Eidgenössische
Technische Hochschule
Zürich
Institut für Verhaltenswissenschaft
Geographisches Institut

»Na endlich, die Regierung unternimmt was gegen den sauren Regen!«

Luftverschmutzung

Ein Leitprogramm für den Geographieunterricht

(Lehrerheft)

Herausgegeben von S. Reinfried und J. Roth

ETH-Leitprogramm Luftverschmutzung

Version Juli 1995

Schulbereich, Stufe
Gymnasium, 11. - 13. Schuljahr

Fachliche Vorkenntnisse
Symbole der chemischen Elemente, chemische Formeln, chemische Gleichungen, pH-Wert, Säure-Basen-Reaktionen

Bearbeitungsdauer
ca. 9 Lektionen

Autoren

Stefan Casanova
Andres Fischer
Christoph Marty
Christian Maurer
Martin Rohmann
Sylvia Zesiger

Textverarbeitung und Layout

Thomas Stucki, Marc Wüest

Titelbild

H. Haitzinger: Globetrottel 1991, Bruckmann München.

Bezugsquelle
Dr. Sibylle Reinfried
Flühgasse 33
8008 Zürich
Telefon 01 - 382 27 87
Telefax 01 - 383 17 02

Die *ETH-Leitprogramme* sind ein Gemeinschaftsprojekt von Karl Frey und Angela Frey-Eiling (Initiatoren), Walter Caprez (Chemie), Hanspeter Dreyer (Physik), Werner Hartmann (Informatik), Urs Kirchgraber (Mathematik), Hansmartin Ryser (Biologie), Sibylle Reinfried und Jörg Roth (Geographie), zusammen mit den Autorinnen und Autoren.

Dieses Projekt wurde durch die ETH Zürich finanziell unterstützt.

Diese Vorlage darf für den Gebrauch im Unterricht nach Belieben kopiert werden. Nicht erlaubt ist die kommerzielle Verbreitung.

Inhaltsverzeichnis

Einführung.....
4
Anhang Kapitel 1.....6
1.1.: Kapitel-Test für den Lehrer.....6
1.2. : Mediothek und Materialien für die Schüler.....7
1.3.: Lehrervorbereitung.....7
Anhang Kapitel 2.....8
2.1.: Kapitel-Test für den Lehrer.....8
2.2.: Mediothek und Materialien für die Schüler.....10
2.3.:
Lehrervorbereitung.....10
Anhang Kapitel 3.....12
3.1.: Kapiteltest für den Lehrer.....12
3.2.: Mediothek und Materialien für die Schüler.....14
3.3.: Lehrervorbereitung.....14
Anhang Kapitel 4.....15
4.1.: Kapiteltest für den Lehrer.....15
4.2.: Mediothek und Materialien für die Schüler.....17
4.3.: Lehrervorbereitung.....
.17
Anhang Kapitel 5.....26
5.1.: Kapitel-Test für den Lehrer.....26
5.2.: Mediothek und Materialien für die Schüler.....28
5.3.:
Lehrervorbereitung.....27
a) Als Grundlagen benutzte Quellen.....29
b) Zitierte Quellen.....33

Einführung

Was ist ein Leitprogramm ?
Das Leitprogramm ist eine Art Lernprogramm. Der Schüler und die Schülerin arbeiten alleine. Im Leitprogramm findet er/sie sowohl den Lernstoff, Übungen, Arbeitsunterlagen und Tests, als auch Verweise auf eine Handbibliothek im Schulzimmer, auf kleine Experimente oder Recherchen, die durchzuführen sind. Das Heft leitet durch den Unterricht. Deshalb heisst es Leitprogramm. Wenn der Schüler / die Schülerin ein Kapitel durchgearbeitet hat, meldet er/sie sich zur Erfolgskontrolle (in der Regel ein Test) beim Lehrer.

Warum mit einem Leitprogramm arbeiten ?
Der Stoff ist präzise ausgearbeitet und zielorientiert aufgebaut. Die Methode folgt dem "Mastery-Prinzip", das heisst, der Schüler geht erst zur nächsten Einheit, wenn er die vorausgehende "gemeistert" hat. Wer den Inhalt eines Kapitels verstanden hat, kann darauf aufbauen. Dieser schrittweise Aufbau der Materie garantiert den Lernerfolg.
Da die Schüler ihr Arbeitstempo selber bestimmen, werden die Langsameren der Klasse nicht überfordert, die Schnelleren langweilen sich nicht. Diese können an Zusatzkapiteln (Additum) arbeiten.

Was beinhaltet ein Leitprogramm-Heft ?
Dieses Leitprogramm besteht aus zwei Heften. Das Lehrerheft enthält Kapiteltests, Hinweise zur Mediothek und zum Experimentiermaterial sowie das Literaturverzeichnis. Das Schülerheft umfasst das eigentliche Leitprogramm "Luftverschmutzung". In jedem Kapitel findet der Schüler eine gegliederte Übersicht, Lernziele, den Lernstoff sowie Aufgaben mit Lösungen.

Wie soll das Leitprogramm benützt werden?
Das Leitprogramm besteht aus 5 Kapiteln zum Thema "Luftverschmutzung". Für die Bearbeitung jedes Kapitels benötigen die Schüler zwischen 30 bis 90 Minuten. Grundsätzlich wurden die Themen so ausgewählt, dass sie die wichtigsten Bereiche der Luftverschmutzung abdecken. Kapitel 4. kann auch nur als Additum, d.h. als Zusatz für Schnelllerner eingesetzt werden. Noch ein Tip für diejenigen Lehrer, die das Leitprogramm einsetzen wollen, aber nur wenige Lektionen zur Verfügung haben: Man kann Teile von Kapiteln als Hausaufgaben geben.

Mit den Fragen, die im Lehrerheft unter *Kapitel-Test für den Lehrer oder Tutor* erscheinen, kann der Lehrer das Wissen seiner Schüler kontrollieren. Der Schüler nimmt das nächste

Kapitel erst in Angriff, wenn er das vorangehende beherrscht. Er geht deshalb nach dem Bearbeiten eines Kapitels beim Lehrer vorbei, um einen mündlichen Test abzulegen. Die Bewertung der Antworten ist dem Prüfer überlassen. Er kann vor dem Test die Anzahl der Punkte oder der richtigen Antworten selber festlegen. Sollte ein Schüler den Test nach Ermessen des Lehrers oder Tutors nicht bestanden haben, legt er diesen nach einer Repetition des betreffenden Kapitels erneut ab. Der Prüfer sollte für diesen Fall einige Zusatzfragen vorbereiten.

Dieses Leitprogramm wurde von Geographiestudenten im SS 1991 als Semesterarbeit im Rahmen der allgemein-didaktischen Ausbildung für das höhere Lehramt an der ETH Zürich unter Prof. Dr. Karl Frey, Institut für Verhaltenswissenschaft, Turnerstr. 1, ETH-Zentrum, 8092 Zürich, erstellt. Es wurde 1993 und 1995 von den ETH-Praktikumslehrern Dr. J. Alean und Dr. H. P. Jäger, sowie den Fachdidaktikern Dr. J. Roth und Dr. S. Reinfried grundlegend überarbeitet, erprobt und verbessert. Dr. D. Grebner vom Geographischen Institut der ETH Zürich überprüfte den Text auf seine fachliche Korrektheit.

Anhang Kapitel 1.

1.1.: Kapitel-Test für den Lehrer

Frage 1.1.
In der oberen Stratosphäre und in der unteren Mesosphäre (im Mittel von 30 bis 60 km Höhe) lässt sich ein markantes Temperaturmaximum messen. Erkläre, auf welches Phänomen dies zurückzuführen ist?

Frage 1.2.
Die Atmosphäre bildet nur eine sehr dünne Hülle um die Erde. Sie ist jedoch sehr wichtig für alles Leben auf der Erde. Erläutere zwei Gründe weshalb es ohne diese Atmosphäre kein Leben geben kann.

Frage 1.3.
Welchen Einfluss übt die Zunahme des Wasserdampfgehaltes in der Atmosphäre auf den Wärmehaushalt und den Treibhauseffekt der Erde aus?

Frage 1.4.
Mit welchem Fachbegriff wird der Schadstoffhaushalt von der Produktion bis zur Einwirkung beschrieben?

Antwort 1.1.

