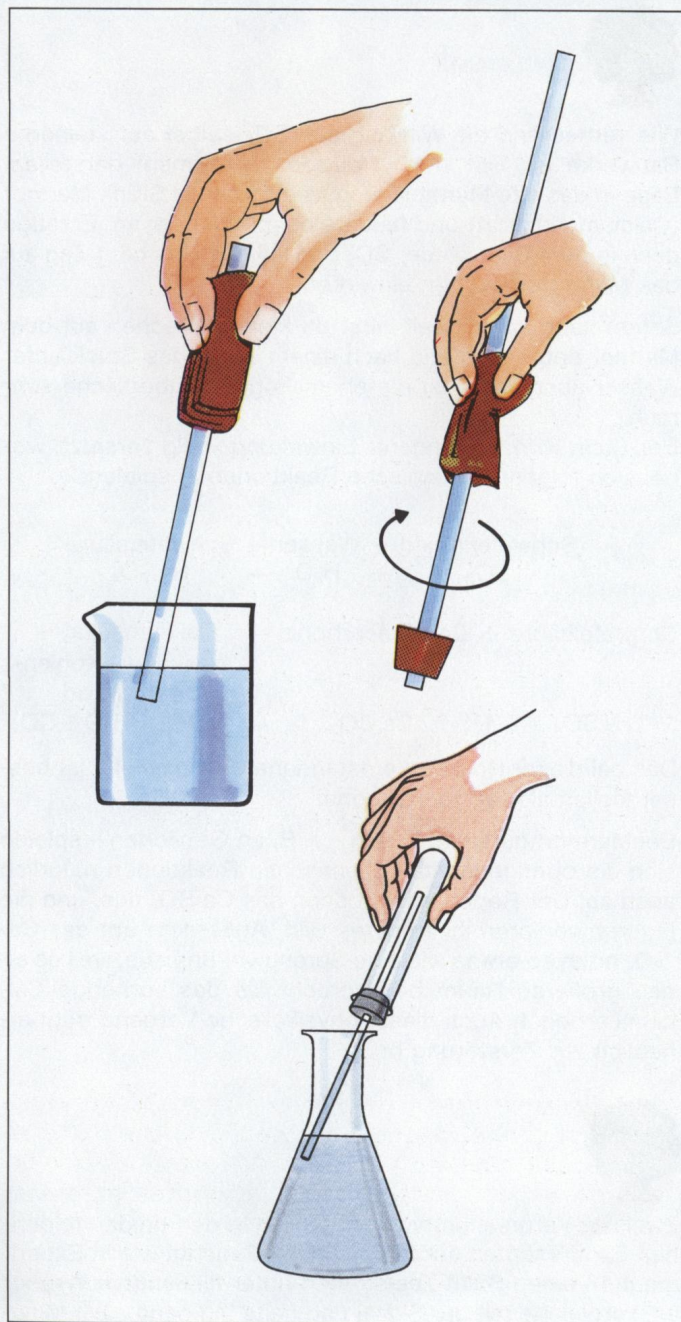
Vergleiche nach etwa 30 Sekunden die Testzone mit der Sulfit-Farbskala und bestimme direkt den Sulfit-Gehalt in mg/l (Milligramm pro Liter).

In der Lösung, die du untersucht hast, liegen die Säurereste der Schwefelsäure – Sulfat – und die der Schwefeligen Säure – Sulfit – nebeneinander vor. Das ist der Beweis dafür, daß das bei der Verbrennung von Schwefel entstandene Schwefeldioxid teilweise zu Schwefeltrioxid oxidiert wird. Aus den beiden Oxiden entstehen dann bei der Reaktion mit Wasser auch die beiden Säuren.

Zur Verdeutlichung einiger Eigenschaften des Schwefeldioxids sollen die folgenden Experimente dienen.



Das Experiment 21 läßt erkennen, wie leicht sich Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid in Wasser lösen. Zur Vorbereitung dieses Experiments fülle zunächst Wasser in den Erlenmeyerkolben. Feuchte dann das Glasrohr an einer Seite mit Wasser an und drehe es vorsichtig in den durchbohrten Gummistopfen hinein. Fasse das Rohr möglichst kurz an, damit es nicht abbrechen kann. Um Verletzungen zu vermeiden, halte es mit einem Lappen fest (Abb.).



Entzünde nun auf dem Verbrennungslöffel Schwefel und tauche ihn sehr tief in ein trockenes Reagenzglas. Wenn das Reagenzglas völlig mit dem weißen Rauch gefüllt ist, nimm den Verbrennungslöffel heraus und verschließe es sofort mit dem Stopfen mit Glasrohr.

Anschließend drehe das Reagenzglas um und tauche das Glasrohr in das Wasser im Erlenmeyerkolben (Abb.). Nach einiger Zeit steigt das Wasser aus dem Glas im Rohr nach oben in das Reagenzglas hinein. Du kannst den Vorgang beschleunigen, indem du ein mit kaltem Wasser angefeuchtetes Papiertuch um das Reagenzglas legst.

Das Schwefeldioxid und das Schwefeltrioxid haben ein so starkes Bestreben, sich im Wasser zu lösen, daß das Wasser nach oben in das Glas gezogen wird.



Im Experiment 22 wird noch einmal Schwefel auf dem Verbrennungslöffel entzündet, und der Löffel in ein altes Marmeladenglas getaucht. Wirf nach dem Verbrennen einige bunte Blütenblätter in das Glas, verschließe es und beobachte sie für einige Minuten.

Die bunten Blütenblätter verlieren sehr rasch ihre Farbe, denn SO_2 zerstört Farbstoffe und wirkt damit bleichend. Auch Farbstoffe in Textilien können so zerstört werden.

Schwefeldioxid tötet übrigens auch Bakterien und andere Kleinlebewesen ab. So wird es z. B. im Weinbau in großen Mengen benötigt, um Fässer „auszuschwefeln“. Dann sind sie weitgehend keimfrei. Zusätzlich wird auch noch der Wein „geschwefelt“, um ihn haltbarer zu machen.



Schwere Schäden verursacht SO_2 an Metallen. Besorge dir zwei Eisennägel, von denen du einen außerhalb deines Labors verwahrst und den anderen in das feuchte Marmeladenglas legst, in dem wieder Schwefeldioxid wie im vorigen Experiment erzeugt wird. Laß das SO_2 ca. 10 Minuten auf

diesen Nagel wirken und lege ihn zur Seite, um ihn nach ca. 1–2 Tagen mit dem anderen zu vergleichen.

Das aggressive Schwefeldioxid – vor allem in Verbindung mit Wasser – führt zum sehr schnellen und weitgehenden „Rosten“ des Nagels.

Du kannst dir vorstellen, welche Schäden das in der Luft vorhandene Schwefeldioxid an Stahlbauwerken, wie z. B. Brücken, Türmen, Zäunen usw., im Laufe eines Jahres verursacht. Der kleinste Riß im Schutzanstrich läßt erbarungslos das SO_2 eindringen – mit Wasser zusammen auch die Schweflige Säure bzw. die Schwefelsäure. Dann nimmt die Zerstörung ihren Lauf.



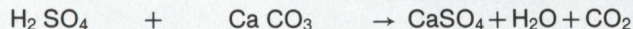
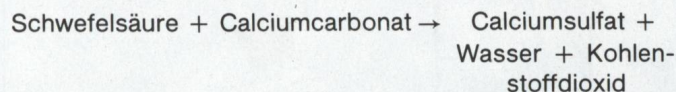
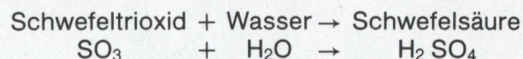
Schwefeldioxid zerstört Bauwerke



Wie verheerend die Wirkung des SO_2 selbst auf steinerne Bauwerke ist, läßt sich in diesem Experiment darstellen. Lege in das alte Marmeladenglas ein kleines Stück Marmor (Calciumcarbonat) und feuchte es mit Wasser an. Erzeuge dann in dem Glas wieder SO_2 und laß das Gas ca. 1 Tag auf das Marmorstückchen einwirken.

Schon nach kurzer Zeit wirst du kleine Bläschen auf dem Marmor entdecken und nach einem Tag – das Stück unter Wasser abspülen – ist die ehemals glatte Oberfläche sehr rau.

Der Stein wird bei längerer Einwirkung völlig zersetzt, wobei sich folgende chemische Reaktionen abspielen:



Das bei dieser Reaktion entstandene Calciumsulfat ist besser löslich als Calciumcarbonat.

Bei Marmorfiguren im Freien – z. B. an Gebäuden – spielen sich die obengenannten chemischen Reaktionen natürlich auch ab. Der Regen wäscht dann das CaSO_4 aus, und die Figuren verlieren ihr früheres Bild. Außerdem übt das CaSO_4 noch so etwas wie eine Sprengwirkung aus, weil es einen größeren Raum beansprucht als das vorherige Calciumcarbonat. Auch dieser physikalische Vorgang trägt erheblich zur Zerstörung bei.



Zwei der Verursacher von SO_2 sollen in den beiden folgenden Experimenten ermittelt werden. Feuchte wie in Experiment 18 einen Sulfid-Teststreifen unter fließendem Wasser an, vergleiche mit der Skala, und halte ihn dann ca. 1 Minu-

te vor das Auspuffrohr eines Autos mit laufenden Motor. Vergleiche wieder mit der Skala und merke dir den Wert. Achtung: Dieses Experiment **muß** im Freien ausgeführt werden. Die Differenz der beiden Werte durch 2 geteilt ergibt wieder den SO_2 -Gehalt in mg pro m^3 Luft.



Luftverschmutzung durch Autoverkehr



Nimm einen anderen Sulfid-Teststreifen, feuchte ihn an, vergleiche mit der Skala und halte ihn 5 Minuten in den Heizraum einer Ölheizung. Verfahre nach dieser Zeit wie im vorigen Experiment und ermittle den SO_2 -Gehalt durch Errechnen.

Beim Verbrennen von Benzin in Kraftfahrzeugmotoren und Heizöl in Ölfeuerungsanlagen entsteht immer Schwefeldioxid. Dieselmotoren erzeugen erheblich mehr SO_2 als Benzinmotoren.

¹⁾ Zum pH-Wert siehe im Kapitel „Verschmutzung des Wassers“.

Aus der nachfolgenden Tabelle kannst du entnehmen, zu welchen Anteilen die ca. 3,5 bis 4 Millionen t Schwefeldioxid von den Verursachern erzeugt werden.

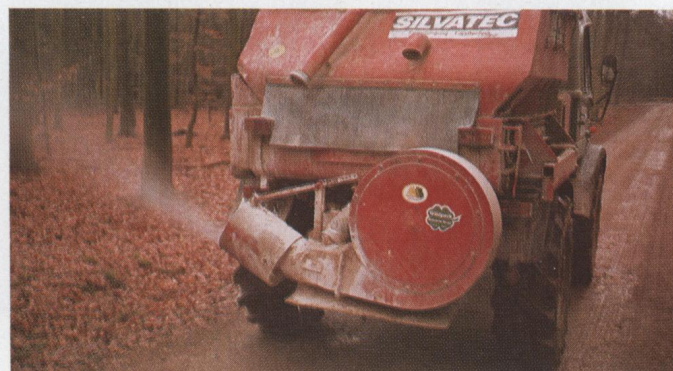
Schwefeldioxid-Erzeuger

Kraftwerke	ca. 50 %
Industriefeuerungen	ca. 33,5 %
Private Heizungen	ca. 11 %
Verkehr	ca. 1,5 %
Industrie	ca. 4 %

Schäden durch SO_2 treten nicht nur an Bauwerken in Industrieländern auf. Das Schwefeldioxid in der Luft wird ja durch den Wind sehr weit verbreitet, zum Teil über mehrere tausend Kilometer. Erst in diesen entfernten Gebieten fällt es mit dem Regen zu Boden und richtet Schaden an.

