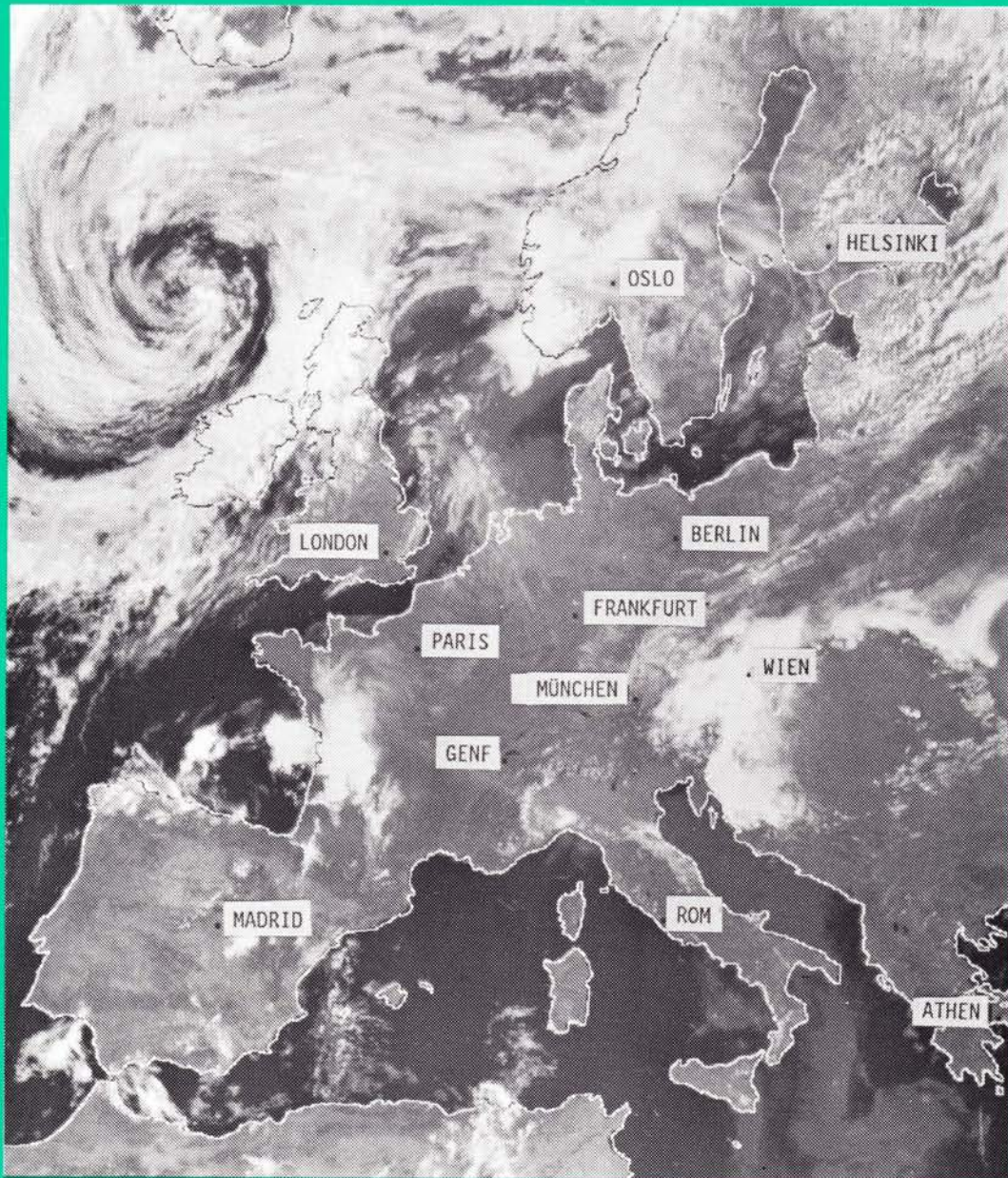


# Soznat

**Materialien für den Unterricht 32**

## **Wetterbeobachtung**



**Klima Klimagefahren**

**Naturwissenschaften sozial**

**WETTERBEOBACHTUNG  
KLIMA  
KLIMAGEFAHREN**

Materialien zu einer Unterrichtsreihe

Marburg 1992

Redaktion: Armin Kremer, Lutz Stäudel

Graphik: Angela Bender

Herausgeber:  
AG Naturwissenschaften - sozial

c/o Lutz Stäudel  
Gesamthochschule  
Kassel, FB 19  
Heinrich-Plett-Str. 40  
3500 Kassel

c/o Armin Kremer  
AG Soznat  
Universität Marburg, FB 21  
Postfach 2150  
3550 Marburg