- Die Ozonschicht befindet sich in dieser Höhe von 20 bis 50 km.
- Ozon absorbiert die UV-Strahlung.
- Dabei wird Wärme produziert.

Antwort 1.2.

1.) Die Atmosphäre enthält 21% Sauerstoff, der für jede Verbrennung unerlässlich ist. Auch für die Verbrennung von Stärke und somit zur Energiegewinnung braucht unser Körper Sauerstoff, den wir über die Atmung aufnehmen. Ohne Sauerstoff würde auf der Erde das uns bekannte Leben nicht existieren.

2.) Die Atmosphäre hält einen grossen Teil der langwelligen Strahlung zurück. Dies führt zu einem Wärmestau in der Atmosphäre. Die durchschnittliche Lufttemperatur der Erde beträgt rund 15°C. Ohne diesen Treibhauseffekt wäre sie rund 30°C tiefer.

3.) Kein Wasser auf den Kontinenten

Antwort 1.3.

- Höherer Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre bedeutet mehr Bewölkung. Dies wiederum bedeutet grössere direkte und indirekte Reflexion an den Wassermolekülen. Die kurzwellige Strahlung wird vermehrt direkt in den Weltraum reflektiert. Weniger Energie erreicht die Erdoberfläche. Die Temperatur nimmt ab.
- Der Treibhauseffekt wird verstärkt. Die langwellige Ausstrahlung wird noch stärker unter der Wolkendecke zurückgehalten. Es kommt zu einer verstärkten Temperaturerhöhung in der Atmosphäre und auf der Erdoberfläche.

  Welcher der beiden Effekte überwiegen wird, ist offen.

Antwort 1.4.

- Emission
- Transmission
- Deposition
- Immission

1.2. : Mediothek und Materialien für die Schüler

Buch 1:
Formel und Tafeln ; Mathematik - Physik
(z.B. Unterrichtswerk der deutschschweizerischen Mathematik- und Physikkommission 1977)

1.3.: Lehrervorbereitung

Experiment 1 : 1 Glaszylinder
1 Kerze
4 Holzklötzchen
Zündhölzer

Experiment 2 : 2 Spotlightlampen à 100 Watt
2 Thermometer
1 Glaszylinder

Anhang Kapitel 2.

2.1.: Kapitel-Test für den Lehrer

Frage 2.1.

In Abbildung 2-7 sind Kreisdiagramme dargestellt. Sie beinhalten prozentuale Anteile von drei verschiedenen Quellengruppen für Schadstoffe. Die Zahlen gelten für den Kanton Zürich. Weiter sind unten vier Schadstoffe genannt. Versuche, die vier Schadstoffe den vier Kreisdiagrammen zuzuordnen, indem Du Dir überlegst, welche Quellengruppen hauptsächlich welche Schadstoffe produzieren.

A) Kohlenwasserstoffe B) Kohlenmonoxid C) Schwefeldioxid D) Stickstoffoxide

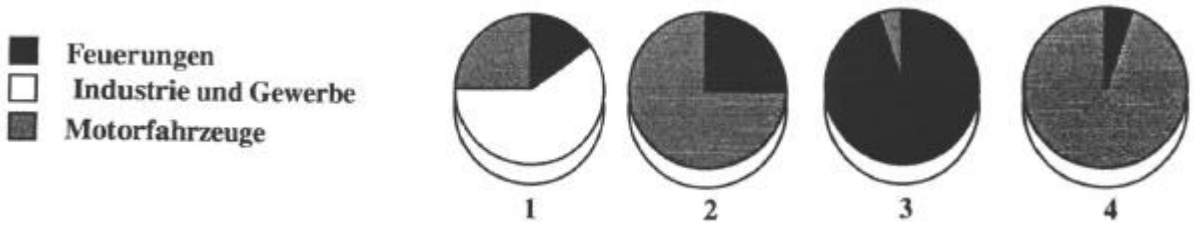

Abb. 2-7: Anteile von Quellengruppen am Jahresausstoss von Luftschadstoffen im Kanton Zürich (Luftreinhaltung im Kanton Zürich 1987, 10).

Frage 2.2.

In den letzten Jahren mussten alle Tankstellen ihre Säulen mit Absaugstutzen ausrüsten.

- Welche Stoffemissionen sollen damit reduziert werden?
- Welche Auswirkungen haben sie auf den Menschen? Nenne mindestens zwei Auswirkungen.
- Welche Auswirkungen haben sie auf die Umwelt? Nenne mindestens zwei.

Frage 2.3.

Ein Redner bringt in einer Diskussion das Argument, dass die meisten Schadstoffe sowieso auch in grossen Mengen in der Natur entstehen und man zu Unrecht immer den anthropogenen Quellen die Schuld in die Schuhe schiebt.

Nenne mindestens zwei Argumente, um seine Aussage zu widerlegen.

Frage 2.4.
Wenn es um Massnahmen gegen die Luftverschmutzung geht, werden häufig Beweise für deren Wirksamkeit gefordert (z.B. Temporeduktionen). Überlege Dir, warum die Beweisführung häufig schwer zu erbringen ist. Nenn zwei Gründe.

Antwort 2.1.
A1 / B4 / C3 / D2

Antwort 2.2.

- Die Emmissionen der flüchtigen Kohlenwasserstoffe (VOC).
- Reizungen von Schleimhäuten und Augen. Sie enthalten krebserregende Substanzen.
- Zusammen mit den Stickoxiden sind sie Vorläufer des Sommersmoges (Ozonbildung). Sie verursachen:
  - Gewebeschäden an Pflanzen
  - Gebäudeschäden

Antwort 2.3.
Die grossen Mengen, die in der Natur entstehen, stehen in der westlichen, industrialisierten Welt in keinem Verhältnis zu den anthropogenen Ausstössen. Die natürlichen Emissionen schwanken zwischen < 0.1% beim SO_2 und 22.6% beim CH_4 und sind in der Regel absolut unbedeutend. Es kommt dazu, dass gerade das Methan zu grossen Teilen aus der Massentierhaltung, den Reisfeldern und auftauenden Sumpfgebieten Sibiriens kommt, was in diesem Zusammenhang nicht zu den natürlichen Phänomenen gezählt werden kann.
Bei Vulkanausbrüchen werden grosse Mengen von Schadstoffen freigesetzt. Der gefährliche Ausstoss von Schwefelverbindungen aus Vulkanen (SO_2, H_2S) ist aber trotzdem 20mal geringer, als die anthropogen verursachten Emissionen und damit vernachlässigbar (Seinfeld, 1986, S.11).

Antwort 2.4.

- Kombinierte Einwirkungen von Stoffen (Synergieeffekte) sind sehr schwierig zu quantifizieren (in Mengen anzugeben) und zu beweisen.
- Immissionsmessungen sind von vielerlei Umständen abhängig: Standort, Messtechnik, Witterung, Art der Geräte, usw.

2.2.: Mediothek und Materialien für die Schüler

Es sind keine zusätzlichen Materialien vorgesehen.

2.3.: Lehrervorbereitung

Für die Bearbeitung der Aufgage 2.1. im Kapitel 2.1.1. benötigen die SchülerInnen je eine Kopie der Abbildungen 2-2 und 2-3. Die Abbildungen sind nachfolgend beigefügt.