Besonders beängstigend sind auch die in der Natur verursachten Schäden. Der Saure Regen führt zu einer **Übersäuerung der Seen**, so daß der Fischbestand sehr stark gefährdet ist oder bereits vernichtet wurde. Der pH-Wert ¹⁾ einiger norddeutscher Seen liegt bereits bei etwa 4,5 bis 4,0.

In den Wäldern führt der Saure Regen zu einer Übersäuerung des Bodens und damit zu dem weltweit beklagten Waldsterben. Die biochemischen Vorgänge in den Pflanzen sind sehr kompliziert und bis zum letzten auch noch nicht erforscht. Es läßt sich aber bereits feststellen, daß die Nahrungs- und Wasseraufnahme der Pflanzen blockiert wird, und sie sterben ab.



Kalken des Waldes

Der Grund für den hohen Ausstoß von Schwefeldioxid bei Kraftwerken liegt darin, daß die dort verfeuerten Brennstoffe – Kohle und Heizöl – u. a. Schwefel enthalten. Dieser Schwefel verbrennt nach der bekannten Reaktion zu Schwefeldioxid.

Technisch ist es möglich, den Schwefel in Rauchgas-Entschwefelungsanlagen aus den Abgasen zu gewinnen oder – z. B. aus dem Heizöl – vor dem Verbrennen aus den Brennstoffen zu entfernen. Beide Verfahren sind erprobt und können angewandt werden. Sie haben nur den Nachteil, daß sie mit Kosten für den Verbraucher der Brennstoffe verbunden sind.

Die gesetzlichen Vorschriften zur Verringerung des SO_2 -Ausstoßes bei Kraftwerken sind noch nicht geeignet, das Schwefeldioxid weitgehend aus der Luft zu entfernen.

Die nächsten Experimente zeigen dir, wie das Schwefeldioxid auf das Grün der Baumblätter und Pflanzen wirkt.



Erzeuge noch einmal Schwefeldioxid, indem du auf dem Verbrennungslöffel Schwefel entzündest und ihn schnell in ein altes trockenes Marmeladenglas tauchst, das so weit wie möglich während des Verbrennens mit dem Deckel geschlossen ist.

Wenn die Flamme erloschen ist, nimm den Verbrennungslöffel heraus und lege ein grünes Blatt in das Glas. Verschließe wieder mit dem Deckel und beobachte.

Wie der Farbstoff in den Blüten der Blumen wird auch der grüne Farbstoff in den Blättern zerstört. Beschleunigen kannst du das Gelbwerden noch dadurch, daß das Blatt angefeuchtet wird.



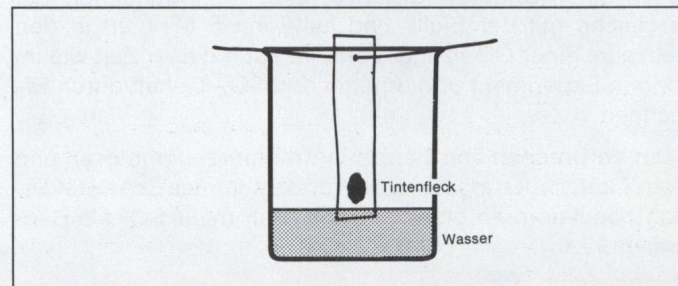
Gib in ein Reagenzglas ein kleingeschnittenes grünes Blatt und übergieße es mit so viel Brennspritus, daß die Schnittstelle gut bedeckt sind. Stelle dann das Reagenzglas in heißes Wasser. Gieße nach etwa 20 Minuten den Spiritus zu gleichen Teilen in zwei Reagenzgläser und betrachte! Hebe

die grüne Flüssigkeit noch für die nächsten Versuche auf. Der Brennspritus hat sich intensiv grün gefärbt, die Reste des Blattes aber haben ihre Farbe verloren. Brennspritus, vor allem wenn er heiß ist, löst aus Blättern das Grün heraus.

Das Blattgrün ist keine einheitliche chemische Verbindung, sondern ein Gemisch aus vier Verbindungen. Am bekanntesten ist das **Chlorophyll**, das in zwei Arten vorkommt, nämlich dem Chlorophyll a und dem Chlorophyll b. Daneben enthält das Blattgrün noch **Carotin** und **Xanthophyll**. Diese beiden Farbstoffe bewirken die Farbveränderungen der Blätter im Herbst, wenn das Chlorophyll verschwindet.



Das Chlorophyll des Blattgrüns kannst du leicht von dem Carotin und dem Xanthophyll trennen, wenn du Feuerzeug- oder Reinigungsbenzin zur Verfügung hast. Gieße dazu die Hälfte der Lösung aus dem vorigen Versuch in die Porzellanschale und laß sie solange stehen, bis die Hälfte des Spiritus verdunstet ist. Fülle diesen Rest in ein Reagenzglas und gib genausoviel Benzin hinzu. Verschließe das Glas gut und schüttle eine Minute kräftig. Betrachte den Inhalt des Glases! Im Reagenzglas bilden sich zwei Schichten: oben sammelt sich das Benzin – es ist spezifisch leichter – darunter der Brennspritus. Das vorher farblose Benzin hat sich leuchtend grün gefärbt. In ihm hat sich jetzt nur noch das Chlorophyll gelöst. Die gelben und roten Farbstoffe des Carotins und des Xanthophylls sind im Spiritus verblieben, der nun gelb-braun aussieht. Aus der Farbe kannst du ersehen, daß diese beiden Verbindungen die Farben des Herbstlaubs hervorrufen können.





Vor der weiteren Untersuchung der beiden Lösungen ein Versuch, der dir die folgende Untersuchungsmethode erläutern soll. Schneide für dieses Experiment ein Blatt Filtrierpapier in ca. 1 cm breite Streifen. Tupfe auf einen Streifen etwa 5 mm vom Rand entfernt einen dicken Tintenfleck (ca. 2–3 mm Durchmesser). Hänge dann das Papier an einer aufgebogenen Büroklammer so in ein Glas mit etwas Wasser, daß es gerade in das Wasser eintaucht. Der Fleck darf aber nicht im Wasser sein. Betrachte einige Minuten den Papierstreifen und dann wieder nach ca. 30 Minuten.

Der Fleck bleibt nicht an der Stelle, sondern wandert nach oben, und es entsteht dabei ein Farbstreifen. Besonders auffällig aber ist, daß aus dem ursprünglich blauen Fleck verschiedene Farben hervorkommen.

Die blaue Tinte ist nämlich aus verschiedenen Farben gemischt. Jeder dieser Farbstoffe aber hat eine andere Fließgeschwindigkeit und wandert in einer bestimmten Zeit unterschiedlich weit empor. Man kann also mit diesem Verfahren – es heißt **Chromatografie**, – ein Gemisch verschiedener Farbstoffe wieder trennen.



Auch das Blattgrün läßt sich chromatografisch zerlegen. In diesem Experiment wird die zweite Hälfte der Blattgrün-Lösung verwendet. Es muß allerdings auch der größte Teil des Alkohols verdunsten. Tupfe von diesem Konzentrat etwas auf einen Filtrierpapierstreifen, und zwar wieder 5 mm vom Rand entfernt. Tauche das Papier in ein Glas, in dem als Fließmittel nun aber Spiritus statt des Wassers verwendet werden muß.

Schon nach 10 Minuten ist die Trennung des Blattgrüns in Chlorophyll und Carotin bzw. Xanthophyll sichtbar geworden. Das Chlorophyll hat eine geringere Fließgeschwindigkeit als die anderen Farbstoffe. Es verbleibt deshalb ein grüner Farbstreifen unter dem gelbbraunen mit dem Carotin und dem Xanthophyll.



Laß auf diesem Papierstreifen mit den Farbstoffen des Blattgrüns Schwefeldioxid einwirken. Lege ihn in das schon mehrfach benutzte Marmeladenglas und erzeuge, wie in den anderen Experimenten, Schwefeldioxid. Laß das Gas nach dem Verbrennen des Schwefels noch einige Zeit auf die Farbstoffe einwirken.

Wie eigentlich nicht anders zu erwarten, werden auch dieses Mal die Farbstoffe durch das SO_2 zerstört.



Eindrucksvoll gelingt das auch, wenn du den Rest der Chlorophyll-Lösung in das Marmeladenglas gibst und darüber SO_2 erzeugst. Dann sollte das Glas mit dem Deckel verschlossen und kräftig geschüttelt werden. Die Entfärbung der farbigen Lösung setzt ein.

Außer dem Schwefeldioxid belastet eine andere gasförmige Schwefelverbindung die Luft, der **Schwefelwasserstoff** (H_2S). Dieses Gas ist den meisten bekannt aus den Stinkbomben. Es riecht unangenehm nach faulen Eiern. In großer Verdünnung wirkt es nur belästigend, in höherer Konzentration ist es außerordentlich giftig. Selbst ein Teil Schwefelwasserstoff pro 100 000 Teilen Luft läßt sich mit dem Geruchssinn noch wahrnehmen.

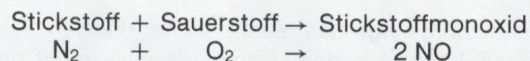
Deshalb ist unser Geruch ein sicheres Warnzeichen bei der Anwesenheit von Schwefelwasserstoff. Allerdings stumpft der Geruchssinn sehr schnell bei längerem Einatmen ab, so daß Menschen dann Gefahr laufen, dieses giftige Gas unbemerkt einzusatmen.

Dieses Gas Schwefelwasserstoff kommt in der Natur vor bei der Zersetzung von organischen Stoffen, z. B. in Sümpfen und Mooren oder in vulkanischen Gasen. Es fällt aber auch bei der Aufbereitung von Erdöl und Erdgas und bei der Verkokung von Steinkohle zu Koks an.

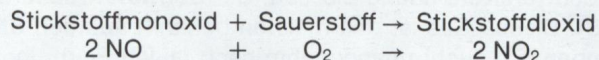
Ein Spaß scheint es zu sein, andere Menschen durch das Werfen von Stinkbomben zu belästigen. Aber ist es wirklich einer? – Nein, es ist auch eine Form der Umweltverschmutzung.

Bei allen Verbrennungsvorgängen bei hohen Temperaturen und unter hohem Druck entsteht eine Reihe von chemischen Verbindungen, die **Stickoxide** oder Stickstoffoxide. Da es sich um verschiedene Verbindungen des Elements Stickstoff mit Sauerstoff in einem unbekannten Verhältnis handelt, gibt man ihnen allgemein das chemische Kürzel **NO_x**.

Das farblose **Stickstoffmonoxid** NO kommt bereits in der Natur in kleinen Mengen vor, und zwar z. B. nach einem Gewitter. Es entsteht auch beim Rauchen einer Zigarette und geht, ähnlich wie das Kohlenstoffmonoxid, eine Verbindung mit dem Hämoglobin des Blutes ein.



Kühlt sich das NO langsam ab, so zerfällt es wieder in Stickstoff und Sauerstoff. Bei raschem Abkühlen dagegen bleibt es stabil und verbindet sich unter 150° C weiter mit dem Luftsauerstoff zu **Stickstoffdioxid**.



Das Stickstoffdioxid ist ein braunes Gas.



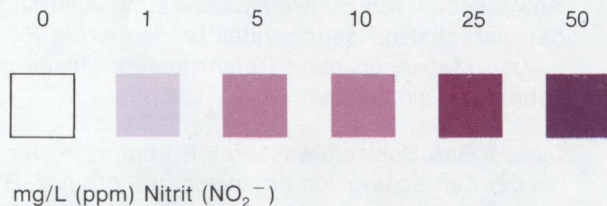
Hauptverursacher für Stickoxide sind die Kraftfahrzeuge. Untersuche die Abgase eines Dieselmotors mit einem **Nitrit-Teststreifen**. Achtung: Das darf nur im Freien geschehen, und du darfst auch nur kurzzeitig am Auspuff des Fahrzeuges bleiben.