**Titelbild:**

**METEOSAT 4 - Bild vom 19. August 1989 12 Uhr. Dieses Bild im sichtbaren Spektralbereich wurde mit einem Computer verarbeitet, d.h. u.a. in Landkonturen überlagert und im Kontrast verstärkt. Es wird in dieser Form täglich an die Presse weitergegeben.**

**Aus: Deutscher Wetterdienst (DWD-Broschüre) METEOSAT**

**CIP - Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek**

**Wetterbeobachtung - Klima - Klimagefahren / AG Naturwissenschaften -  
Sozial. Red.: Armin Kremer ; Lutz Stäudel. - 1. Aufl. - Marburg :  
Red.-Gemeinschaft Soznat, 1992**

**(Soznat ; Bd. 32)  
ISBN 3-922850-63-4**

**NE: Kremer, Armin [Hrsg.]; Gesamthochschule <Kassel> / Arbeitsgruppe  
Naturwissenschaften sozial**

**1. Auflage 1992**

**(c) Redaktionsgemeinschaft Soznat Marburg  
Postfach 2150 3550 Marburg**

**Druck: Alpdruck Marburg**

**Alle Rechte vorbehalten - Kopien zu Unterrichtszwecken erlaubt**

**ISBN 3-922850-63-4**

*gedruckt auf chlorfreiem Papier*

## **I N H A L T**

	<b>Seite</b>
1. Vorbemerkung	1
2. Sach-/Problemstrukturskizze	2
3. Erfahrungsbericht	4
4. Anregungen für den Unterricht	7
5. Literatur - Filme - Adressen	8
6. Sachinformationen, Bauanleitungen, Unterrichtsbeispiele, Arbeitsblätter, Experimente	11
6.1 Wetter-Elemente: Bauanleitungen einfacher Geräte zur Wetterbeobachtung und Experimente	11
6.2 Zur Handhabung und Ablesung professioneller Wetter- beobachtungs-Instrumente	22
6.3 Unterrichtsbeispiele, Arbeitsblätter	38
6.4 Sachinformationen	48

## 1. Vorbemerkung

Wetter ist immer da. Mögen wir es als "schönes" Wetter loben oder als "Sauwetter" beschimpfen, leben müssen wir mit jedem Wetter.

Ein möglicher Schwerpunkt des Unterrichts sollte deshalb die bewußte Wahrnehmung typischer Wettererscheinungen (innerhalb der vier Jahreszeiten) sein: Wind, Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Luftdruck, Niederschlag/Regen ...

Ausgehend von außerschulischen Erkundungen und anderer Aktivitäten (siehe Kap. 4 "Anregungen für den Unterricht", S. 7) können Schülerinnen und Schüler einfache Beobachtungs- und Meßgeräte selber bauen und längerfristige Beobachtungen protokollarisch durchführen.

Sofern sich in der Nähe der Schule eine Wetterstation befindet oder die Schule sogar selber eine Wetterstation besitzt, dann sollten natürlich die darin untergebrachten professionellen Wetterbeobachtungsinstrumente genutzt und die Ergebnisse mit den nicht-professionellen, d.h. selbstgebaute Instrumenten verglichen und interpretiert werden.

Es sollte den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben werden, die beobachteten Phänomene mit Hilfe ihrer Alltagserfahrungen und ihrem Alltagswissen sowie selbständig zu entwickelnden Experimenten zu beschreiben und zu erklären.

Die in den Materialien aufgeführten physikalischen Begriffe und Zusammenhänge dienen vor allem als strukturierende Hilfe für die unterrichtende Lehrerin / den unterrichtenden Lehrer.

Eine differenzierte Aufbereitung kann dann erfolgen, wenn die Notwendigkeit einer physikalischen Erklärung für die Schülerinnen und Schüler einsichtig, d.h. nachvollziehbar wird. Dies hängt auch mit dem sich erweiternden Alltagswissen der Schülerinnen und Schüler zusammen und wird in den Jahrgangsstufen 8 - 10 eher leistbar sein. In den Jahrgangsstufen 5 - 7 wird man ein Schwergewicht darauf legen, Beobachtungen mit dem bloßen Auge und instrumentell gewonnene Meßwerte miteinander zu vergleichen und zu interpretieren, z.B.:

"Was beobachtet man bei einer gemessenen Windstärke 5 an der Keilwindfahne nach WILD?"