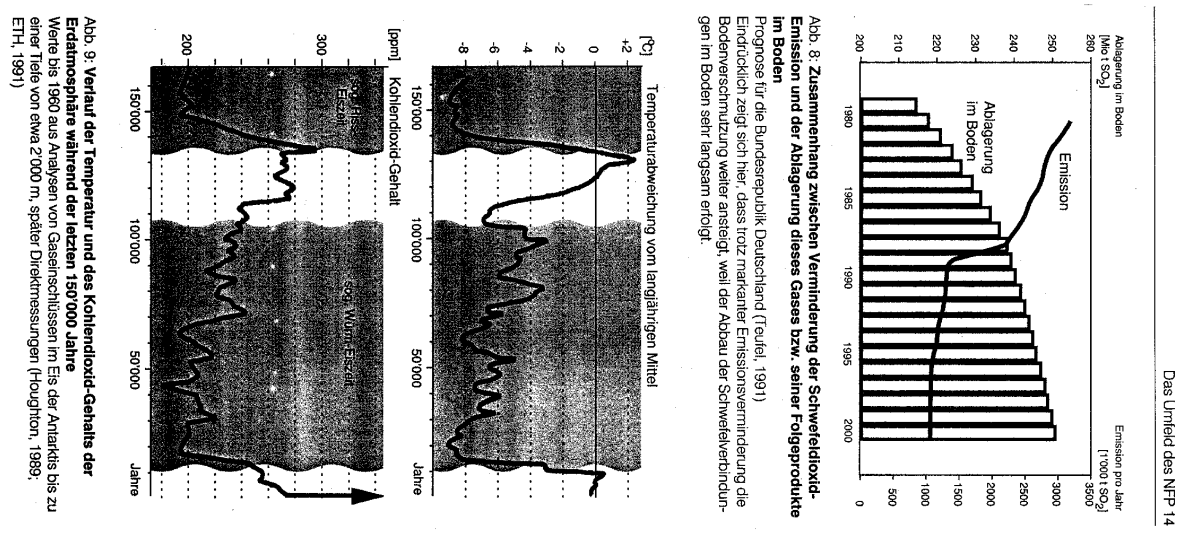

Abb. 8: **Zusammenhang zwischen Verminderung der Schwefeldioxid-Emission und der Ablagerung dieses Gases bzw. seiner Folgeprodukte im Boden**
Prognose für die Bundesrepublik Deutschland (Teufel, 1991)
Eindrücklich zeigt sich hier, dass trotz markanter Emissionsverminderung die Bodenverschmutzung weiter ansteigt, weil der Abbau der Schwefelverbindungen im Boden sehr langsam erfolgt.

Abb. 9: **Verlauf der Temperatur und des Kohlendioxid-Gehalts der Erdatmosphäre während der letzten 150'000 Jahre**
Werte bis 1960 aus Analysen von Gaseinschlüssen im Eis der Antarktis bis zu einer Tiefe von etwa 2'000 m, später Direktmessungen (Houghton, 1989; ETH, 1991)

Abb. 2-2

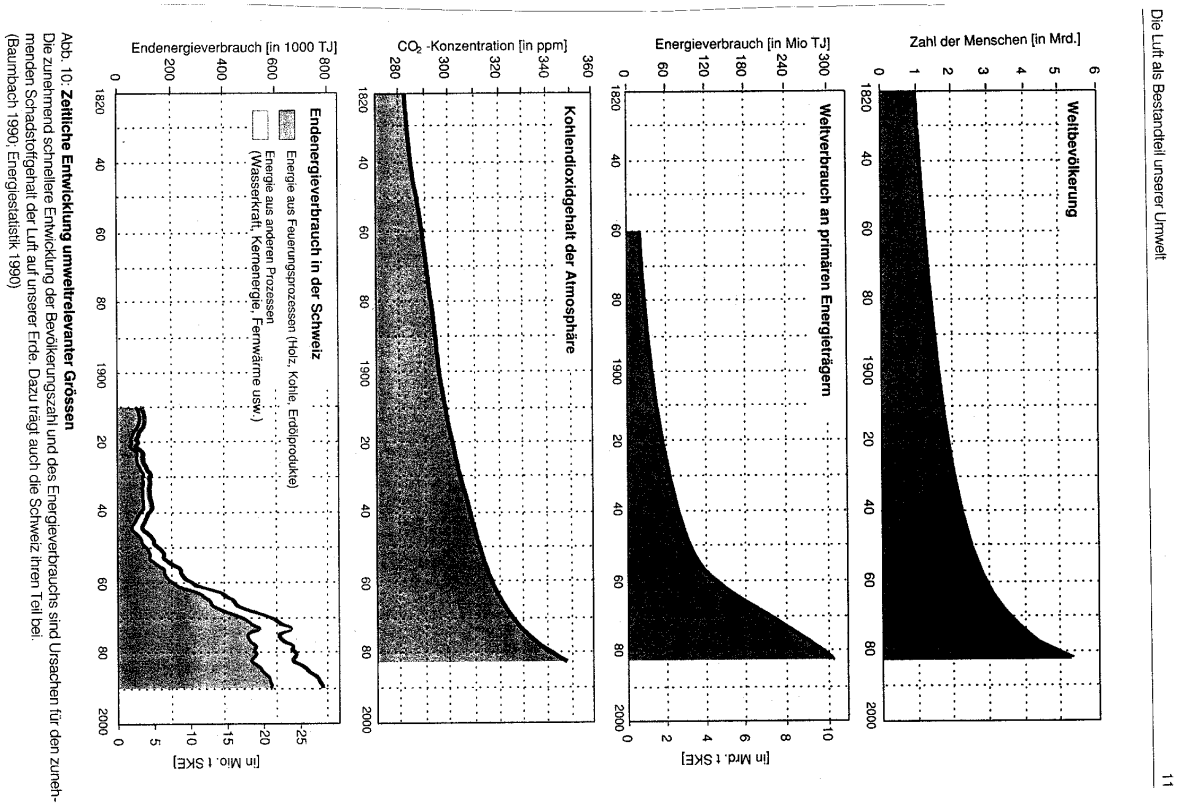

Abb. 10: **Zeitliche Entwicklung umweltrelevanter Grössen**
Die zunehmend schnellere Entwicklung der Bevölkerungszahl und des Energieverbrauchs sind Ursachen für den zunehmenden Schadstoffgehalt der Luft auf unserer Erde. Dazu trägt auch die Schweiz ihren Teil bei.
(Baumbach 1990, Energiestatistik 1990)

Abb. 2-3

aus: Roth 1992: Luft, S. 10. 11

Anhang Kapitel 3.

3.1.: Kapiteltest für den Lehrer

Frage 3.1.
Betrachte nochmals die Abbildung 3-1 im Kapitel 3.1.1. im Schülerheft. In diesem Schema nehmen die Hydroxylradikale (OH) eine zentrale Stellung ein. Weshalb?

Frage 3.2.
Wir befinden uns irgendwo in Mitteleuropa. Ein fiktives bewaldetes Mittelgebirge, welches ziemlich genau in Nord-Süd-Richtung verläuft, ist durch den sauren Regen in Mitleidenschaft gezogen worden. In diesem Gebirge entspringen 21 Quellen. Gemäss der folgenden Tabelle sind die Quellen entsprechend ihren chemischen Daten in zwei Gruppen einteilbar:

Tab. 3-1: (Quelle: Geiger, Praxis Geographie 6/1989, 30)

	Westabdachung	Ostabdachung
Anzahl Quellen:	10	11
ph-Wert:	3.75 - 4.4	6.75 - 7.8
Al-Konzentration:	2.6 - 7.9 mg/l	kein Al

a) Wie erklärst Du Dir die unterschiedlichen pH-Werte?

b) Weshalb sind an der Ostabdachung keine Al-Ionen nachweisbar?

c) Wie beurteilst Du die Fischvorkommen in den Gewässern dieses Gebirges?

Frage 3.3.
Du hast gelernt, dass für die Entstehung des Ozonlochs die stratosphärischen Eiswolken von grosser Bedeutung sind. Das Auftreten dieser Wolken ist temperaturabhängig. Wie wirkt sich diese Temperaturabhängigkeit auf das Ozonloch aus?

Frage 3.4.
"Der Sommersmog ist ein Glücksfall für uns. Denn durch das troposphärische Ozon wird ein Teil der UV-Strahlung, die wegen des Ozonlochs die Stratosphäre durchdringt, doch noch absorbiert". Wie beurteilst Du diese Aussage?

Antwort 3.1.

Das Hydroxylradikal (OH) wandelt Stickstoffdioxid (NO_2) in Salpetersäure (HNO_3) um und ist somit Ausgangspunkt von Reaktionen, welche Schwefeldioxid (SO_2) in Schwefelsäure (H_2SO_4) überführen. Das Hydroxydradikal (OH) ist dabei praktisch "unausrottbar", da es durch Reaktionen mit Stickstoffmonoxid (HO_2+ NO --> NO_2+ OH) jeweils wieder neu gebildet wird. Es kann somit Tausende von schwefel- oder stickstoffhaltigen Molekülen oxidieren.

Antwort 3.2.

a) Es sind zwei Möglichkeiten denkbar:

1) Stichwort: Exposition. Wir befinden uns im Westwindgürtel, d.h. die vorherrschende Windrichtung ist Westwind. Die Schadstoffe resp. die sauren Niederschläge werden also von Westen herangeführt und regnen an der Westabdachung aus (Luv / Lee - Effekte).