Feuchte die Testzone eines kurzen Nitrit-Streifens mit Wasser an und vergleiche mit der Nitritskala. Halte ihn etwa 2 Minuten vor das Endrohr eines Dieselauspuffs. Vergleiche danach wieder mit der Nitrit-Farbskala.

Bilde die Differenz aus beiden Farbwerten, und du hast den Stickstoffdioxidgehalt der Abgase in mg pro m³ (mg NO₂/m³ Luft) gefunden.



Zum Vergleich solltest du das vorige Experiment noch einmal durchführen an einem Fahrzeug mit einem Benzinmotor. Verfahre in diesem Experiment wie im letzten Versuch und vergleiche die beiden Werte.



NITRIT-TEST

Im Leerlauf stößt der Dieselmotor mehr Stickoxide aus als der Benzinmotor. Dieses Ergebnis gibt aber nicht den ganzen Sachverhalt wieder. Im Fahrbetrieb kehrt sich das nämlich um, und dann stößt der Benzinmotor etwa 3mal so viel Stickoxide aus wie der Dieselmotor.



An der Gesamtverschmutzung der Luft mit Stickoxiden sind die Kraftfahrzeuge in der Bundesrepublik Deutschland mit etwa 50 % beteiligt. Sie sind also in diesem Punkt die größten Verschmutzer.

Den Stickoxidgehalt der Atemluft solltest du einmal an einer stark befahrenen Autostraße mit den Nitrit-Teststreifen feststellen. Verfahre in diesem Experiment wie in den beiden letzten Versuchen.

Hier noch einmal der Ablauf

1. Teststreifen anfeuchten und mit der Skala vergleichen
2. Teststreifen zwei Minuten der Luft aussetzen
3. Mit der Farbskala vergleichen
4. Differenz aus den beiden Werten bilden. Das ist der Gehalt an mg NO_2 pro m^3 Luft.

Um festzustellen, wie die gasförmigen Stickoxide mit Wasser reagieren, fülle ein altes Marmeladenglas zu einem Drittel mit Wasser und halte es für 10 Sekunden an den Auspuff eines Autos. Verschließe das Glas mit einem Deckel

und schüttele kräftig. Wiederhole mehrfach, bis sich etwas von den Auspuffgasen im Wasser gelöst hat. Lege dann einen halben Streifen Universal-Indikatorpapier in die Lösung und vergleiche mit der Skala des Universal-Indikatorpapiers.

Das Indikatorpapier zeigt eine Säure an. Wie stark diese Säure ist, hängt davon ab, wie oft du die Auspuffgase über das Wasser geleitet hast. Je kleiner der gefundene Wert in der Skala ist, desto „stärker“ ist die Säure.

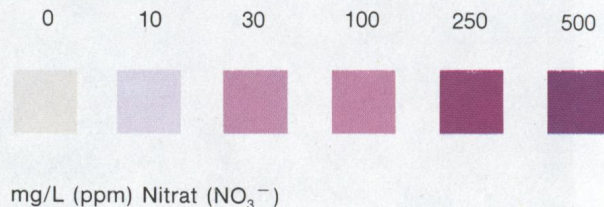
Du hast dieses Experiment bereits durchgeführt, um herauszufinden, daß Schwefeldioxid im Autoabgas mit Wasser eine Säure bildet. Diese Säuren, die Schwefelige Säure und die Schwefelsäure, sind natürlich auch jetzt mit am Säurenachweis beteiligt.



Daß dazu noch weitere Säuren entstanden sind, kannst du mit dem Nitrit-Teststreifen und dem **Nitrat-Teststreifen** nachweisen. Dieser Teststreifen hat **zwei** Testzonen.

Tauche einen Nitrat-Teststreifen etwa 1 Sekunde in das Marmeladenglas, so daß die Testzonen angefeuchtet werden. Nimm ihn aus dem Glas heraus und vergleiche nach ca. 2 Minuten mit der Nitrat-Farbskala.

Das Ergebnis gibt den Gehalt Nitrat in Milligramm pro Liter (mg/l) an.



NITRAT-TEST

1

2

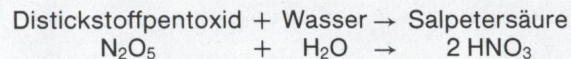
3

4

5

RAUCHSKALA

Auch das Stickstoffdioxid reagiert mit Wasser und bildet eine Säure, die **Salpetersäure**. Das geschieht über ein weiteres Oxid des Stickstoffs das Distickstoffpentoxid.



Neben den gasförmigen Schadstoffen, die die Luft verunreinigen, sorgen vor allem feste Bestandteile für „dicke Luft“. Solche aufzuspüren und zu messen soll dir im Experiment 39 die **Rauch-Skala** helfen. Beobachte deine Umgebung, ob dir ein besonders stark qualmender Schornstein auffällt. Halte das Buch mit dem ausgestreckten Arm. Achte aber darauf, daß du nicht gegen die Sonne siehst. Vergleiche nun die Grautöne auf der Skala mit dem Rauch.



Umweltbelastung durch Industrieabgase

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.



Luftverschmutzung über einer Großstadt



Vielleicht bietet sich dir einmal eine Gelegenheit, eine Stadt bei schönem Wetter von einem Turm oder einem hochgelegenen Gebäude zu betrachten. Verwende dann 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 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.

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.



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?

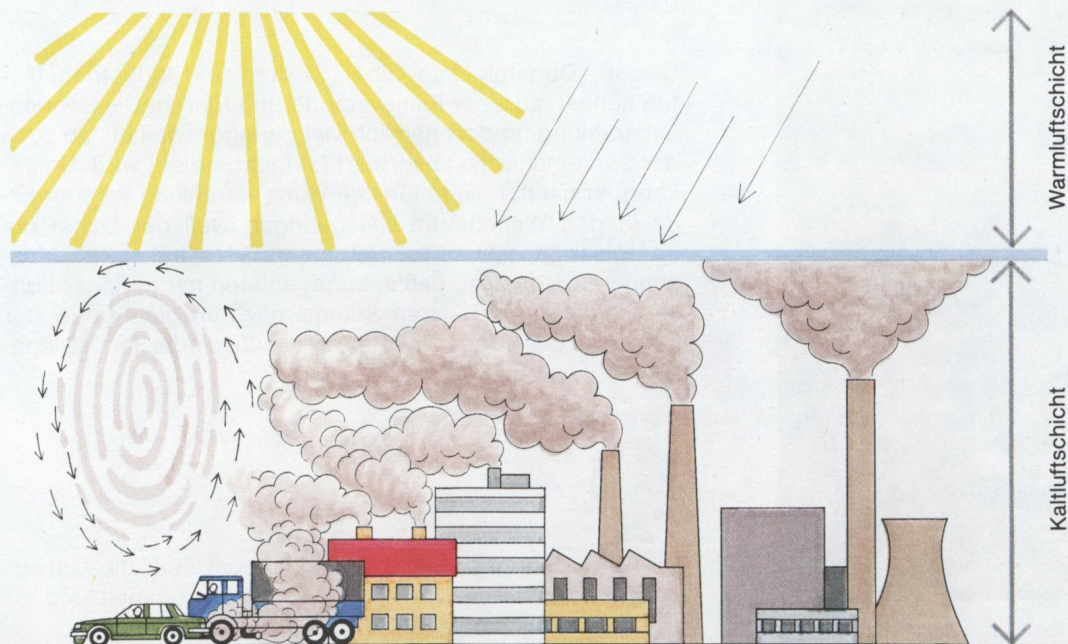
Eine weitere Gruppe chemischer Verbindungen, die **Kohlenwasserstoffe**, ist besonders für den Menschen schädlich. Diese Kohlenwasserstoffe sind organische Verbindungen, die im wesentlichen Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten. Einige dieser Verbindungen gelten als gefährlich, da sie schon in geringen Mengen krebserregend wirken. Dazu gehören z. B. das **Benzol** oder das **Benzpyren**.

Auch am Ausstoß der Kohlenwasserstoffe sind die Kraftfahrzeuge zu einem großen Teil beteiligt, nämlich zu etwa 35 %. Daneben gelten Industrieanlagen und private Heizungen als wesentliche Erzeuger der Kohlenwasserstoffe.

Besonders hoch sind die Werte in der Nähe von Raffinerien, aber auch in den Zentren der großen Städte. Dort werden in Kopfhöhe sehr bedenkliche Mengen gemessen. Besonders viel aber atmen die Insassen von Kraftfahrzeugen ein. Denn im Innern der Fahrzeuge reichern sich die Kohlenwasserstoffe auf mehr als das Doppelte der Werte im Fußgängerbereich an.

Kritisch wird die Luftverschmutzung über Städten und Industriegebieten aber häufig nicht durch die einzelnen Anteile an der Verschmutzung, sondern durch ihr Zusammenwirken. Dann ergeben sich ganz neue Probleme, wie z. B. der **Smog**.

Smog ist eine Wortschöpfung aus den englischen Wörtern smoke = Rauch und fog = Dunst. Er kommt nur in bestimmten Gebieten und auch nur unter ganz bestimmten Umständen zustande:



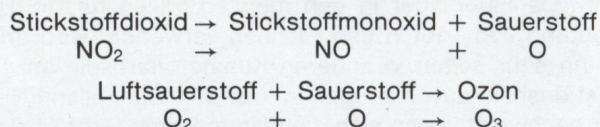
Bei windstillem Wetter kann es zu einer **Temperaturumkehrung** – Inversionswetterlage – kommen. Dann nimmt die Temperatur vom Boden nach oben nicht ab, sondern es lagert sich eine Warmluftschicht über einer Kaltluftschicht ab. Diese Warmluftschicht wirkt wie eine riesige Glocke, die das Aufsteigen der Verschmutzungen verhindert.

Alle unter dieser Schicht produzierten Verschmutzungen sammeln sich an und können zu einer Gefahr für die Gesundheit der Menschen werden. Zusätzlich wirken die staubförmigen Luftverunreinigungen als Kondensationskeime für Wasserdampf, und es entsteht Nebel.

Man unterscheidet zwei Smog-Arten, den **Los-Angeles-Typ** und den **London-Typ**.

Der Los-Angeles-Typ entsteht aus den Kraftfahrzeuggasen, hauptsächlich den Stickoxiden. Unter dem Einfluß intensiver Sonneneinstrahlung entsteht NO und Sauerstoff aus dem Stickstoffdioxid. Dieser Sauerstoff reagiert mit dem Luftsauerstoff und es entsteht **Ozon** (O_3)

Sonneneinstrahlung



Das Ozon wiederum reagiert mit den Kohlenwasserstoffen aus den Autoabgasen und bildet u. a. die chemischen Verbindungen Formaldehyd, Acetaldehyd, Acrolein usw., die die Schleimhäute des Menschen reizen und Pflanzen schädigen.

Smog dieser Art entsteht meistens mittags bei starker Sonneneinstrahlung und löst sich am Nachmittag häufig wieder auf.

Der London-Smog entsteht hauptsächlich bei Inversionswetterlagen aus Schwefeldioxid und Ruß an naßkalten, trüben Herbst- und Wintertagen. Verursacher sind in erster Linie die Kraftfahrzeuge und die privaten Heizungsanlagen, die Unmengen an SO_2 und Ruß ausstoßen.