"Was beobachtet man bei einer gemessenen Luftfeuchtigkeit morgens von 90% und mittags von 35%?"

...

Auch Übereinkünfte, Begriffe innerhalb der Meteorologie nach ihrem Ursprung benennen zu können, kann dabei eingeübt werden (z.B. Westwind ist Wind, der aus dem Westen kommt und nicht nach Westen weht).

Wetter auf Wettererscheinungen und ihre experimentelle Beobachtung zu beschränken hieße, das Thema reduktionistisch zu behandeln. Was Schülerinnen und Schüler mit dem Thema Wetter assoziieren, beschränkt sich nicht auf die Physik im engeren Sinne.

"Wie entsteht 'Smog'?", "Wie wirkt sich das Wetter auf die Gesundheit aus? Meine Oma merkt immer, wenn sich Regen ankündigt!", "Was versteht man unter dem Treibhauseffekt?", "Was ist das 'Ozonloch'?", "Wie wird das Klima in 100 Jahren sein?", "Seit wann werden Wetterbeobachtungen durchgeführt?", "Treffen die Bauernregel heute noch zu?" sind von Schülerinnen und Schülern immer wieder gestellte Fragen, die in ihre Erfahrungswelt hineinreichen und hineinwirken. Daß solche thematische Akzentuierungen vielfach die Grenzen des traditionellen Physikunterrichts sprengen, ist hinlänglich bekannt.

Die zusammengestellten Materialien und Unterrichtsbeispiele sollen die Lehrerin/den Lehrer befähigen, sich zu diesen u.a. Fragen und Themenkomplexe einzuarbeiten und sachkundig zu machen.\*)

## 2. Sach-/Problemstrukturskizze

### *Lebensweltliche Aspekte*

- \* Smog
- \* "Ozonloch", Klimaveränderungen
- \* Wetterfühligkeit
- \* Gesundheit/Krankheit
- \* Umweltschutz/lokal - global
- \* Luftbelastung und Gesundheit
- \* Be-Kleidung

Die Sach-/Problemstrukturskizze zum Wetter entwickelt sich aus dem Verhältnis, in dem Wetter, Klima und gesellschaftlich erzeugte bzw. mitverursachte Klimagefahren zueinander stehen. Das bislang oft als Kreislauf gekennzeichnete Verhältnis ist inzwischen empfindlich gestört.

Es ist erkennbar, daß sich bei einer Verfeinerung der Skizze die jeweiligen Wetter-, Klima- und Klimagefahren-Elemente unter verschiedenen Aspekten und Fragestellungen weiter differenzieren lassen. Die Zuordnung von bestimmten (Fach-)Inhalten ist dabei keineswegs zwingend, die fachübergreifenden Bezüge durchaus verschieden.

Die Sach-/Problemstrukturskizze soll keineswegs den Rahmen für das unterrichtliche Vorgehen darstellen, vielmehr soll sie der/dem Unterrichtenden als Hilfestellung für Planung, Auswahl, Veränderung und Verknüpfung seiner Arbeit dienen.