2) Stichwort: Geologie. West- und Ostseite des Gebirges weisen einen unterschiedlichen geologischen Aufbau auf. Die Pufferkapazität der Böden ist entsprechend verschieden (Westseite < Ostseite).

b) Der pH-Wert der Böden ist hoch. Somit sind die Al-Ionen nicht mobil, d.h. sie sind noch in den Tonmineralien eingebunden.

c) Freie Al-Ionen sind für die Lebewesen in zu hohen Konzentrationen giftig. Somit ist es um den Fischbestand in der Westabdachung eher schlecht bestellt (Toxizitätsgrenze für Fische: 0.2 mgAl/l).Ostseite gut.

Antwort 3.3.

Die Eiswolken, welche die Cl_2-Moleküle und schliesslich die Cl-Radikale zum Ozonabbau liefern, bilden sich im Winter bei extrem tiefen Temperaturen (-80°C). Wegen der Polarnacht in der Polarregion sammeln sich grosse Mengen von lichtempfindlichen Cl_2-Molekülen. Erst mit zunehmender Sonneneinstrahlung im Hemisphärenfrühjahr und maximaler Cl-Radikal-Menge wird das Maximum des Ozonabbaus erreicht. Grösse und Ausprägung des Ozonlochs hängen also von den wechselnden Temperaturverhältnissen in der Polregion ab.

Antwort 3.4.

1. Richtig ist, dass das troposphärische Ozon einen Teil der UV-Strahlung absorbiert. (Dütsch 1991: Schwächung der stratosphärischen UV- Absorptionskapazität wird zu ca. einem Drittel durch die Zunahme des troposphärischen Ozons kompensiert).

2. Wegen der gesundheitsgefährdenden Folgen des Sommersmogs darf man dennoch nicht von einem Glücksfall sprechen.

3.2.: Mediothek und Materialien für die Schüler

Buch 1:
Schweizer Weltatlas (1993)

Datensatz 1:
Aktuelle Daten der letzten Tage über Ozon- und Stickoxidkonzentrationen
(publiziert in der Tagespresse).

Zeischrift 1:
Spektrum der Wissenschaft, März 1988.

Zeischrift 2:
Spektrum der Wissenschaft, August 1991.

Zeischrift 3:
BUWAL: Broschüre "Saubere Luft - Wir atmen unsere eigene Abluft".

Zeitungsartikel 1:
Dütsch H.U.: Der Photosmog - eine moderne Atmosphärenkrankeit.
In: Neue Zürcher Zeitung, Nr. 222, 25.9.1991.

3.3.: Lehrervorbereitung

Für Kapiteltest-Frage 3.4 sind ein / mehrere Lösungsblätter mit Hilfe der aktuellen Daten über Ozon- und Stickoxydkonzentrationen aus der Tagespresse vorzubereiten.
Nach Gutdünken für jeden Schüler ein Exemplar der Broschüre "Saubere Luft - Wir atmen unsere eigene Abluft" bei EDMZ, 3000 Bern bestellen.
BUWAL: Broschüre "Saubere Luft - Wir atmen unsere eigene Abluft".
(Bestellnummer 319.320/d).

Anhang Kapitel 4.

4.1.: Kapiteltest für den Lehrer

Frage 4.1.

Stichwort Treibhausgase:

a) Nenne fünf anthropogene Treibhausgase.

b) Welches der fünf Treibhausgase kommt als einziges nicht natürlicherweise in der Atmosphäre vor?

c) Wie schätzst Du die gegenwärtige Treibhauswirksamkeit der fünf Spurengase ein?

Frage 4.2.

Stichwort CO_2 in der Atmosphäre:

a) Wie gross war die CO_2-Gehalt der Luft vor 200 Jahren und wieviel beträgt er heute?

b) Erkläre das Kürzel 'ppm'.

Frage 4.3.

Stichwort Folgen des Treibhauseffektes:

a) Nenne zwei mögliche Auswirkungen des anthropogen verursachten Treibhauseffektes.

b) Wie verändert sich die mittlere globale Niederschlagsmenge als Folge der Erwärmung an der Erdoberfläche?

Frage 4.4.

Stichwort Luftverschmutzung in der Schweiz:

a) Wie werden die SO_2-, die NO_x- und die VOC-Emissionen hauptsächlich verursacht?

b) Welche der drei Quellengruppen Industrie, Verkehr und Haushalte trägt gesamthaft gesehen am wenigsten zur Luftbelastung in der Schweiz bei?

c) Bei welchen Stoffen müssen dringend Massnahmen zur Verminderung des Ausstosses getroffen werden? Begründe Deine Antwort!

Antwort 4.1.

a) Kohlendioxid, Methan, Fluorchlorkohlenwasserstoffe, Lachgas, Ozon

b) Fluorchlorkohlenwasserstoffe

c) Kohlendioxid, Methan und die Fluorchlorkohlenwasserstoffe tragen heute den grössten Teil zum künstlichen Treibhauseffekt bei. Lachgas spielt zur Zeit eine noch untergeordnete Rolle. Ozon ist möglicherweise ein wirksames Treibhausgas.

Antwort 4.2.

a) Vor 200 Jahren: 280 ppm / heute: 350 ppm

b) Mit der Einheit 'ppm' kann man den Volumenanteil eines Stoffes in der Luft angeben. Dabei entspricht 1 ppm einem Millionstel eines bestimmten Luftvolumens.

Antwort 4.3.

a) - Erhöhung der mittleren Globaltemperatur

- Anstieg des Meeresspiegels

- Meridionale Verschiebung der Klimagürtel um einige hundert Kilometer

b) Eine Erwärmung wird vermutlich global zu einer Zunahme der Niederschläge führen, da mehr Wasser verdunsten wird. Generell werden die Niederschläge um so mehr zunehmen, je stärker die Erwärmung sein wird.

Antwort 4.4.

a) SO_2: Verbrennung von schwefelhaltigen Brennstoffen in den Haus- und Industriefeuerungen.
NO_x: Verbrennung von Treibstoffen in Fahrzeugmotoren.
VOC: Verbrennung von Treibstoffen in Fahrzeugmotoren und Benützung von Lösungsmitteln in Haushalt, Industrie und Gewerbe.

b) Haushalte

c) In erster Priorität müssen die NO_x- und VOC-Emissionen reduziert werden. Ihre Emissionen liegen heute deutlich über dem Niveau von 1950. Zudem sind diese beiden Schadstoffe massgeblich an der Ozonbildung beteiligt. Die Ozonbelastung ist gegenwärtig ein grosses lufthygienisches Problem. Die Immissionsgrenzwerte für Ozon werden in den Sommermonaten in weiten Teilen der Schweiz regelmässig überschritten.

4.2.: Mediothek und Materialien für die Schüler

Bundesamt für Umweltschutz: Vom Menschen verursachte Schadstoff-Emissionen in der Schweiz 1950 - 2010. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 76. Bern 1987 (Kopien der drei benötigten Seiten liegen bei).

Bezugsquelle: Dokumentationsdienst, Bundesamt für Umweltschutz, 3003 Bern Preis: Fr. 19.--

Zu benutzen in Kapitel 4.2.

4.3.: Lehrervorbereitung

Für die Bearbeitung des Kapitels 4.1 benötigen die SchülerInnen **je eine Kopie** der Abbildungen 4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 4-5, 4-6, 4-7 und 4-8. Die Abbildungen sind nachfolgend beigefügt.

Für das Lösen diverser Aufgaben benötigen die SchülerInnen einen **Taschenrechner**. Pro Bank muss deshalb mindestens ein Taschenrechner vorhanden sein.

Für Aufgabe 4.7 wird **Millimeterpapier** benötigt.