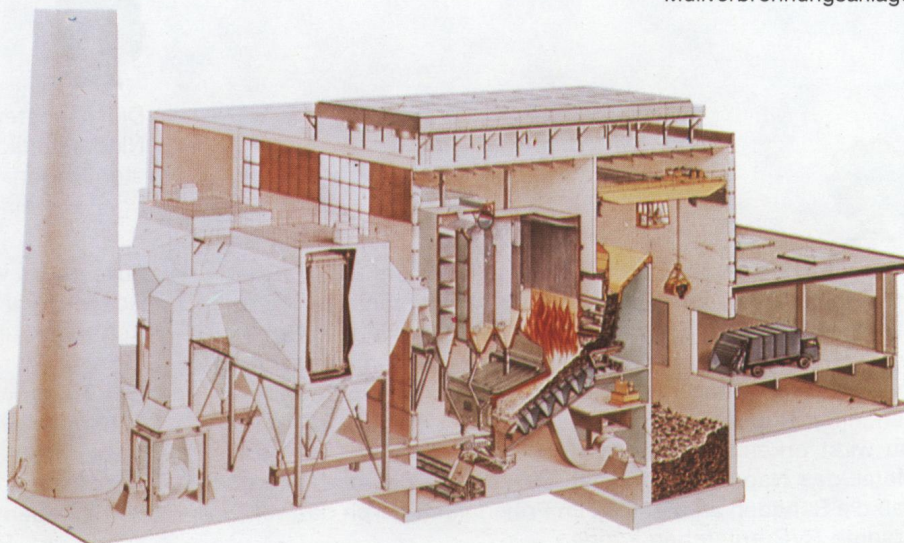
Neuerdings wird in smoggefährdeten Gebieten **Smogalarm** gegeben, um katastrophale Wirkungen auf den Menschen zu verhindern. Bei einem Smogalarm kann ein allgemeines Fahrverbot für Kraftfahrzeuge ausgesprochen werden, damit eine weitere Verschlechterung der Situation vermieden wird.

Noch eine Gruppe von gasförmigen Verunreinigungen belastet die Umwelt in erheblichem Maße, und zwar entstehen sie in erster Linie bei der Verbrennung von Müll. Es sind **Chlor**, **Salzsäuregas** und **Fluor**.



Versuche den PVC-Stab an der Spiritusflamme zu entzünden. Prüfe, ob er auch außerhalb der Flamme weiterbrennt. Fächle dir vorsichtig etwas von dem erzeugten Rauch zu. Das PVC brennt außerhalb der Flamme nicht. Trotzdem entsteht bei der Verbrennung des Kunststoffs PVC ein stechend riechendes Gas, das **Salzsäuregas**. Es hat die chemische Formel HCl.

Müllverbrennungsanlage





Bei der Reaktion von Salzsäuregas mit Wasser entsteht wieder eine Säure, die Salzsäure. Das kannst du im Experiment 43 nachprüfen, indem du in ein altes Marmeladenglas etwas Wasser füllst. Halte den PVC-Stab für einen Moment in die Flamme und anschließend sofort in das Glas, das du wieder so weit wie möglich mit dem Deckel verschließt. Wiederhole das Erhitzen und Eintauchen in das Glas mehrfach. Verschließe dann das Glas und schüttle kräftig. Lege anschließend ein kleines Stück Universal-Indikatorpapier in das Glas.

Wie erwartet, zeigt das Indikatorpapier eine Säure an, und zwar eine ziemlich starke, die Salzsäure. Auch verbranntes PVC trägt also zum Säuren Regen bei, und man kann feststellen, daß der Anteil dieses Kunststoffs an der Produktion aller Kunststoffe einen erheblichen Umfang angenommen hat.

Noch gefährlicher ist aber das Gas, das bei der Verbrennung der Kunststoffe Hostaflon und Teflon entsteht. Es ist das Gas **Fluorwasserstoff**, das noch erheblich aggressiver reagiert als das Salzsäuregas.



Wie schnell das Salzsäuregas zur Korrosion (zum „Rosten“) von Eisen führt, kannst du im Experiment 44 feststellen. Halte einen angefeuchteten Nagel in die beim Erhitzen von PVC entstehenden Salzsäuregase und betrachte ihn nach einem Tag. Vergleiche ihn auch mit einem unbehandelten Nagel.

Du wirst erkennen, daß das PVC sehr aggressiv auf das Metall des Nagels gewirkt hat. Daraus kann man ableiten, daß die Schäden an Metallen im Freien auch durch das verbrannte PVC entstehen können.



Du kannst übrigens das Chlor im PVC durch das einfache Experiment 45 leicht nachweisen. Halte einen Kupferpfennig mit der Reagenzglasklammer in die Flamme und erhitze ihn. Streiche dann mit dem heißen Pfennig über den PVC-Stab, so daß etwas hängen bleibt und halte ihn danach wieder in die Flamme.

Die Flamme färbt sich grün. Diese Färbung tritt immer auf, wenn Kupfer mit Chlor – aber auch mit Fluor – in der Hitze auftritt. Da Fluor aber in den meisten Fällen für die Beschichtung von Töpfen und Pfannen verwendet wird, trifft man ihn sehr selten in anderen Kunststoffartikeln an. Du kannst deshalb davon ausgehen, daß du in fast allen Fällen Chlor nachweist, wenn sich die Flamme grün färbt.



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 im Experiment 47 in ein Reagenzglas und gib einige Tropfen Kalkwasser hinzu. Achte darauf, ob sich ein Niederschlag bildet.

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



Feuchte im Experiment 47 einen Sulfit-Teststreifen 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 Farbskala.

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.



Den Anteil der Sulfat-Ionen – also den Gehalt des Regenwassers an Schwefelsäure – kannst du in Experiment 48 mit dem Sulfat-Teststreifen untersuchen. Tauche dazu einen Teststreifen etwa 1 Sekunde in das Regenwasser, nimm ihn heraus und vergleiche die Farben der Testzonen nach etwa 2 Minuten mit der Sulfat-Farbskala.

Anzahl der Testzonen		Sulfatgehalt mg/l
Hellrot	Gelb	
4	0	< 200
3	1	300 – 400
2	2	500 – 800
1	3	900 – 1400
0	4	> 1600

Die Anzahl der Testzonen, die sich verfärbt haben, gibt Aufschluß über den Gehalt an Sulfat in mg/l (Milligramm pro Liter).

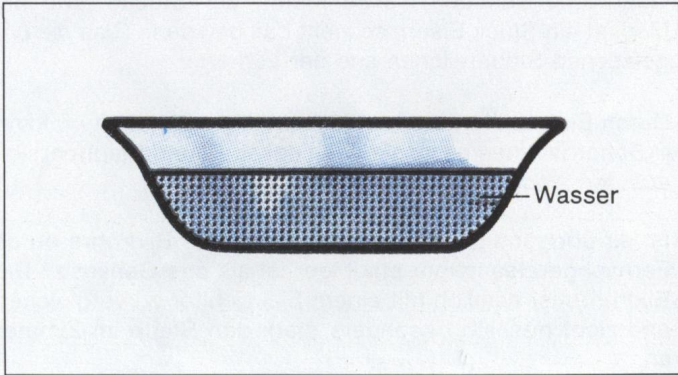


Auch den Gehalt der Nitrat-Ionen im Regenwasser solltest du untersuchen. Tauche dazu im Experiment 49 einen Nitrat-Teststreifen ca. 1 Sekunde in das Regenwasser und vergleiche nach zwei Minuten mit der Farbskala.



Rühre dein aufgefangenes Regenwasser gut um und fülle dann sofort einen Erlenmeyer voll 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.





Fülle einen Teil des Filtrats des Regenwassers aus dem vorigen Versuch in die Porzellanschale. Stelle die Schale an einen warmen Platz und laß das Wasser verdunsten oder erhitze sie vorsichtig über dem Spiritusbrenner. Betrachte dann den Rückstand.

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



Im letzten Experiment dieses Kapitels 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.

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 nicht das gesamte Wasser der Erdoberfläche für den Gebrauch durch den Menschen verwendet werden kann, sondern nur ein geringer Teil.

Von dem gesamten Wasser sind ca. 97,4 % salzhaltig und damit für den menschlichen Genuß unbrauchbar. Die 2,6 % Süßwasservorrat sind auch nur in geringem Umfang verfügbar, denn darin sind auch die Polareis- und Gletschereisvorräte enthalten. Es bleibt festzustellen: nur 0,6 % aller Wasservorräte der Erde stehen für Menschen und Tiere tatsächlich zur Verfügung!

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.



Besorge dir aus einem nahegelegenen Fluß, See oder Kanal 1–2 Liter Wasser. Gieße einen Teil davon in den Erlenmeyer, 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 Erlenmeyers 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 Grund nur sehr langsam, weil das Wasser durch die Strömung oder durch Schiffe und Boote immer wieder aufgewirbelt wird.



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.

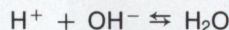




Tauche einen Streifen des Universal-Indikatorpapiers in Leitungswasser. Lege den Streifen dann auf die Farbskala und vergleiche, mit welchen Angaben auf der Skala die Farben des Streifens übereinstimmen. Merke dir auch den Zahlenwert, der über der Farbreihe steht.

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 Gramm H^+ -Ionen und 17 Gramm 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.

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

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



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 angegeben 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 nutzt 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.



Tauche den Streifen aus dem vorigen Versuch in Seifenwasser. 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 $[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$ berechnen kannst. Setze in die Gleichung ein:

$$10^{-8} \cdot x = 10^{-14} \\ x = 10^{-6}$$

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 **Lauge** oder auch **Base**, 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 **neutral**.



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 **biologisches Gleichgewicht**. 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. **Vorfluter** – leitet.

Das geschieht leider nur in den allerwenigsten Fällen. Besonders saure Wasser gelangen als Saurer Regen in die Flüsse und Seen. Der pH-Wert einiger Gewässer in der Bundesrepublik Deutschland liegt bereits bei 4,5 bis 4,0.



Belüftung von Schmutzwasser



Diese Gewässer sind stärker sauer als Essig! Daß in diesem Wasser Fische z. B. nicht mehr leben können, ist kein Wunder.

Neben den sauren oder basischen Abwassern, die in das Oberflächenwasser geleitet werden, werden u. a. auch **chlororganische Verbindungen** in Flüsse und Seen geleitet. Die bekannteste Verbindung dieser Art ist das **Chloroform**.

Beim Chloren von Trinkwasser – das geschieht, um es keimfrei zu machen – entsteht Perchloräthylen. Es sickert in das Grundwasser und wird dann wieder aus Brunnen für das Trinkwasser verwendet.

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 Menschen 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!



Führe in den folgenden Experimenten eine Untersuchungsreihe durch, um dein Flußwasser auf Säurereste-Sulfite, Sulfate, Nitrite und Nitrate zu testen.

Beginne mit der Bestimmung des Sulfit- und Sulfat-Gehalts. Verfahre dazu wie in den Experimenten 19 und 20.

Flußwasser enthält fast immer Verunreinigungen in Form von Sulfiten und Sulfaten. 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 Oxidation von Schwefeldioxid zu Schwefeltrioxid auch Schwefelsäure entstehen, wenn es in Wasser gelöst wird.

Die in den Gewässern enthaltenen Sulfationen werden zum Teil durch Mikroorganismen umgewandelt. Bei diesem Vorgang – einer chemischen Reduktion – entsteht, wenn kein Sauerstoff mehr vorhanden ist, das gefährliche Gas Schwefelwasserstoff. Diese Reaktion verläuft im Faulschlamm der Flüsse, Seen und abgelegenen Meeresbuchten.



Waldsee



Neben den Chloriden, wie z. B. Kochsalz und den Sulfiten und Sulfaten enthalten die Gewässer häufig einen hohen Anteil an Nitrit- und Nitrat-Salzen.

Untersuche das Flußwasser auf diese beiden Säurereste, wie in den Experimenten 36 und 38 beschrieben. Für den Nitrit-Test wird nach 15 Sekunden mit der Farbskala verglichen, für den Nitrat-Test nach 2 Minuten.