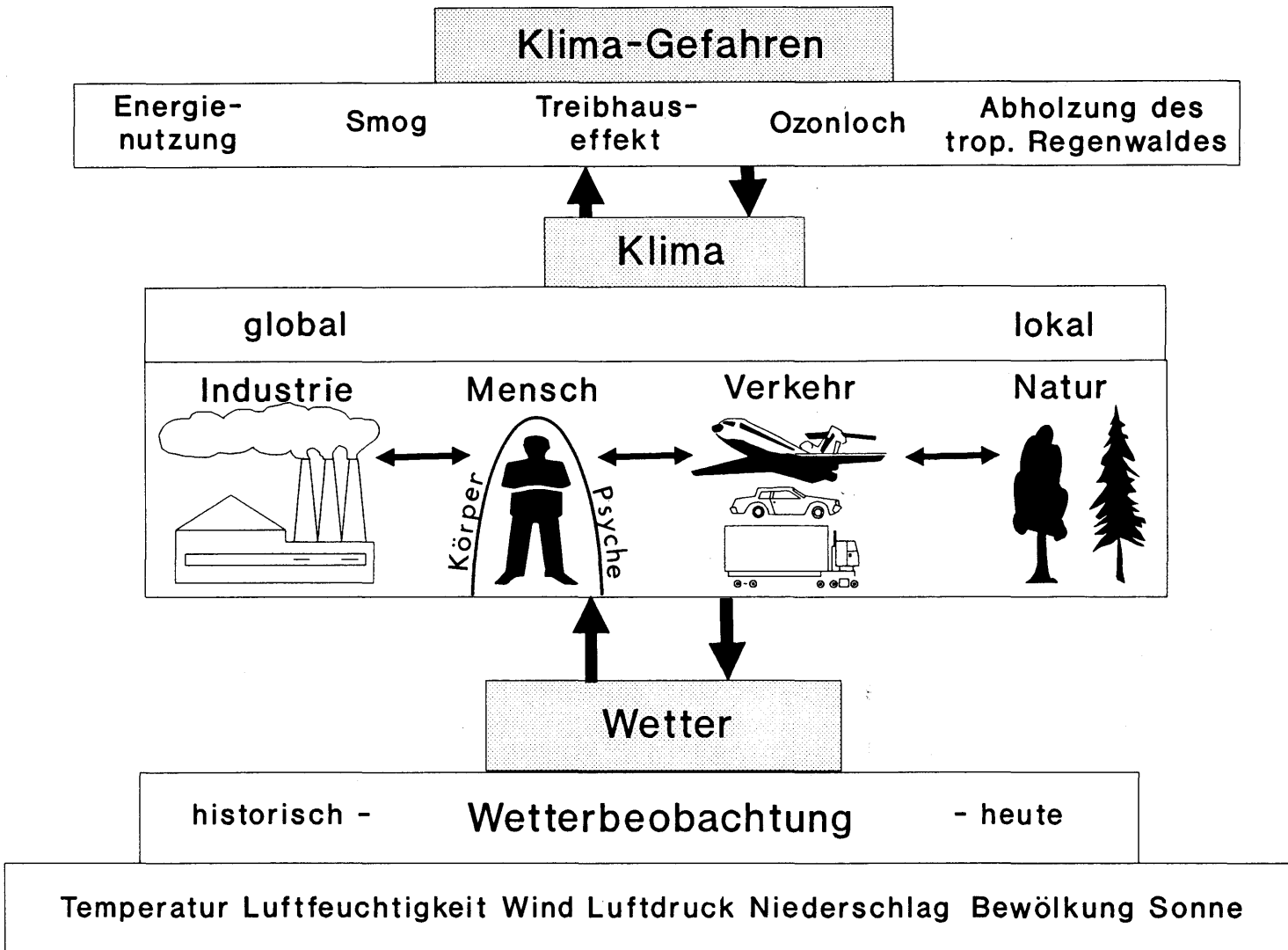
Es soll darauf hingewiesen werden, daß bei der unterrichtlichen Behandlung der Thematik eine Orientierung an dem Kreislaufcharakter von Wetterphäno-

---

\*) Teile der diesem Themenheft zugrundeliegenden Materialien, Unterrichtsbeispiele und -anregungen sind zusammengestellt zu einem Baustein "Wetterbeobachtung - Klima - Klima-Gefahren" innerhalb des Curriculums "Umwelt erkunden - Umwelt verstehen" Soest 1992 Hg. Landesinstitut für Schule und Weiterbildung, Soest.

menen keineswegs zwingend ist. Vorstellbar ist natürlich auch die ausschnitthafte (nicht reduktionistische), experimentelle und/oder theoretische Bezugnahme auf (Teil-) Aspekte des Themas, wobei auch hier die lebensweltlichen Erfahrungen und Interessen der Schülerinnen und Schüler im Vordergrund stehen sollen.

## Sach-/Problemstrukturskizze "Wetter"



### 3. Erfahrungsbericht

Die Materialien geben einerseits Anregungen und bilden andererseits die Grundlage für kleinere Unterrichtseinheiten in den Jahrgangsstufen 5, 7 und 8 (2 Stunden Naturwissenschaften und 3 Stunden KlassenlehrerInnenunterricht in der Jahrgangsstufe 5 und 7; 3 Stunden Naturwissenschaften in der Jahrgangsstufe 8).