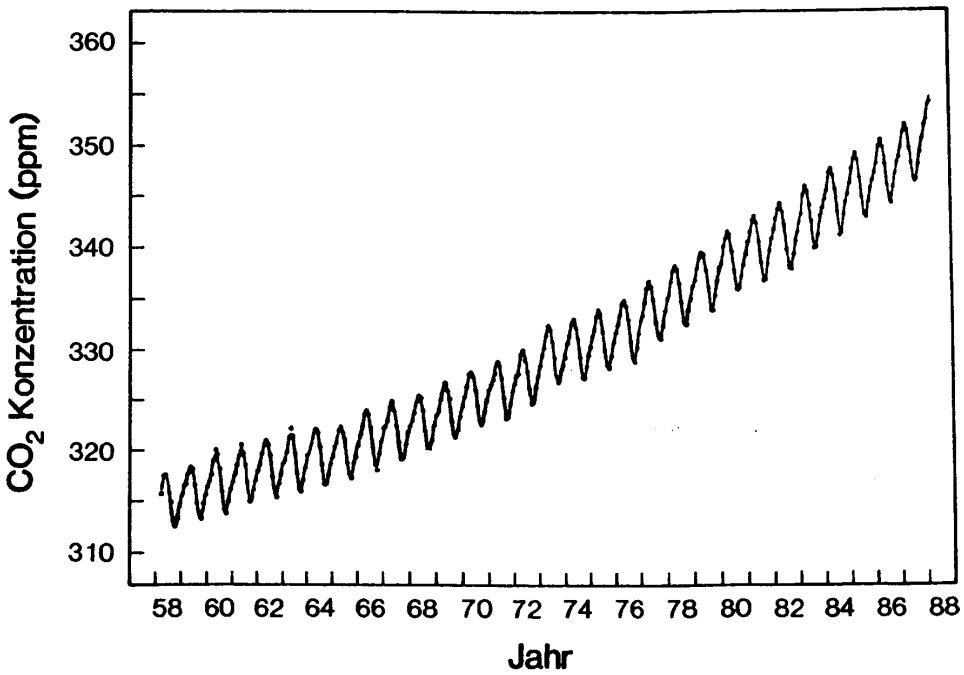

Abb.4-1: Monatliche Mittelwerte der atmosphärischen CO_2-Konzentration in den Jahren 1958-1988, gemessen im Mauna Loa Observatorium auf Hawaii. (Gassmann/Weber 1989, 15).

Abb.4-2: Atmosphärischer CO_2-Anstieg seit 1740. (Gassmann/Weber 1989, 14).

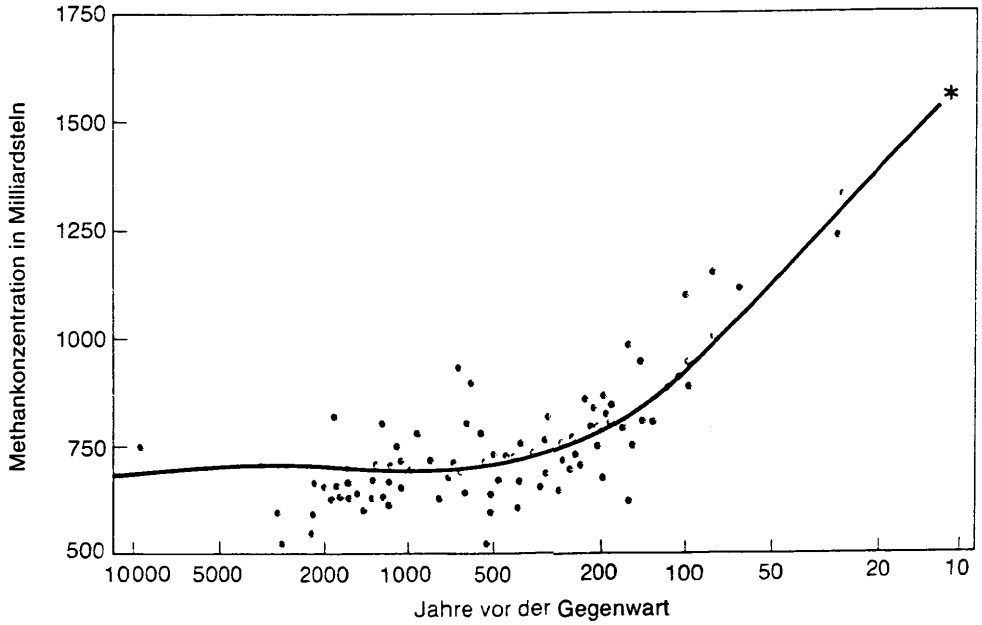

Abb.4-3: CH_4-Konzentration (Methan) in der Atmosphäre. Die Punkte entsprechen Daten aus Eisbohrkernen. Der Stern zeigt den globalen Mittelwert am Ende der 70er Jahre dieses Jahrhunderts an. (Graedel/Crutzen 1989, 64).

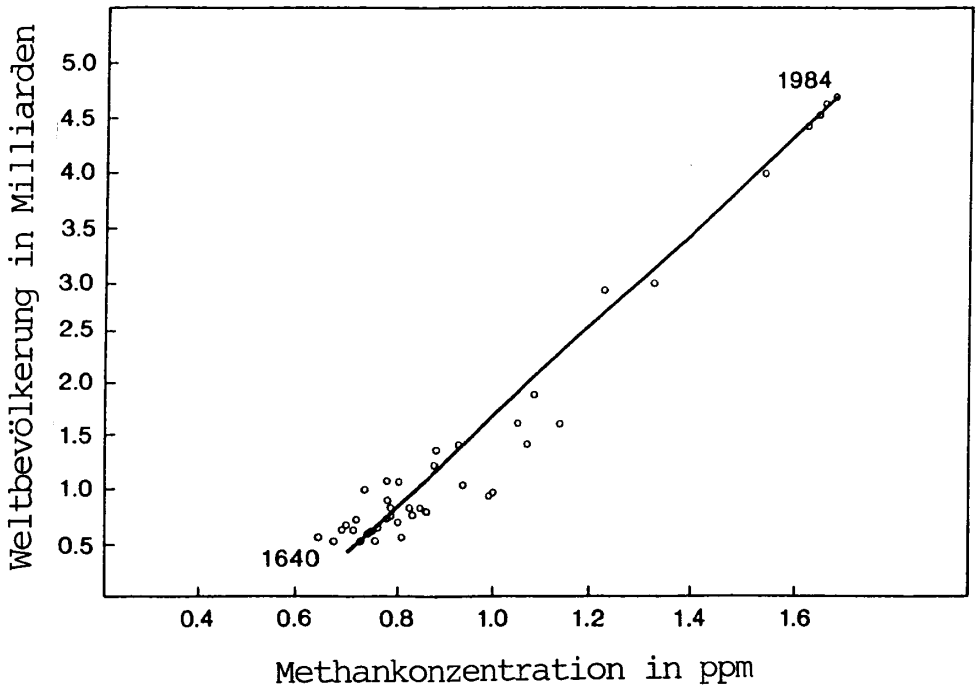

Abb.4-4: Weltbevölkerung und Methangehalt (Methan) der Atmosphäre. (Gassmann/Weber 1989, 16).

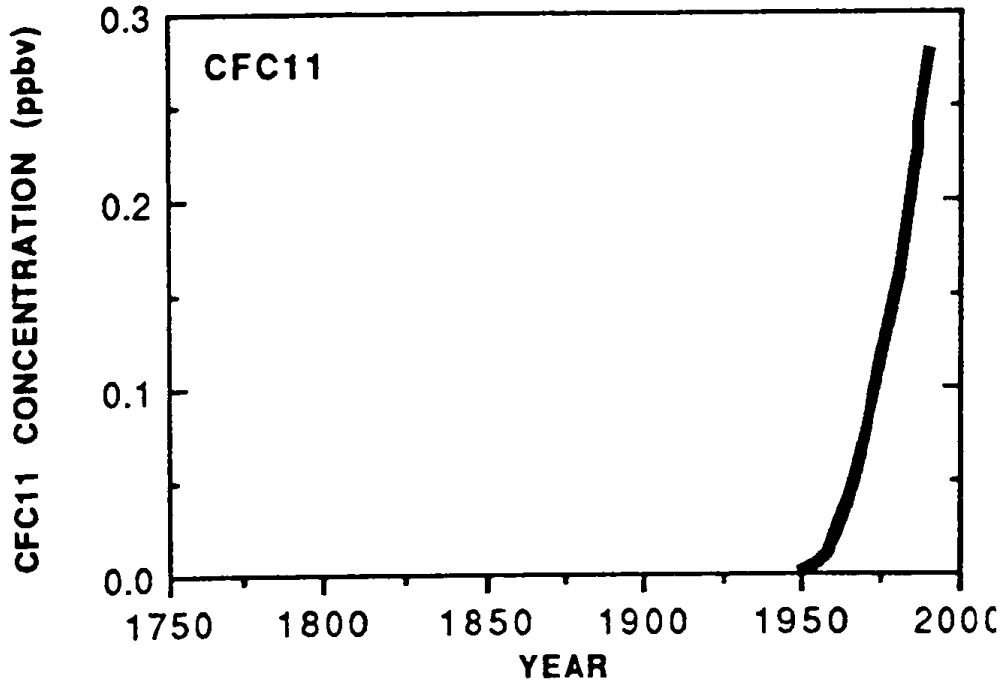

Abb.4-5: Konzentration von Fluorchlorkohlenwasserstoffen CF Cl_3(CFC11) in der Atmosphäre. ppbv = Volumenanteil in parts per billion. (Houghton et al. IPCC 1996, xvi).