Die Verseuchung des Wassers mit Nitrit- und Nitrat-Salzen nimmt bereits allgemein einen bedenklichen Umfang an. Der Grund ist in erster Linie in der sehr starken Stickstoff-Düngung in der Landwirtschaft und im Weinbau zu sehen, aber auch in der **Gülle-Düngung** bei landwirtschaftlichen Betrieben mit Massenviehhaltung. Gülle nennt man den Flüssigmist, der bei der Viehhaltung z. B. ohne Stroh entsteht und auf die Äcker gebracht wird.

Die Nitratsalze werden durch den Regen aus dem Ackerboden ausgewaschen und gelangen dann in Bäche, Flüsse und Seen.

Auch Phosphate, die Salze der Phosphorsäure, machen einen beträchtlichen Teil der Verschmutzung aus, und zwar ebenfalls durch Auswaschungen oder durch Haushaltsabwasser, die Waschmittellösungen enthalten.

Beide Düngemittel, die Phosphate und Nitrate, 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.



Du solltest auch einmal euer Trinkwasser auf Sulfat-, Sulfat-, Nitrit- und Nitratsalze hin untersuchen. Der Gehalt an Sulfat-Ionen sollte in gutem Trinkwasser 60 mg/l nicht überschreiten. Der Nitratgehalt des Trinkwassers darf zur Zeit laut Trinkwasser-Verordnung 90 mg/l nicht überschreiten. Die Weltgesundheits-Organisation empfiehlt allerdings, diesen Wert auf 45 mg/l zu begrenzen, denn ein erhöhter Nitrat-Gehalt muß immer als eine krebserregende Ursache in Betracht gezogen werden. Auf jeden Fall sind Kleinkinder bei einem hohen Nitratgehalt gefährdet, da bei ihnen dadurch eine Krankheit verursacht wird, die Blausucht genannt wird. Dabei handelt es sich um eine Krankheit, bei der die Sauerstoffabgabe an das Körpergewebe verringert wird.



Den Gesamtanteil der gelösten und ungelösten Stoffe in dem Flußwasser kannst du untersuchen, wenn du eine Probe in die Porzellanschale füllst und das Wasser über dem Spiritusbrenner abdampfst.

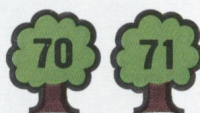
Du wirst erstaunt sein, welchen Anteil die Schmutzstoffe bereits bei einer so kleinen Wassermenge haben.

Wenn dir eine sehr genaue Waage zur Verfügung steht, solltest du einmal eine feste Wassermenge – z. B. 100 ml – nach und nach eindampfen und dann den Anteil an Schmutzstoffen ermitteln. Dazu ist die Porzellanschale vor dem Experiment ohne Wasser und danach zu wiegen, und die Differenz ergibt die Gesamtverschmutzung.



Bei der Aufbereitung von Oberflächenwasser zu Trinkwasser spielt die Härte des Wassers eine Rolle. Dazu kannst du Untersuchungen ausführen. Stelle dir zunächst eine Seifenlösung her, indem du in 100 ml destilliertem Wasser¹⁾ 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 Stopfen 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.

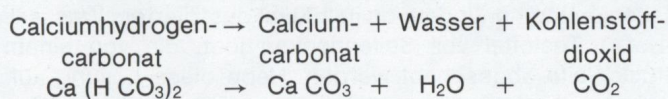


Wiederhole die Härteuntersuchung des vorigen Experiments mit einer Probe ungekochten Leitungswassers und danach mit gekochtem. Vergleiche die Schaumsäulen miteinander und mit der, die durch destilliertes Wasser entstanden ist.

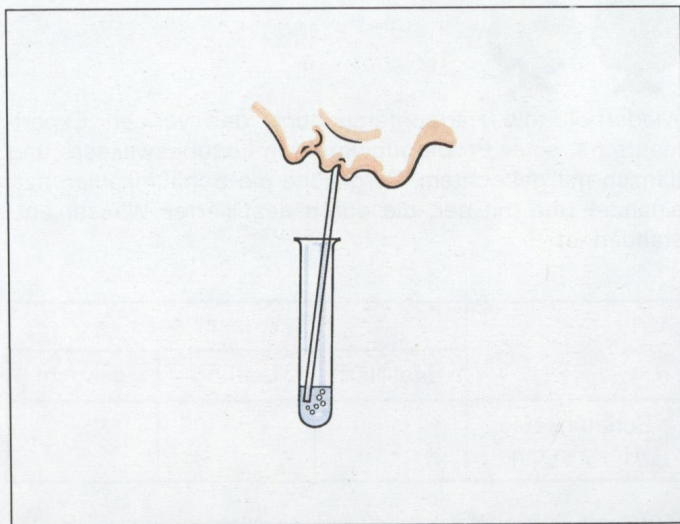
	Wasser		
	destilliert	Leitung	gekocht
Schaumsäule Höhe in cm			

¹⁾Destilliertes Wasser erhältst du in jeder Apotheke und an Tankstellen.

Bei gekochtem Leitungswasser entsteht mehr Schaum als bei ungekochtem. Die Härte des Wassers wird hervorgerufen durch Calciumhydrogencarbonat $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$, Calciumsulfat (CaSO_4), Magnesiumchlorid (MgCl_2) und Magnesiumsulfat (MgSO_4). Beim Kochen des Wassers zerfällt das Calciumhydrogencarbonat nach folgender Gleichung:

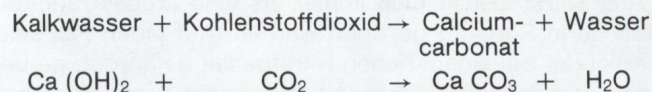


Dabei entsteht Calciumcarbonat, das in Wasser so gut wie nicht löslich ist und sich als **Kesselstein** niederschlägt. Die anderen Salze bleiben aber weiterhin im Wasser gelöst. Die durch das $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ hervorgerufene Wasserhärte bezeichnet man als **vorübergehende Härte**, weil sie 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**. In der Badewanne setzt sie sich sehr leicht als „Schmutzrand“ ab.

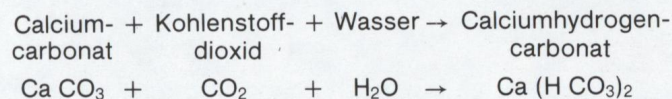


Die unterschiedliche Löslichkeit von Calciumcarbonat und Calciumhydrogencarbonat kannst du beobachten, wenn du Atemluft mit dem Glasröhrchen in Kalkwasser bläst. Führe das so lange durch, bis die Trübung wieder verschwindet.

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 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$



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



Untersuche wie in den vorigen Experimenten dein filtriertes Flußwasser 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.



Gib in einen Teil unfiltrierten Flußwassers etwas Tinte und gieße diese farbige Lösung in einen frischen Filter. Beachte, wie das Filtrat aussieht.

Ein Teil der ungelösten Stoffe bleibt im Filterpapier hängen. Sehr feine Schwebeteilchen und die Tinte aber finden sich auch im Filtrat wieder.

Durch Filtrieren kann man allenfalls ungelöste Stoffe aus dem Wasser entfernen, auf keinen Fall aber gelöste Stoffe wie z. B. Tinte oder Salze.

Mit feinem Holzkohlepulver – Holzkohle zwischen zwei Blättern Papier mit einem Löffel zerdrücken – kann ein Teil der Farbstoffe nach weiterem Filtrieren entfernt werden.

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

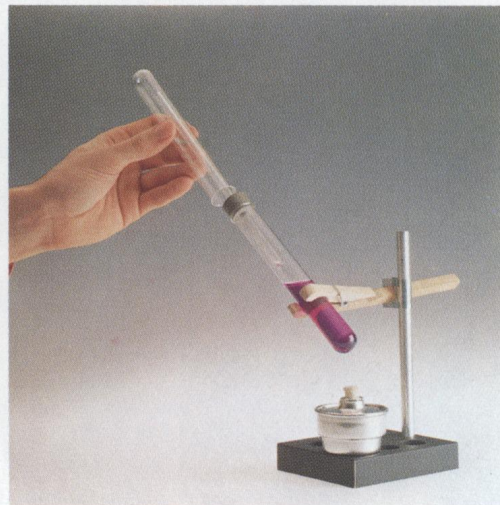
Du merkst vielleicht jetzt, welche Aufmerksamkeit man den gelösten Stoffen im Wasser schenken muß. Denn sind sie erst einmal darin enthalten, lassen sie sich nur durch aufwendige Verfahren wieder daraus entfernen. Eine davon sollst du im folgenden Experiment kennenlernen.



In manchen Gebieten der Erde und auf seegehenden Schiffen ist Trinkwasser so knapp, daß es aus Meerwasser gewonnen werden muß. Das ist nicht möglich durch eine Filtration des Wassers, sondern dazu muß es destilliert werden.

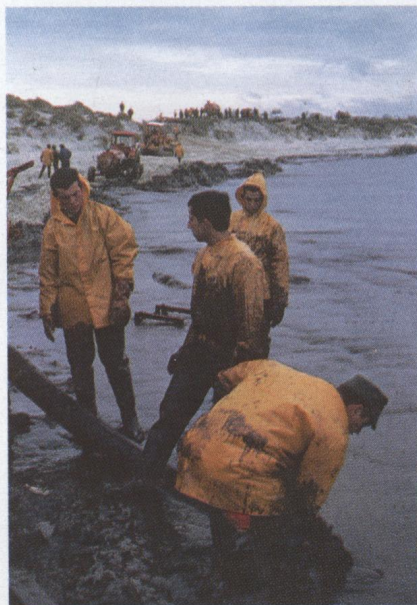
Um eine **Destillation** durchzuführen, fülle in ein Reagenzglas etwas Wasser und gib einige Tropfen Tinte dazu. Stecke dann den durchbohrten Gummistopfen mit dem Glasrohr auf das Glas und spanne es in den Reagenzglashalter.

Erhitze das gefärbte Wasser mit dem Brenner, bis Wasserdampf aus dem Rohr austritt. Halte über die Öffnung des Rohrs ein zweites, kaltes Reagenzglas und laß den Dampf kurze Zeit einströmen. Vorsicht: Das Glas wird heiß!





Tankerunglück an der Atlantikküste



Ölverschmutzung

Beim Erhitzen verdampft das Wasser. Der Dampf schlägt sich an kalten Flächen nieder und kondensiert wieder zu Wasser. Die im Wasser gelösten Stoffe – in diesem Fall die Tinte – bleiben zurück.

Diesen Vorgang – Erhitzen von Wasser und Abkühlen – nennt man **Destillation**. Das aufgefangene Wasser ist chemisch rein. Es wird **destilliertes Wasser** genannt.

Ein solches Verfahren zur Wassergewinnung hat einen großen Nachteil: Man muß sehr viel Energie aufwenden, um Wasser zu gewinnen. Außerdem ist chemisch reines Wasser ungenießbar. Es müssen noch geringe Mengen an Salzen wieder zugegeben werden.



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 für den Menschen nicht mehr genießbar ist.



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. Liter Trinkwasser ungenießbar macht. Bei auslaufendem Kraftstoff oder Heizöl ist deshalb immer große Vorsicht geboten, um eine Wasserverunreinigung zu verhindern.

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 Holzkohle, die du zwischen zwei Blättern Papier mit einem Löffel zu feinem Pulver zerdrücken mußt, auf die Wasseroberfläche.

Das Öl lagert sich in Form von winzigen Tröpfchen an der Holzkohle an. Sie schwimmt weiter auf dem Wasser und kann dann durch Sperren abgetrennt werden.

Besondere Gefahren bringt schwimmendes Öl für Wasservögel mit sich. Das Gefieder verklebt nämlich, und die Tiere können nicht mehr fliegen und schwimmen. Außerdem sind sie gegen die Kälte nicht mehr geschützt.

Bei der Verschmutzung der Gewässer darf man nicht versäumen, auch an die Meere zu denken.

Von besonderer Bedeutung ist für die Europäer die Nordsee, die seit Jahrzehnten als Abfalleimer mit Unmengen von Industrieabfällen befrachtet wird.