In den Jahrgangsstufen 5 und 7 hieß das Thema der fünfwöchigen Unterrichtseinheit "Wir beobachten das Wetter". Beobachtet wurde mit Hilfe selbstgebaute Geräte (Zeitaufwand: 4 Stunden wöchentlich, 2 Wochen) und mit Hilfe professioneller Wetterbeobachtungsinstrumente in der Wetterstation der Schule. Die Beobachtungen und Messungen mit den selbstgebaute und den professionellen Geräten fanden täglich (Montag bis Freitag) um 8.00 Uhr und um 13.00 Uhr statt. Sie wurden im Wechsel von jeweils zwei SchülerInnen mit einem Zeitaufwand von ca. 15 - 20 Minuten durchgeführt. Auf einem 1,5 Meter x 1,0 Meter großen Wetterbeobachtungsbogen trugen die SchülerInnen ihre Beobachtungen und Meßwerte ein.

Integraler Bestandteil der Unterrichtseinheiten war die Vorführung eines Filmes "Wie entsteht der Wetterbericht?" (siehe Kap. 5.2 "Filme", S. 9) in der Klasse 5 und ein Diavortrag eines pensionierten Meteorologen zum Thema "Klimaveränderungen in deutschen Großstädten?" in der Klasse 7 (siehe auch das Unterrichtsbeispiel und die Materialien zum Thema "Smog", Kap. 6.3.4, S. 43).

Der für die 5. Jahrgangsstufe z.T. zu anspruchsvolle Film über die Entstehung des Wetterberichtes brachte etliche SchülerInnen und Schüler auf die Idee zu überprüfen, ob ihre täglichen Beobachtungen und Messungen der vergangenen 2 Wochen die Wettervoraussagen der Wetterberichte in dem gleichen Zeitraum bestätigen würden. Obwohl die Schülerinnen und Schüler nicht zu den üblichen Zeiten, 7.00 Uhr, 14.00 Uhr und 21.00 Uhr, sondern nur um 8.00 Uhr und um 13.00 Uhr Beobachtungen und Meßwerte notiert hatten, und sie im Beobachten und genauen Ablesen der professionellen Instrumente nicht sehr geschult waren, ergaben sich z. T. dennoch recht gute Übereinstimmungen einzelner Werte (z.B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit sowie Windrichtung und -stärke). Größere Abweichungen ergaben sich bei der Messung der Niederschlagshöhe und der Klassifizierung der Bewölkungsart und -dichte. Das machte den Schülerinnen und Schülern deutlich, daß es hierzu einer geschulten, d.h. differenzierten Beobachtung bedarf.

Eine Schülerinnengruppe hatte die Idee, die Bauernregeln zusammenzustellen, die der Bauernkalender für den Beobachtungszeitraum aufstellt. Sie sammelten hierzu die in der Tageszeitung auf der Seite mit dem Wetterbericht angegebenen Tages-Bauernregeln. Da die Zeitungsredaktion den Schülerinnen nicht die Quelle der täglich abgedruckten Bauernregeln mitteilen konnte ("Wieso wollt Ihr das wissen? Ihr seid die ersten, die danach fragen."), referierten die Schülerinnen über das Thema "Kennen die Bauern das Wetter?" und "Wettervorhersage: Von der Bauernregel zum Wettersatellit" (siehe Kap. 6.4.3, S. 57ff).



Im Diavortrag über "Klimaveränderungen in deutschen Großstädten?" wurden im wesentlichen folgende Gefahren einer Klimaveränderung vorgestellt: "Smog" durch Industrie und Verkehr, Gesundheitsschäden durch Luftverunreinigungen, politische und technische Möglichkeiten zur besseren Luftreinhaltung.

Die auf einer Wandzeitung zusammengestellten Fakten und Gefahren für das Großstadtklima aus dem Vortrag animierte viele Schülerinnen (5 von 7) und nur 2 Schüler (2 von 12) nachzuforschen, wie es um das Klima in ihrer Stadt bestellt sei.

Erste private Gespräche und Erkundungen ergaben jedoch, daß für ein solches Vorhaben nochmals zwei bis drei Wochen nötig wären, um Gespräche mit entsprechenden Behörden zu führen und diese und weiteres Informationsmaterial auszuwerten. Da das Schuljahresende aber bevorstand, wurde das Vorhaben auf das kommende Schuljahr verlegt.

Die gleiche Klasse, nunmehr im 8. Jahrgang, führte, in Arbeitsgruppen aufgeteilt, vorbereitete Befragungen mit einem Mitarbeiter der städtischen Luftmeßstation durch und wertete die Luftmessungsberichte der vergangenen 8 Monate zusammen mit diesem Mitarbeiter, der Physiklehrerin und einem Chemielehrer aus.