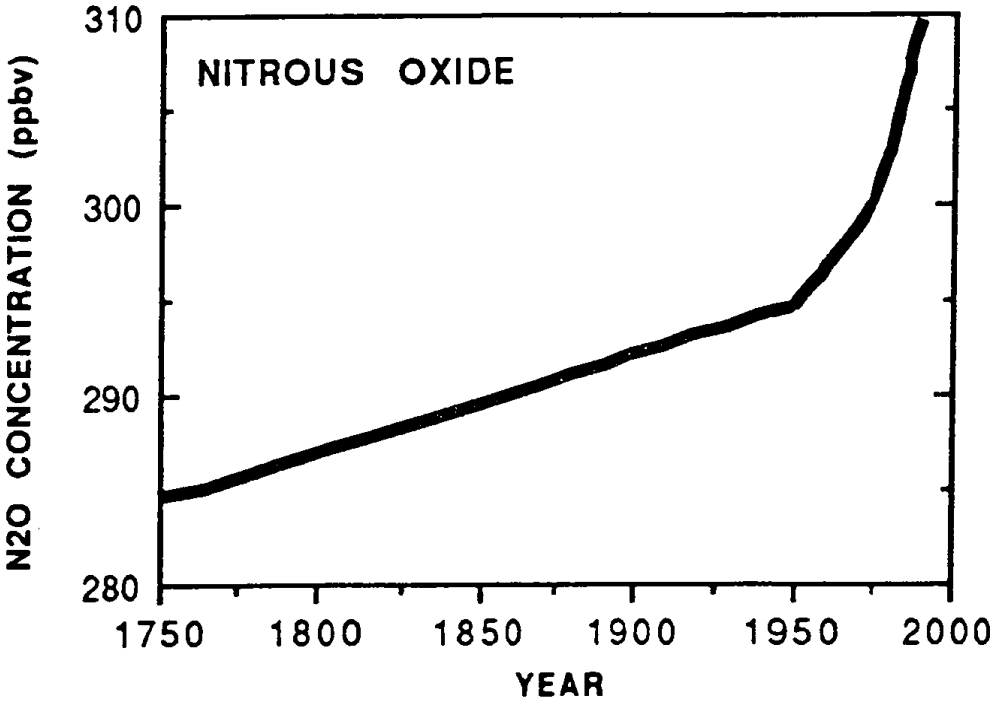

Abb.4-6: Distickstoff-Konzentration N_2O in der Atmosphäre. (Houghton et al. 1990, xvi).

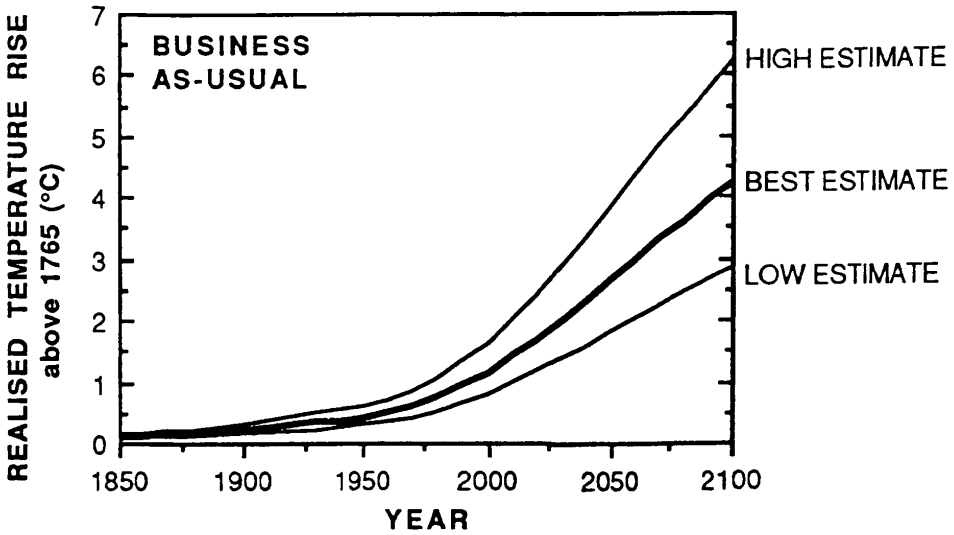

Abb.4-7: Modellsimulation des durchschnittlichen globalen Temperaturanstieges von 1850 - 2100. (Houghton et al. 1990, xxii). Die Berechnungen von 1850 - 1990 beruhen auf der beobachteten Konzentrationszunahme der Treibhausgase in der Atmosphäre. Die Voraussage des Temperaturanstieges von 1990 - 2100 basiert auf dem Business-as-Usual-Szenario.
best estimate = geschätzter mittlerer Temperaturanstieg
low estimate = niedrige Schätzung
high estimate = hohe Schätzung

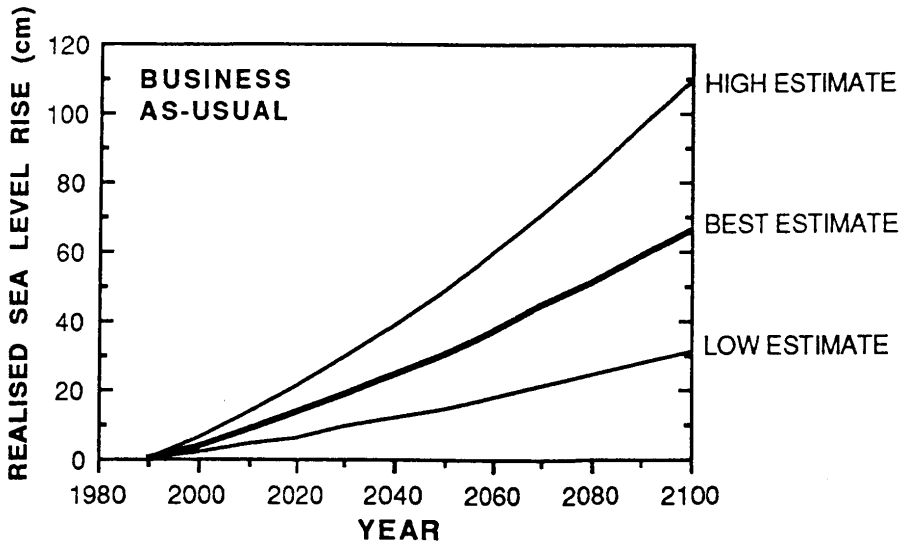

Abb.4-8: Prognostizierter Meeresspiegelanstieg unter Annahme des Business-as-Usual-Szenarios. (Houghton et al. 1990, xxx)
best estimate = geschätzter mittlerer Temperaturanstieg
low estimate = niedrige Schätzung
high estimate = hohe Schätzung

Die folgenden Tabellen 2, 3 und 4 zeigen die Emissionsquellen innerhalb der drei Gruppen. Damit sind alle nach dem heutigen Kenntnisstand für die Gesamtbilanz der Luftschadstoff - Emissionen in der Schweiz bedeutenden Emittenten erfasst.

Gliederung	Anmerkungen
Privater Strassenverkehr - Personenwagen - Lieferwagen - Lastwagen - Gesellschaftswagen - Motorräder - Motorfahrräder	Inkl. Fahrzeuge von Verwaltung, PTT) ohne Reisepost; vgl. öffentlicher Strassenverkehr) und SBB. In den Emissionen eingeschlossen sind: - Verdampfungsverluste von benzinbetriebenen Fahrzeugen (ohne Betankung; vgl. Tab. 4) - Zusätzliche Belastung durch Kaltstart
Öffentlicher Strassenverkehr	Städtische Verkehrsbetriebe, Autoreisepost und konzessionierte Automobilunternehmungen
Luftfahrt	Nur Zivilluftfahrt (Start, Landung und Überflüge)
Schiffahrt	Motorboote und Linienschiffe

Tab. 2: Quellengruppe Verkahr

Gliederung	Anmerkungen
Hausfeuerungen - Heizöl - Kohle - Holz - Gas	Gliederung der Feuerungsanlagen nach Art des verwendeten Brennstoffs Inkl. Gas- Kochherde und Gas-Wassererwärmer
Übrige Emissionen - Verdampfung von organischen Stoffen - Rasenmäher - Feuerwerk	 Farben und Lacke, Putzmittel, Klebestoffe, Kosmetika, Spraydosen etc.