Zunächst sind es die ungeheuren Mengen ungeklärter Abwässer, die mit den Flüssen in die Nordsee geleitet werden.

Jahr für Jahr gelangen aus den verschiedensten Quellen mehr als 300 000 Tonnen Stickstoff und über 40 000 t Phosphat in die Nordsee, 30 000 t Zink, über 7 000 t Blei, 840 t Kadmium und ca. 6 000 t Kupfer kommen noch hinzu.

Dünnsäure, ein Abfallprodukt der Titandioxid – Produktion wird zu mehreren Millionen Tonnen in die Nordsee eingeleitet. Mehrere 100 000 t Öl und Ölprodukte muß die Nordsee jährlich verkraften, ganz zu schweigen von den mehreren Millionen Tonnen gelöster Salze, die mit dem Wasser von Rhein, Weser und Elbe in die See hinausgespült werden.

Nimmt man alle diese Schadstoffe zusammen, darf eigentlich niemand verwundert sein, daß Fische nur mit Mühe überleben können, z.T. auch nur mit schweren Krankheiten. Man muß sich ernsthaft fragen, wie lange überhaupt noch Leben in den Meeren möglich sein kann!

Vogelsterben durch Ölverschmutzung



Verschmutzung des Bodens

Neben der Verschmutzung der Luft und des Wassers wird heute auch die des Bodens lebhaft diskutiert. Dabei geht es u. a. 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 verunziert 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 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 ungewandelt werden, um diese dann zu deponieren. Eine sehr große Gefahr liegt in den Schwermetallen Blei, Cadmium und Quecksilber, die sich im Laufe der Jahrzehnte im Boden anreichern, da sie nicht abgebaut werden.



Mülldeponie

Blei wird u. a. beim Verbrennen des Kraftstoffs der Fahrzeuge frei und lagert sich schließlich am Boden ab, wo es von den Pflanzen aufgenommen wird.

Cadmium gelangt — wie auch das Blei — aus Industrieschornsteinen, Kohle- und Ölkraftwerken ebenfalls in den Boden. Dazu aber wird es noch in großen Mengen mit dem phosphathaltigen Minerale Dünger auf den Ackerboden gestreut.

Quecksilber, ebenfalls ein hochgiftiges Schwermetall, gelangt auf vielen Wegen in die Luft und das Erdreich. Verwendet wird es auch für die Herstellung von Kleinbatterien für Uhren u. ä.. Schon eine achtlos fortgeworfene Knopf-batterie trägt zur Verseuchung der Umwelt mit Quecksilber bei.

Schadstoffe im Boden nachzuweisen ist im allgemeinen nur durch sehr aufwendige Untersuchungsmethoden und mit sehr teuren Geräten möglich. An einigen Experimenten aber soll deutlich gemacht werden, daß dem Boden, der die Menschen der Erde auch in Zukunft ohne Gefährdung der Gesundheit ernähren soll, ebenso viel Aufmerksamkeit geschenkt werden muß wie dem Wasser und der Luft.



Stecke den Trichter in den Glashalter des Stativs, lege über das Trichterrohr einen Kieselstein von etwa 1 cm Durchmesser und fülle den Trichter mit gewaschenem Bausand auf.

Tropfe ein paar Tropfen Heizöl auf den Sand und warte, bis es eingezogen ist. Stelle dann den Erlenmeyer unter den Trichter und gieße mit einem Reagenzglas Wasser in den Trichter. Prüfe den Geruch des aufgefundenen Wassers.

Das Wasser sickert durch den Sand und wäscht dabei das Öl 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.



Verwende den Aufbau des vorigen Experiments, fülle aber den Trichter völlig mit frischem Sand auf. Streue dann einige Körnchen Kochsalz auf den Sand und gieße Wasser darüber. Prüfe den Geschmack des aufgefangenen Wassers, indem du einen Finger anfeuchtest und schmeckst. Die aufgefangene Lösung schmeckt deutlich nach Salz. Das 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.



Zum Abschluß der Experimente eine Versuchsreihe, die einen Vergleichsmaßstab dafür bietet, wieviele Salze — gemessen an den Ionen — in Bodenproben enthalten sind. Besorge dir dazu zwei Bodenproben von verschiedenen Stellen. Daraus sollen dann die löslichen Salze herausgelöst werden. Fülle dazu die Proben nacheinander in den Trichter und gieße etwa ein Reagenzglas voll Wasser hinein. Gieße das Filtrat noch zwei — oder dreimal durch den Boden und fange das Wasser jedesmal wieder auf.



Untersuche die Filtrate — wie bekannt — auf ihre Gehalte an Sulfid-, Sulfat-, Nitrit- und Nitrat-Ionen. Vergleiche die Werte der beiden Untersuchungsreihen.

Es ist selbstverständlich, daß in den Lösungen die einzelnen Ionenarten nachgewiesen werden. Sehr hohe Werte aber bedeuten immer eine Gefahr für den Boden — weil er „versauert“ — oder auch für das Grundwasser, denn die Auswaschungen des Bodens gelangen irgendwann in das Grundwasser. Ist aber erst einmal das Grundwasser damit verunreinigt, dann bedeutet das Gefahr für das Trinkwasser.



Mülldeponie

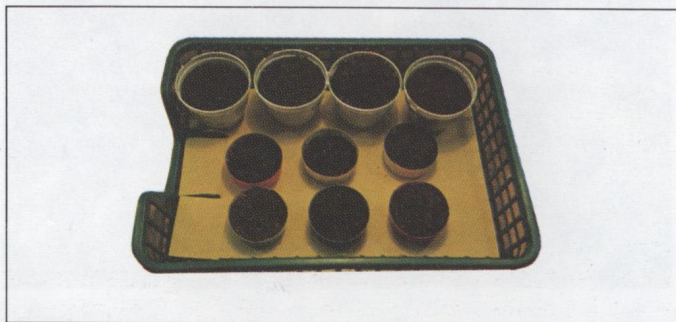
Bioindikatoren reagieren auf Schadstoffe

Nachdem du experimentell ermitteln konntest, welche Voraussetzungen für ein gesundes Pflanzenwachstum nötig sind, außerdem auch schon viel über die Chemie umweltbelastender Stoffe erfahren hast, sollst du untersuchen, welche Einflüsse verschiedene Stoffe auf den Pflanzenwuchs haben. Die folgenden Untersuchungen gelten zunächst den Schadstoffen im Boden. Dafür werden Bohnenpflanzen als Bioindikatoren eingesetzt. Damit man nicht vor jedem Versuch die Keimungszeit abwarten muß, werden in einem vorbereitenden Experiment die Bioindikatoren gezogen.

Da die Versuchsergebnisse manchmal erst nach 3–4 Tagen sichtbar werden und du dann vielleicht nicht mehr weißt, unter welchen Bedingungen die Pflanzen wachsen sollten, notiere dir auf kleinen Kärtchen die Versuchsbedingungen für jede Pflanzschale und lege sie immer unter die Schale.

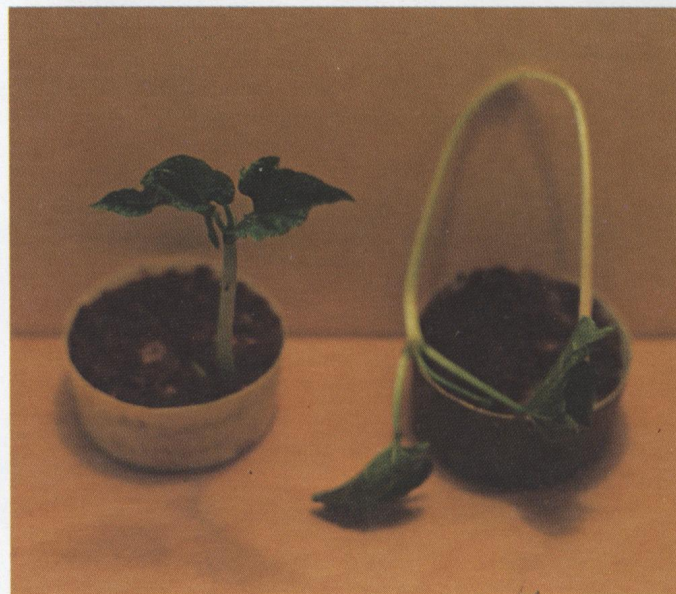


Fülle dazu die 8 Pflanzschalen und 2 Joghurtbecher mit Blumenerde und setze in jede Schale 2–3 Bohnensamen ein, so daß du insgesamt 10 Proben hast. Sorge durch ausreichende Feuchtigkeitszugabe und einen hellen Platz (Fensterbank) für optimale Wachstumsbedingungen. Nach 3–4 Tagen werden die Keimlinge sichtbar. Nach weiteren 3–4 Tagen sind die Pflanzen für die Untersuchungen groß genug.



In Experiment 90 begieße eine Schale mit Haushaltssessig und beobachte die Bohnenpflanze an den folgenden Tagen.

Schon nach 3 Tagen kippt die Pflanze um und verkümmert. Das pflanzliche Leben ist abgestorben. Essig enthält Essigsäure. Diese Säure, wie auch andere, schädigt den Pflanzenwuchs.



Für Experiment 91 löse soviel Kochsalz in Wasser auf, daß eine möglichst konzentrierte Kochsalzlösung entsteht. Begieße die Pflanzen in einer Schale mit dieser Salzlösung. Nach 3 Tagen verkümmert die Pflanze und stirbt ab. Kochsalzlösungen enthalten Chlor, ein Bestandteil, der den Pflanzenwuchs erheblich stören kann und in hoher Konzentration zum Absterben der Pflanze führt.



An diesem Experiment wird deutlich, wie problematisch die Verwendung von Streusalz zum Auftauen vereister Fahrbahnen ist. An Fahrbahnen und an häufig abgestreuten Verkehrswegen zeigen Pflanzen, bzw. Straßenbäume deutliche Schädigungen, die auf die ständige Einwirkung des Salzes auf die Pflanze zurückzuführen ist.

Verstärktes Umweltbewußtsein hat heute dazu geführt, die Verwendung von Streusalz stark einzuschränken und auf eine Eis- und Schneebeseitigung teilweise zu verzichten oder ersatzweise umweltfreundlichere Stoffe, wie z. B. Schlacke zu verwenden.



Für das folgende Experiment löse Waschpulver in Wasser auf, so daß eine Waschlauge entsteht. Setze einer Pflanzprobe statt Gießwasser diese Waschlauge zu und beobachte die Reaktion des Bioindikators. Nach etwa 5–6 Tagen zeigt die Pflanze Wirkung. Die Blätter verkümmern, das Wachstum hört auf. Zuletzt stirbt die Pflanze ab.



Waschmittel enthalten laugenhafte Bestandteile, die schon in geringerer Konzentration den Pflanzenwuchs erheblich stören oder gar abtöten.



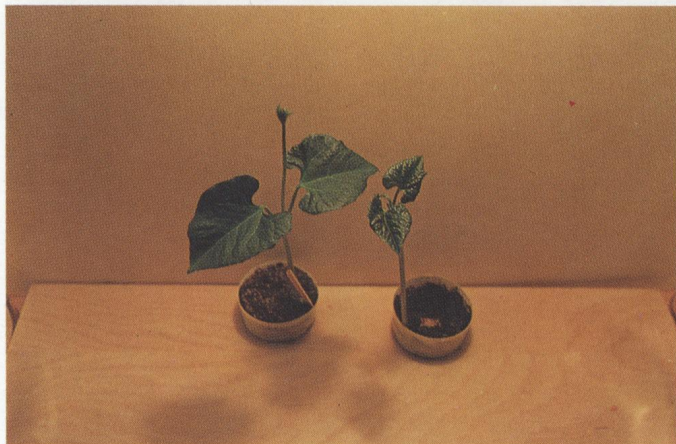
Um Experiment 93 durchzuführen schabe von einem Stück Seife einige Flocken ab und löse sie in Wasser. Gieße diese Seifenlösung an eine Pflanzenprobe.