Andere Schülerinnen und Schüler führten Gespräche mit einem Vertreter des städtischen Umweltamtes und Vertreterinnen bzw. Vertretern der politischen Parteien SPD, CDU, FDP und DIE GRÜNEN und einer regionalen Bürgerinitiative (gegen den Ausbau der Stadtautobahn) durch.

Den Schülerinnen und Schülern war sofort aufgefallen, daß die politischen Vertreter der Stadt sehr schlecht oder gar nicht über das zeitweilig sehr schlechte Stadtklima und seine Bedeutung für die Gesundheit der Bewohner informiert waren.

Die Schülerinnengruppe, die sich mit dem Vertreter der Bürgerinitiative gegen den Ausbau der Stadtautobahn unterhielten, kamen zu dem gleichermaßen für sie wie für die anderen Schülerinnen und Schüler der Klasse *überraschenden* Ergebnis, daß nicht nur die Auto-Bahn-Abgase, sondern auch der Auto-Bahn-Lärm auf das "Klima" der Stadt Auswirkungen hat.

#### *Fazit*

- Auch wenn man/frau Physik studiert hat, der Themenbereich "Grundlagen der Meteorologie" war nur in den seltensten Fällen Bestandteil des Studiums; das gilt auch für das Geographiestudium.  
Insofern unterrichtet die Physiklehrerin/der Physiklehrer fachfremd.  
Dies erwies sich als gewisser Vorteil, weil die Kollegin/der Kollege mit den Erwartungen und den Interessen der Schülerinnen und Schüler offener umgingen, sie stellten sich nach eigenem Bekunden nicht so sehr unter den Fach-Zwang, recht bald auf die Physik des Wetters hinzuarbeiten.
- Die "Bauanleitungen einfacher Geräte zur Wetterbeobachtung und Experimente" (siehe Kap. 6.1, S. 11ff) haben sich ebenso bewährt wie die (auf den ersten Blick eher) technokratisch anmutenden Anleitungen "Zur Handhabung und Ablesung professioneller Wetterbeobachtungsinstrumente" (siehe Kap. 6.2, S. 22ff).
- Die als "Sachinformationen" gekennzeichneten Materialien sind in erster Linie für die Hand der Lehrerin/des Lehrers bestimmt. Nur sie/er kann aufgrund der Kenntnis ihrer/seiner Schülerinnen und Schüler entscheiden, ob

und wie diese Sachinformationen für die Schülerin/den Schüler als Arbeitsmaterial zu gestalten sind.