Tab. 3: Quellengruppe Haushalte

Gliederung	Anmerkungen
<u>Allgemeine Emissionen</u>	
Feuerungen	
- Prozessfeuerungen	Wärmebedarf für Fabrikationsprozesse
- Raumheizungen	Gebäudeheizung in Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft und Dienstleistungssektor
Verdampfung von organischen Stoffen	Flüchtige organische Stoffe (vor allem Lösemittel, ohne Treibstoffe
<u>Spezielle Emissionen</u>	
Industrie der Steine und Erden	
- Bitumenmischgut	Mischgut-Herstellung
- Feinkeramik	
- Glashütten	
- Zement, Kalk und Gips	Inkl. Feuerungen
- Ziegeleien	Inkl. Feuerungen
Chemische Industrie	
Minderalölindustrie	
- Raffinerien	Inkl. Feuerungen
- Treibstoffumschlag	Lagerung und Umschlag von Benzin und Flugpetrol (inkl. Abgabe an Tankstellen)
Gasindustrie	
- Gaswerke	Stadtgaserzeugung
- Gasverteilung	Verluste aus Verteilnetz
Konventionell thermische Kraftwerke	Elektrizitätserzeugung aus fossiler Energie
Metallindustrie	
- Aluminium-Hütten	Rohaluminium-Herstellung
- Aluminium-Umschmelzen	
- Eisen-Giessereien	
- Nicht-Eisen-Giessereien	Buntmetalle, Aluminium und andere Nicht-Eisen-Metalle
- Silizium-Herstellung	
- Stahlwerke	
- Verzinkereien	
Landwirtschaft	
- Nutztierhaltung und Düngung	
- Grastrocknung	
- Landwirtschaftliche Maschinen und Fahrzeuge	

Tab. 4: Quellengruppe Industrie und Gewerbe

Gliederung	Anmerkungen
Lebensmittelindustrie	
- Fleisch-Räuchereien	
- Müllereien	
- Zucker-Herstellung	
- Kaffeeröstereien	
- Bäckereien	Fermentation
- Bier-, Wein- und Brannt-wein-Herstellung	Fermentation
Abfallentsorgung	
- Sulfit-Ablaugeverbrennung	Aus Cellulose-Herstellung
- Kehrichtverbrennungsanlagen	Siedlungsabfälle
- Sondermüllverbrennung	Inkl. Altöle
- Kabelabbrand	
- Deponien	Siedlungsabfälle
- Kläranlagen	Siedlungsabfälle
Verschiedenes	
- Strassenbelagsarbeiten	Bitumenbeläge
- Baumaschinen	
- Holzbearbeitung	Sägereien, Zimmereien, Schreinereien
- Spanplatten-Herstellung	
- Spreng- und Schiessbetrieb	
- Elektroden-Herstellung und Verwendung	Ohne Aluminium-Hütten

Tab. 4: Quellengruppe Industrie und Gewerbe (Fortsetzung)

Anhang Kapitel 5.

5.1.: Kapitel-Test für den Lehrer

Frage 5.1.

Du bist Architekt und erhälst den Auftrag, ein neues Schulhaus zu planen.

a) Worauf musst Du dabei in Bezug auf die Luftreinhalteverordnung achten?

b) Wie setzt Du diese Vorschriften um?

Gib Deine Antwort in Stichworten.

Frage 5.2.

Stell Dir folgende Situation vor:
Die Forschung hat einen bislang unbekannten Schadstoff in der Luft festgestellt. Seine Auswirkungen sind gesundheitsschädigend. Der Schadstoffausstoss, nennen wir ihn Alpha, muss also vermindert werden.
Erkläre, wie dies auf dem gesetzlichen Weg zu geschehen hat. Gib Deine Antwort in Stichworten.

Frage 5.3.

Nenne drei Massnahmen, die Du selbst gegen die Luftverschmutzung ergreifen kannst. Erkläre, welche Wirkung sie haben.

Antwort 5.1.

a) Die Vorschriften zur vorsorglichen Emissionsbegrenzung sind einzuhalten. Als Architekt habe ich die Emissionsgrenzwerte der einzelnen Schadstoffe zu beachten.

b) Folgende Antworten sind möglich:

- Gebäude isolieren
- geeignete Fensteranordnung
- Wärmerückgewinnungsanlage in Betracht ziehen
- Brenner einplanen, der weniger NO_X emittiert
- Die Heizung richtig dimensionieren
- Rauchgasreiniger einbauen

• Abfallrecycling bzw. getrennte Abfallsammlungen vorsehen.

Die Aufgabe ist richtig gelöst, wenn mindestens vier Massnahmen genannt werden.

Antwort 5.2.
Die Antworten sollten etwa folgende Stichworte beinhalten:

- die Risikogrenze, d.h. den Immissionsgrenzwert des Schadstoffes in der Luftreinhalteverordnung festlegen.
- Emittenten ausfindig machen. Den Ausstoss des Schadstoffes dort durch Emissiongrenzwerte festlegen.
- Kontrolle der Einhaltung der Grenzwerte durch Messungen.
- Ergreifen von Massnahmen bei andauernder Überschreitung der Grenzwerte.

Antwort 5.3.
Mögliche Massnahmen und ihre Wirkungen:

- Weniger Auto/Motorrad fahren. Das Velo oder die Bahn benutzen. Wer weniger Benzin verbraucht, belastet die Luft mit weniger Abgasen.
- Mit dem Auto/Motorrad gleichmässiger fahren. Keine Spurtbeschleunigungen. Eine gleichmässige, ruhige Fahrweise verbraucht weniger Benzin und erzeugt weniger Abgase.
- Motor im Stehen abstellen. Dadurch werden keine Abgase produziert.
- Auswahl wie Autos/Motorrads nach dem Verbrauch.
- Nur kurz, dafür kräftig lüften. Wo weniger stark geheizt werden muss, wird auch weniger Brennstoff verbraucht. Dadurch werden auch weniger Abgase produziert. Langes Lüften kühlt die Wände und Möbel in einem Raum zu sehr ab. Die Heizwärme geht sozusagen zum Fenster hinaus. Um die Temperatur im Raum zu halten, muss mehr geheizt werden. Dadurch entstehen mehr Abgase.
- Umweltschutzpapier verwenden. Aus gesammeltem Altpapier entsteht neues Schreibpapier. Seine Herstellung verbraucht weniger Energie als die Produktion von neuem Papier aus Holzfasern. Durch die Energieeinsparung gelangen weniger Abgase in die Luft. Zudem entfällt der Schadstoffausstoss beim Verbrennen des Altpapiers in der Kehrrichtverbrennungsanlage.

- Abfälle nach der Art getrennt sammeln und der Wiederverwertung zuführen. Die Wirkung ist analog zur 'Verwendung von Umweltschutzpapier'.
- Spraydosen ohne FCKW als Treibmittel verwenden. FCKW sind Schadstoffe, die wesentlich mithelfen, die Ozonschicht in der Stratosphäre zu zerstören. Ihr Gebrauch muss reduziert werden.
- Verbrauchsbewusster Umgang mit elektrischer Energie
- Abfallreduktion
- Konsumreduktion

5.2.: Mediothek und Materialien für die Schüler

Buch 1:
Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz [USG]) vom 7. Okt. 1983.

Buch 2:
Systematische Sammlung des Bundesrechts (SR 814.01). Bern 1983 (EDMZ).
Zu benutzen in Kap. 5.

5.3.: Lehrervorbereitung

Keine Vorbereitungen notwendig.

Von den Autoren benutzte Quellen

a) Als Grundlagen benutzte Quellen

Baudirektion des Kantons Zürich: Massnahmenplan Lufthygiene. Zürich 1990.

Blatter H.: Physikalische Klimatologie. Zürich 1987. (Geographisches Institut ETH Zürich ; VdF). Berichte und Skripten.

Blattmann H.: Die Treibhausproblematik - eine Bestandesaufnahme. In: Neue Zürcher Zeitung. Nr. 250, 27./28. Oktober 1990, 107-108.