Ähnlich wie bei Waschlauge 92 stirbt die Pflanze bei Einwirkung der Seifenlösung auf dem Nährboden ab. Auch Seife enthält laugenhafte Bestandteile, die diese Schädigung hervorrufen.



Experiment 94 soll Aufschlüsse darüber geben, wie Mineralöle den Pflanzenwuchs beeinträchtigen. Besorge dir etwas Motoröl, wie es für Kraftfahrzeuge im Motor verwendet wird oder etwas Heizöl und behandle eine Pflanzenprobe

damit, indem du das Öl in die Erde einer Pflanzschale füllst. Die Pflanze übersteht zwar die Mineralölbehandlung etwas länger, als das bei Essig oder Kochsalz der Fall ist, zeigt aber nach einiger Zeit (5–6 Tage) durch Einrollen der Blätter an, daß der Wachstumsprozeß beeinträchtigt wird. Läßt man das Mineralöl noch länger einwirken – evtl. noch etwas nachgießen – stirbt auch diese Pflanze ab.



Mineralölprodukte, wie Motoren- oder Heizöl, stellen eine große Gefährdung dar, wenn sie durch unsachgemäßen Umgang in den Boden gelangen. Durch die Speicherfähigkeit des Erdreichs ergeben sich Schädigungen, die über einen längeren Zeitraum wirksam bleiben und oft nur mit großen Anstrengungen – z. B. Abtragung und Austausch des verseuchten Erdreichs – zu beheben sind.

Bei Schadstoffen im Boden besteht immer die Gefahr, daß sie über die Pflanzen in die Nahrungskette oder ins Grundwasser und damit ins Trinkwasser gelangen.

Öle, Farben, Chemikalien nicht in den Ausguß gießen oder im Erdreich versickern lassen.

Sie gelangen ins Grundwasser oder in die Kläranlage und können dort schwere Schäden anrichten.



Luftverschmutzung – nicht nur in der Stadt

Eine weitere wichtige Lebensvoraussetzung für das Wachstum von Pflanzen ist die Luft. Wir benötigen Luft nicht nur in einer bestimmten Zusammensetzung, wir brauchen vor allem saubere Luft. In den dichtbesiedelten Regionen und in den Industriegebieten belasten viele Stoffe die Luft, die wir atmen. Wie der Mensch leidet auch die Pflanzen- und die Tierwelt durch die Schadstoffe.

Die folgenden Versuche sollen Aufschlüsse geben über die Auswirkungen von Schadstoffen in der Luft auf die Bioindikatoren.



Für Experiment 95 stelle dir ein Weckglas oder ein ähnlich großes Glasgefäß bereit. Erwärme dann über der Spiritusflamme im Verbrennungslöffel etwas Schwefelpulver und entzünde ihn.



Wenn der Schwefel mit bläulicher Flamme brennt, halte das Weckglas über den brennenden Schwefel und fange die Verbrennungsgase auf. Dann stülpe das Weckglas über eine Pflanzenprobe, die als Bioindikator benutzt wird. Schon nach Stunden, bestimmt aber am nächsten Tag, rollen sich die Blätter der Bohnenpflanze ein. Das Pflanzenwachstum ist schlagartig beendet, die Pflanze stirbt ab.

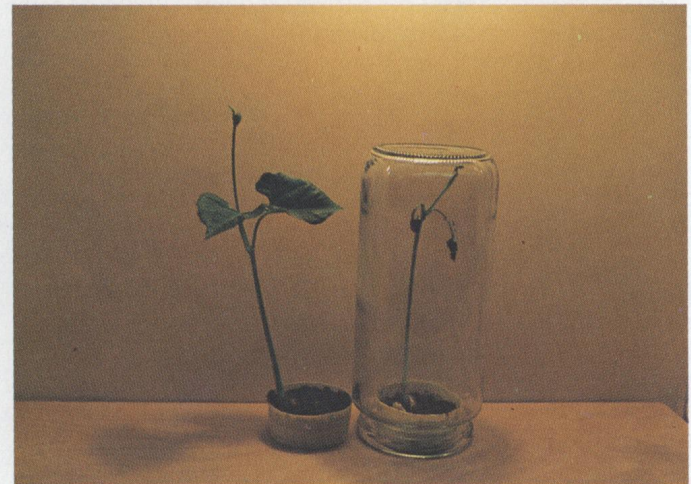
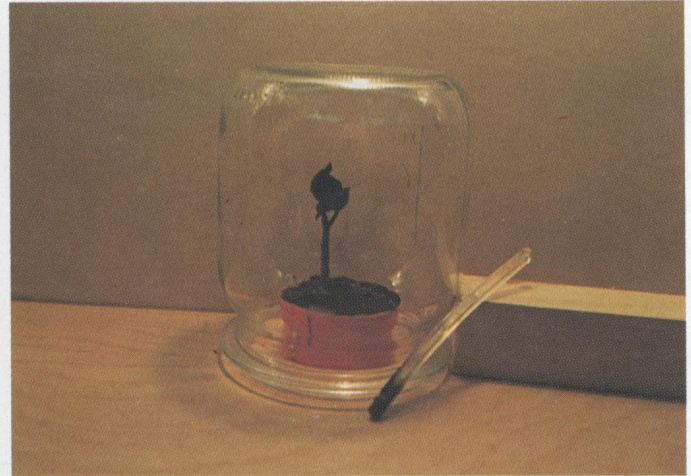
Bei der Verbrennung von Schwefel entsteht Schwefeldioxid, das für Pflanzen, Tiere und Menschen sehr schädlich ist. Schwefeldioxid stellt als Bestandteil von Rauch und Abgasen eine gefährliche Belastung des Luftraumes dar. Besonders im Winter, wenn große Mengen Kohle und Heizöl verbrannt werden, entweicht sehr viel Schwefeldioxid in die Luft. Mit Feuchtigkeit bildet es Schweflige Säure und Schwefelsäure und ist damit die Hauptursache für die Entstehung des „Sauren Regens“.



Im Experimentierkasten findest du einen Plastikstab aus PVC (Polyvinylchlorid), einem Material, das u. a. zur Herstellung von Fußbodenfliesen oder Wasserabflußrohren verwendet wird.

Halte für das folgende Experiment wieder ein Einweckglas bereit.

Erhitze den PVC-Stab in der Flamme des Spiritusbrenners und fange die Verbrennungsgase im Weckglas auf. Stülpe anschließend dieses Weckglas über eine Pflanzprobe.



Schon am nächsten Tag rollen sich die Blätter der Pflanze ein (Abb.), eine Schädigung ist deutlich erkennbar. Nach etwas längerer Zeit stirbt die Pflanze ab.

Bei der Verbrennung von PVC entsteht in geringen Mengen Salzsäuregas, das schädigende Wirkungen sowohl auf Pflanzen als auch auf Menschen und Tiere hat.

In Müllverbrennungsanlagen muß die Filteranlage Salzsäuregas aus dem Abgas herausfiltern können, weil immer mit PVC-Anteilen im Müll gerechnet werden muß.

Schon dieser eine Versuch zeigt auf, daß die Beseitigung des immer stärker anwachsenden Haus- und Industriemülls große Probleme aufwirft. Wenn Müll unachtsam gelagert wird, verschandeln wir unsere Landschaften und schaden der Natur. Bei ungefilterter Verbrennung verschmutzen wir die Luft. Eine sorgfältige Abfallbeseitigung ist ein wesentlicher Beitrag zum Umweltschutz.

Jeder einzelne Bürger kann dazu beitragen, indem er zum einen vermeidet, daß Gifte, Farbstoffe, Lösungsmittel, Öl usw. in den Hausmüll geraten und die Abfallbeseitigung erheblich erschweren. Zum anderen gibt es heute schon verstärkt die Möglichkeit, verschiedene Abfälle wie Glas und Papier der Wiederverwertung zuzuführen. Das führt zu einer geringeren Umweltbelastung, und außerdem werden Rohstoffe und Energie eingespart.

Eine der schwerwiegendsten Schadstoffquellen für Verschmutzung der Luft ist der Straßenverkehr. Um die schädliche Wirkung von Autoabgasen untersuchen zu können, bist du auf die Hilfe eines erwachsenen Partners, deines Vaters z. B., angewiesen.



Besorge dir zunächst eine durchsichtige Plastiktüte (Müll- oder Gefrierbeutel). Bitte deinen erwachsenen Partner, den Motor eines Kraftfahrzeuges im Stand einen Moment laufen zu lassen. Schiebe dann für **kurze Zeit** die Plastiktüte über den Auspuff und fange so Abgase des Motors auf. (Nur im Freien durchführen)!

Wenn du die Plastiktüte nach **kurzer** Zeit vom Auspuff ziehst, verschließe sie. Stülpe sie dann über die Pflanzprobe im Joghurtbecher und befestige sie mit einem Gummiband am Becher (Abb.), so daß möglichst keine Luft in den Behälter dringen kann.



Schon nach 1–2 Tagen zeigt der Bioindikator deutliche Anzeichen einer Schädigung im Wachstum. Das Ergebnis ist abhängig davon, wie gut es gelungen ist, die Abgase konzentriert aufzufangen. In den meisten Fällen wird es zum Absterben der Bohnenpflanzen kommen.

In fast allen Haushalten werden Spraydosen zur Körperpflege, Lederbehandlung, als Insektenvernichter usw. benutzt. Die entsprechenden Wirkstoffe werden zusammen mit einem schwebstoffhaltigen Gas, sogenannten Aerosol-Treibgasen, unter Druck in die uns bekannten Spraydosen gefüllt. Das Treibgas transportiert beim Austritt aus dem Sprühventil die beigegebenen Wirkstoffe.



In Experiment 98 kannst du untersuchen, wie dieses Treibgas bei hoher Konzentration den Pflanzenwuchs beeinträchtigt. Dazu benötigst du eine Spraydose (Körperpflege-mittel oder Kosmetikbereich) und ein Weckglas. Halte das Sprühventil der Spraydose nach unten, betätige den Druckknopf und fange das austretende Gas im Weckglas auf. Bei dieser Haltung tritt vorwiegend Treibgas aus, beigemengte Wirkstoffe bleiben weitgehend in der Dose zu-

rück. Stülpe das Weckglas über eine Pflanzenprobe. An den beiden folgenden Tagen sollte die Zugabe von Treibgas noch einmal wiederholt werden.

Am dritten oder vierten Tag ist am Erscheinungsbild der Pflanze deutlich abzulesen, daß das Treibgas sich schädigend auf das Wachstum auswirkt. Diese Schädigung tritt allerdings nur in einer so außerordentlichen Konzentration auf, die bei normaler Verwendung nie erreicht wird.

Bisher bestanden die meisten Treibgase aus Fluorwasserstoffen, die nach vorliegenden Forschungsergebnissen die Ozonschicht der Erde schädigen. Die Wissenschaftler sehen darin eine mögliche Zunahme von Hautkrebskrankungen.

In den USA ist deshalb die Verwendung von Fluorkohlenwasserstoffen als Aerosol-Treibgas seit 1979 verboten. Diesem Verbot hat sich auch Schweden angeschlossen. Innerhalb der Staaten der Europäischen Gemeinschaft, insbesondere aber in der Bundesrepublik, wurde die Verwendung von Fluorkohlenwasserstoffen durch Einsatz neuer Sprühmittel stark eingeschränkt. Durch Auszeichnung dieser neuen umweltfreundlichen Sprühmittel mit dem Umweltzeichen wird der Ersatz von Fluorkohlenwasserstoffen zusätzlich gefördert.