Brucker G.: Oekologie: Ozon-Problematik. Düsseldorf 1991. (Lehrmittelverlag Wilhelm Hagemann).

Brucker G.: Oekologie: Treibhauseffekt. Düsseldorf 1991. (Lehrmittelverlag Wilhelm Hagemann).

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.): Zur Lage der Umwelt in der Schweiz. Umweltbericht 1990. Bern 1991.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Wir atmen unsere eigene Abluft. Bern ohne Jahresangabe.

Bundesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Vom Menschen verursachte Schadstoff-Emissionen in der Schweiz 1950 - 2010. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 76. Bern 1987.

BUWAL: Luft-Dossier. Bern 1991. Bestellnummer 319.325/D.

BUWAL: Saubere Luft - Wir atmen unsere eigene Abluft. Bern. EDMZ.

Dämmgen U. et al.: Ozon in der unteren Atmosphäre. In: Der math. und naturwissenschaftl. Unterricht. Bonn 1990. Fred. Dümmler Verlag MNU 43/8. 490-495.

Dütsch H.U.: Der Photosmog - eine moderne Atmosphärenkrankeit. In: Neue Zürcher Zeitung, Nr. 222, 25.9.1991.

Dütsch H.U.: Hauptaspekte der Luftverschmutzung. In: Neue Zürcher Zeitung. Nr. 32, 8./9. Februar 1986, 35-36.

Fritsch B.: Mensch - Umwelt - Wissen. Evolutionsgeschichtliche Aspekte des Umweltproblems. Zürich 1990 (Verlag der Fachvereine).

Fritz W., Kern H.: Reinigung von Abgasen. Hrsg. Umweltschutz/Entsorgungstechnik. Würzburg 1990. 2. Auflage (Vogel Buchverlag).

Gaber H., Natsch B.: Gute Argumente: Klima. München 1989. (Beck'sche Verlags-buchhandlung).

Gassmann F., Weber R.: Vom Menschen verursachte Klimaveränderungen. Im Auftrag der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft (SPG). Paul Scherrer Institut, Villigen 1989.

Graedel T. E., Crutzen P. J.: Veränderungen der Atmosphäre. In: Spektrum der Wissenschaft. 11/1989, 58-68.

Häckel H.: Meteorologie. Stuttgart 1985 (Utb Ulmer).

Harms H.: Physische Geographie Und Nachbarwissenschaften. München 1987 (List&Schroedel).

Houghton J. T., Jenkins G. J., Ephraums J. J. (Ed.): Climate Change. The IPCC Scientific Assessment. Cambridge 1990. (Cambridge University Press).

Houghton R. A., Woodwell G. W.: Globale Veränderung des Klimas. In: Spektrum der Wissenschaft. Sonderdruck 2/1989, 2-11.

Jagmetti R. L.: Umweltrecht. Skript zur Vorlesung. Eidgenössische Technische Hochschule. Zürich 1991.

Kt. Zürich: Luftreinhaltung im Kt. Zürich. Zürich 1987, 4. Auflage, (Druckerei Hug + Söhne)

Kuchlin H.: Taschenbuch Der Physik. Thun / Frankfurt 1982 (Verlag Harri Deutsch).

Lingg C.: Mikroökonomische Kosten: Wirksamkeitsanalysen für Instrumente der Luftreinhaltepolitik.

Mannheimer Beiträge zur ökonomischen Ökologie, Band 2. Frankfurt am Main 1989: (Verlag Peter Lang GmbH).

Mohnen V.A.: Massnahmen gegen den sauren Regen. In: Spektrum der Wissenschaft. Sonderdruck 1/1989, 14-23.

Mortimer C.E.: Chemie, 4. Auflage. Stuttgart / New York 1983. (Georg Thieme Verlag Stuttgart)

Roth U.Et al.: Luft. Zur Situation Von Lufthaushalt, Luftverschmutzung und Waldschäden in der Schweiz. Zürich 1992 (VdF).

Schiesser W., Zwischenbilanz Umweltschutz: Zürich 1987, (Verlag NZZ)

Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 75: Emissionen von Luftverunreinigenden Stoffen aus natürlichen Quellen in der Schweiz. Bern 1987, Bundesamt für Umweltschutz

Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 122: Luftbelastung 1989. Bundesamt für Umweltschutz, Bern.

Schweizerische Kommission für Klima- und Atmosphärenforschung (CCA) der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG): Klima-unsere Zukunft? Bern 1987. (Kümmerly + Frey, Geographischer Verlag)

Seydlitz Band 5: Die Erde Im Weltall. Würzburg 1982.

Shaw R.W.: Luftverschmutzung durch Stäube. In: Spektrum der Wissenschaft, 10 / 1987, 100-107.

Stolarski R.S.: Das Ozonloch über der Antarktis. In: Spektrum der Wissenschaft, 3 / 1988, 70-77.

Strahler A. N. & Strahler A. H.: Modern Physical Geography. Toronto Canada 1987. Third Edition.

Toon O.B., Turco R.P.: Polare Stratosphärenwolken und Ozonloch. In: Spektrum der Wissenschaft, 8 / 1991, 42-49.

Weischet, W.: Einführung In Die Allgemeine Klimatologie.1988. Stuttgart (Teubner).

b) Zitierte Quellen

Arnold A.et al..: Umwelt-Verkehr Umkehr Herzogenbuchsee 1991, (VCS Verkehrsclub der Schweiz)

Brucker G.: Oekologie: Ozon-Problematik. Düsseldorf 1991. (Lehrmittelverlag Wilhelm Hagemann).

Bundesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Vom Menschen verursachte Schadstoff-Emissionen in der Schweiz 1950 - 2010. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 76. Bern 1987.

Bundesgesetz über den Umweltschutz. Umweltschutzgesetz vom 7. Oktober 1983: EDMZ, Bern.

BUWAL: Luft-Dossier. Bern 1991. Bestellnummer 319.325/D.

BUWAL: Saubere Luft - Wir atmen unsere eigene Abluft. Bern. EDMZ.

Deutscher Forstverein e.V.: Waldsterben - Argumente zur Diskussion. Regensburg 1984.

Dütsch H.U.: Der Photosmog - eine moderne Atmosphärenkrankeit. In: Neue Zürcher Zeitung, Nr. 222, 25.9.1991.

Fabian, P.: Atmosphäre und Umwelt. Chemische Prozesse, menschliche Eingriffe. Springer Verlag. 1987.

Gassmann F., Weber R.: Vom Menschen verursachte Klimaveränderungen. Im Auftrag der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft (SPG). Paul Scherrer Institut, Villigen 1989.

Geiger M.: Praxis Geographie 6. Klima in Gefahr. 1989.

Graedel T. E., Crutzen P. J.: Veränderungen der Atmosphäre. In: Spektrum der Wissenschaft. 11/1989, 58-68.

Häckel H.: Meteorologie. Stuttgart 1985 (Utb Ulmer).

Haitzinger H.: Haitzinger Karikaturen. Rorschach 1989. (Nebelspalter-Verlag)

Houghton J. T., Jenkins G. J., Ephraums J. J. (Ed.): Climate Change. The IPCC Scientific Assessment. Cambridge 1990. (Cambridge University Press).

Kt. Zürich: Luftreinhaltung im Kt. Zürich Zürich 1987, 4. Auflage, (Druckerei Hug + Söhne)

Kt. Zürich: Luftreinhaltung im Kt. Zürich. Zürich 1987, 4. Auflage, (Druckerei Hug + Söhne)

Mohnen V.A.: Massnahmen gegen den sauren Regen. In: Spektrum der Wissenschaft. Sonderdruck 1/1989, 18.

Schweizer Weltatlas: Lehrmittelverlag des Kantons Zürich. Zürich 1993.

Seinfeld, J.H.: Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution. Wiley Interscience Publ. New York. 1986.

Seydlitz Band 5: Die Erde im Weltall. Würzburg 1982.

Weniger Stickoxid aber mehr Ozon. In: Tages Anzeiger, Zürich, 5.2.1991, S. 17

Schriftenreihe Umweltschutz
Nr. 76

VOM MENSCHEN VERURSACHTE SCHADSTOFF - EMISSIONEN IN DER SCHWEIZ 1950 - 2010

Herausgegeben vom Bundesamt für Umweltschutz
Bern, Dezember 1987