In Experiment 99 kann die Giftwirkung von Nikotin nachgewiesen werden. Laß dir von einem erwachsenen Helfer Zigaretten- oder Zigarrenrauch unter ein Weckglas blasen und stülpe das Glas über eine Bohnenpflanze. Der Vorgang muß 2- bis 3mal an den nachfolgenden Tagen wiederholt werden.

Zunächst rollen sich die Blätter der Pflanze von den Rändern her ein, später verkümmert die Pflanze unter dem Einfluß von Nikotin und stirbt schließlich ab.

Nikotin ist ein giftiges Alkaloid, das in der Tabakpflanze vorkommt. Ungefähr 30 bis 50 Prozent gelangen in den Rauch von Zigaretten oder Zigarren und dann zum Teil in den Organismus. Die Nikotinmenge weniger Zigaretten wäre auch für den Menschen eine tödliche Dosis, wenn es vom Körper nicht so schnell wieder abgebaut würde. Trotzdem bleibt natürlich eine gewisse schädigende Wirkung für den menschlichen Organismus in jedem Fall erhalten.





Das Experiment 100 bietet eine zusätzliche Möglichkeit, die Wirkung von Nikotin zu untersuchen. In zwei Pflanzschalen werden je 3 Bohnen in Blumenerde eingesetzt und feucht gehalten.

Wenn sich die Keimlinge entwickelt haben und die Pflanzen ca. 2 cm groß sind, wird über beide Proben ein Weckglas gestülpt. Über mehrere Tage hinweg wird bei einer Probe einmal täglich eine Dosis Zigarettenrauch in das Weckglas geblasen. Gießen nicht vergessen!

Nach ca. 10–12 Tagen – evtl. schon eher – ist ein deutlicher Wachstumsunterschied zu erkennen. Unter dem schädigenden Einfluß des Nikotins im Zigarettenrauch wächst die Pflanze zwar weiter, wenn die Konzentration nicht zu hoch ist, bleibt aber im Wachstum hinter den unbeeinträchtigt aufwachsenden Pflanzen zurück (Abb.).



In einem ähnlichen Vergleich kann im folgenden Experiment die Beeinträchtigung des Keimungsprozesses durch Mineralöl untersucht werden. In zwei Pflanzschalen werden je drei Bohnen in Blumenerde gesetzt und feucht gehalten. Einer Probe wird zusätzlich von Beginn etwas Motoren- oder Heizöl zugesetzt.

Unter dem Einfluß des Mineralöls bilden die Bohnen nach der üblichen Zeit von 3–4 Tagen meist gar keine Keimlinge aus. Sollten sich doch Keimlinge entwickeln, bleiben sie im Wachstum hinter den unbehandelten Vergleichspflanzen zurück.

Aus vielen Veröffentlichungen oder Zeitungsberichten über Ölkatastrophen sind uns die Umweltgefahren, die durch Mineralöle hervorgerufen werden können, bekannt. Es besteht daher eine große Verpflichtung für alle, die mit Erdölprodukten umgehen müssen, sachgemäß und sorgfältig zu handeln und die bestehenden Sicherheitsvorschriften unbedingt zu beachten.



Experiment 102 ist abhängig von der Umgebung deines Wohnortes durchzuführen. Du kannst die Einwirkung von stark verschmutztem Wasser auf das Keimungsverhalten untersuchen.

Das Ergebnis dieses Experiments ist davon abhängig, ob es dir gelingt, stark mit Schadstoffen belastetes Wasser, z. B. aus einem Industrieabwasserkanal oder einem stark verschmutzten Flußlauf, zu besorgen.

Zur Vorbereitung werden zwei Pflanzschalen mit Blumenerde gefüllt und jeweils 3 Bohnensamen eingesetzt. Probe 1 wird mit Leitungswasser begossen. Probe 2 mit dem Wasser, das Schadstoffe enthält.

Du mußt nun die beiden Proben über einen gewissen Zeitraum beobachten. Wenn es dir gelungen ist, entsprechend verunreinigtes Wasser aufzutreiben, wirst du einen Wachstumsunterschied erkennen können. Geringe Verschmutzungen verarbeiten die Pflanzen, ohne daß es merkliche Unterschiede im Wachstum gibt.

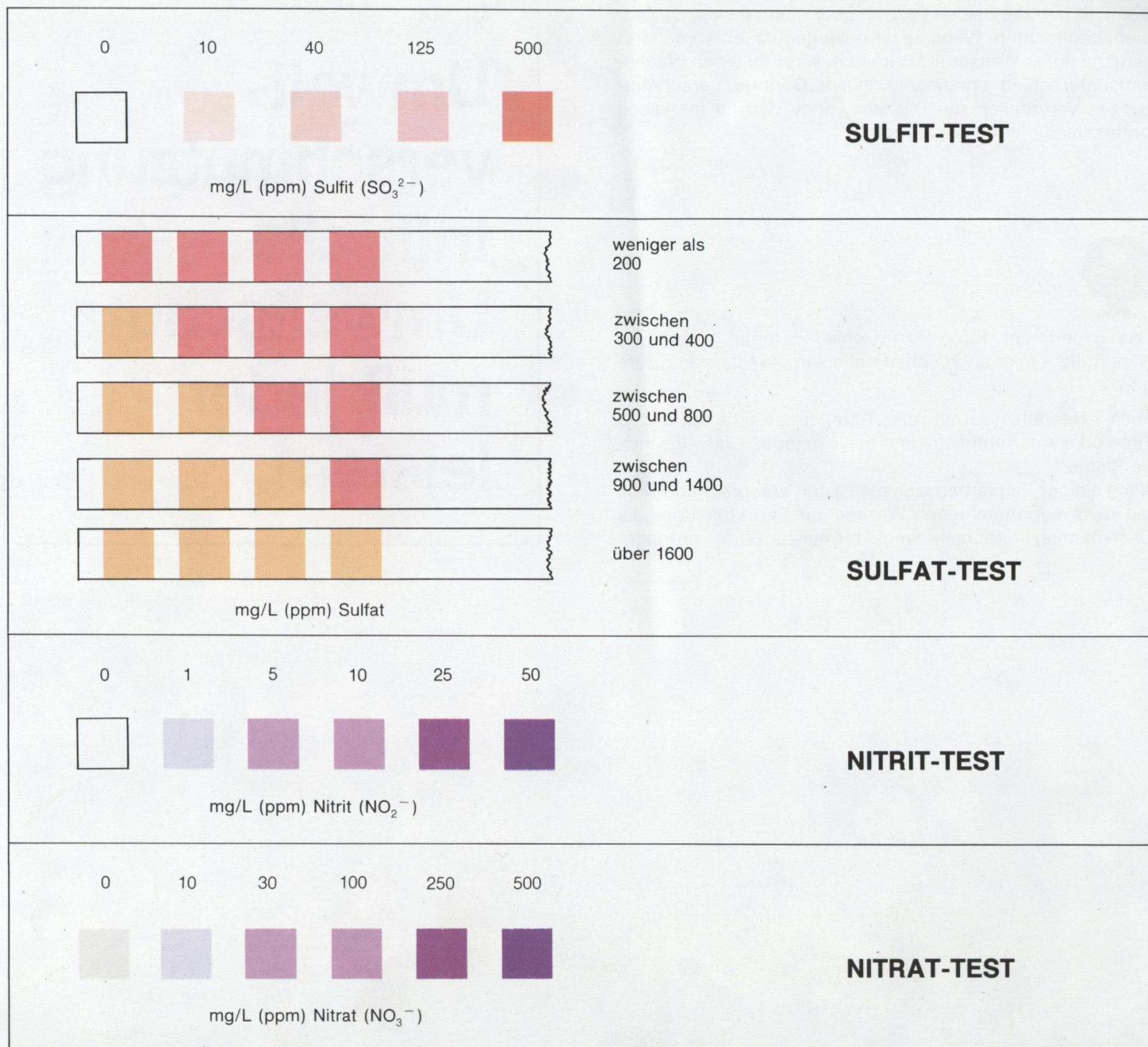


Das Experiment 103 soll Aufschluß darüber geben, wie Nährstoffe – aber auch Schadstoffe – in die Pflanzen gelangen.

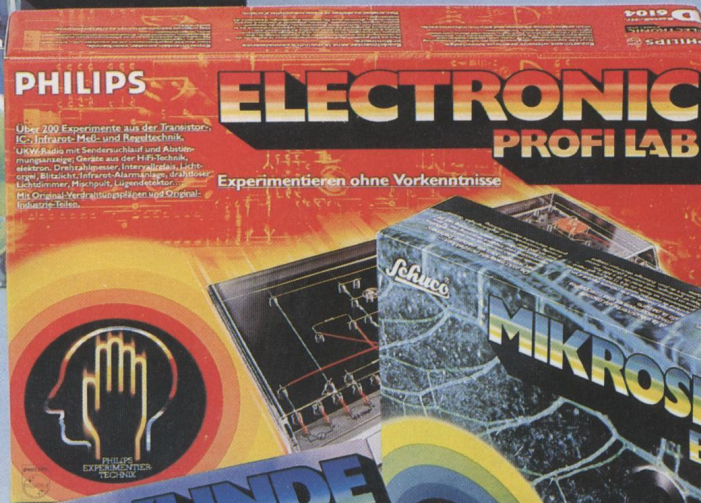
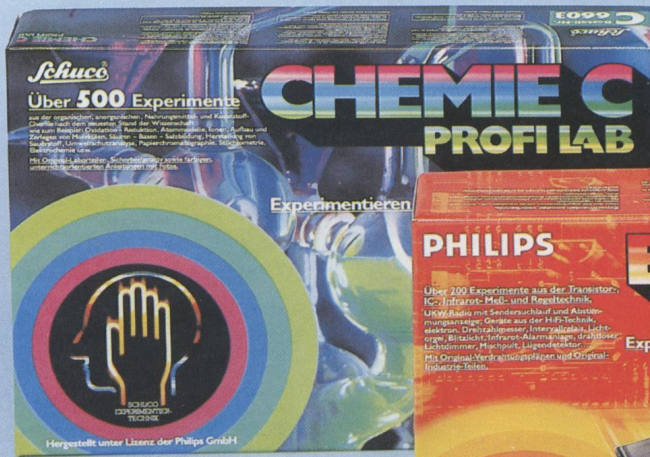
Fülle 1 Reagenzglas mit roter Tinte, ein zweites mit blauer Tinte oder Ausziehtusche und stelle in jedes Glas eine weiße Blume.

Nach einiger Zeit färben sich die Blüten entsprechend, weil mit dem aufgenommenen Wasser der Farbstoff über die Leiterbahnen im Blumenstengel bis hin zur Blüte vordringt.

**Umwelt-
verschmutzung
trifft alle –
Umweltschutz
muß jeder
leisten!**







Das große Programm
für junge Leute
und begeisterte
Hobby-Forscher



Aktuell und praxisbezogen
Original-Industrieteile
Experimentieren ohne Vorkenntnisse
Ausführliche Anleitungsbücher

Alle Bauteile kannst du bei deinem Fachhändler nachkaufen oder bei den nachfolgenden Adressen bestellen:

in Deutschland:

Schuco[®] -EXPERIMENTIER-TECHNIK
Hauptstraße 28 · Tel. (091 07) 2 44
8501 Trautskirchen

in Österreich:

Spiel-Sport-Stadlbauer Ges.m.b.H.
Postfach 83
5027 Salzburg

in der Schweiz:

Witeco-AG
Mühlenmattstr. 23
4104 Oberwil BL

Lieferanschrift für Chemikalien, die nicht im Experimentierkasten enthalten sind:
Bunge Chemie-Versand · Postfach 11 36 · 2150 Buxtehude · Telefon (041 67) 18 54





Aus der Vielzahl der Experimente:

Bio-Indikatoren
Schnelltest-Verfahren
Schadstoffe im Regenwasser
Rauchskala – Staub in der Luft
Bodenverhältnisse entscheiden
Erdöl – Feind des Trinkwassers
Pflanzen und Nikotin