- Das Thema hat in den genannten Varianten erstaunlicherweise viele Mädchen angesprochen. Beim Bau einfacher Beobachtungsinstrumente (und ihrer ästhetischen Gestaltung!) waren sie ebenso begeistert und aktiv wie die Jungen. Das ging manchmal soweit, daß die Jungen ihre Geräte nachbesserten, damit sie vor den Mädchen bestanden.
- Läßt man Mädchen wie Jungen gleichermaßen Zeit, ihre Beobachtungen von Wetterphänomenen zu beschreiben, d.h. ohne daß die Erwartung bei ihnen entsteht, nur die physikalische "richtige" Beobachtung gilt als Antwort, so kann man feststellen, daß die Alltagserfahrungen und das Alltagswissen der Schülerinnen und Schüler zu einzelnen Wetterphänomenen und Wettervoraussagen durchaus fundiert sind.  
So hatten die meisten Mädchen und Jungen im 5. Jahrgang keine Schwierigkeiten anschaulich zu verstehen, daß die Luft auf den Menschen einen Druck ausübt (das Beispiel Druckunterschied beim Tauchen wurde genannt), und daß die Luft unterschiedlich feucht und mit Feuchtigkeit sogar gesättigt sein kann (genannt wurde der mit Wasser getränkte Badeschwamm, der dann tropft, wenn er zuviel Wasser aufgenommen hat).  
Stets dann, wenn Versuche seitens der Lehrerin unternommen wurden, einen Sachverhalt physikalisch zu bestimmen bzw. zu charakterisieren bzw. zu definieren, dann war das für Mädchen wie für Jungen gleichermaßen einsichtig bzw. nachvollziehbar, wenn Teile ihres Alltagswissens mit transferiert wurden (siehe die genannten Beispiele).
- Bei den Jungen, die von den professionellen Wetterbeobachtungsinstrumenten wie Thermo-Hygrograph und Minimum-Maximum-Thermometer fasziniert waren (lediglich 2 Mädchen fanden diese Geräte auch "toll"), war zu bemerken, daß sie die (wenigen) physikalischen Begriffe und Definitionen als "Show-Wissen" benutzten, um den Mitschülerinnen, aber auch den Mitschülern ihre Überlegenheit zu demonstrieren. Da es sich bei diesen Schülern um solche handelte, die am Unterricht stets aktiv mitarbeiteten, verwundert es nicht, daß diese Art von Wissens-Demonstration von der Lehrerin meist auch positiv bewertet wurde.  
Sobald diese Schülerhaltung seitens der Lehrerin etwa durch eine "Extra-Lob" verstärkt wird, und das Augenmerk mehr auf die verhaltenen und unauffälligen Schülerinnen und Schüler gerichtet wird, um so mehr erfahren diese für sich eine positive Verstärkung, was sich - über einen längeren Zeitraum praktiziert - auf das gesamte soziale Klima des Unterrichts auswirkt (auswirken kann).
- Das Arbeiten in kleinen (z.B. Zweier-) Arbeitsgruppen hat sich - wie bereits beschrieben - als durchaus positiv erwiesen. In solchen kleinen Arbeitsgruppen kann lernwirksam werden, was insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht der traditionellen Form fast völlig ausgeblendet wurde, die Motivation, die die Schülerin/der Schüler auf die andere Schülerin / den anderen Schüler ausüben kann.
- Daß für das (in den dargestellten Formen behandelte) Thema "Wetterbeobachtung - Klima - Klimagefahren" nicht *alle* Schülerinnen und Schüler interessiert werden konnten, mag bedauerlich sein, verwundern sollte es jedoch nicht.

---

## 4. Anregungen für den Unterricht

### 4.1 Außerschulische Erkundungen

- Besuch des (Lernortes) Wetteramt (siehe Kap. 6.3.3, S. 42);
- Beobachtung des Zusammenhangs von Wetter und Jahreszeit mit Mode, Arbeitsleben und Straßenleben. Ausgangspunkt kann die Beobachtung der Kleidung am eigenen Leib sein;
- Beobachtung der Wirkung des Wetters auf die Pflanzenwelt sowie die Wirkung des Pflanzenwuchses, der Gewässer und Bodenbeschaffenheit auf das Wetter, auf Siedlung und Industrie (ökologischen Kreislauf erkunden);
- Nutzung des Wetters in der Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Energiewirtschaft (Bau eines Sonnenkollektors, Photovoltaik);
- Indirekte Nutzung des Wetters durch die Bauwirtschaft, die Modeindustrie;
- Erkundung des Raumklimas in der Schulklasse/im einem Raum der Wohnung/an der Arbeitsstätte.

### 4.2 Sonstige Aktivitäten

- Versuchen die Jahreszeiten (eine Jahreszeit) in ihrer Wirkung auf uns und die Natur zu charakterisieren (schreiben, zeichnen, fotografieren);
- Suchen von regionalen Wetterregeln, z.B. in Bauernkalendern und beobachten, ob sie zutreffen (siehe S. 60);
- Berichte zusammenstellen über besondere (extreme) Wetterereignisse (in der Region, in der Welt) mit ihren natürlichen und sozialen Folgen: Smog, Hitzewelle, Überschwemmungen, Sturmfluten, Orkane, Wolkenbrüche, Eis- und Schneeinbrüche (je nach Jahrgangsstufe sollte man versuchen, die Beobachtungen auch meteorologisch zu erklären).

## 5. Literatur - Filme - Adressen

### 5.1 Literatur

- AG Naturwissenschaften sozial (Hg.): Luft zum Leben I. Soznat Materialien für den Unterricht, Bd. 31. Marburg 1991
- K. Allgeier: Der 100jährige Kalender. München 1991<sup>6</sup>
- Alte Bauernregeln. München 1990<sup>6</sup>
- S. Aust: Das Wetter. Reihe: Was ist was. Tessloff Verlag: Nürnberg 1987
- J. Beck, H. Wellershoff: Sinneswandel. Die Sinne und die Dinge im Unterricht. Frankfurt/M. 1989
- H. Bücken (Hg.): In und mit der Natur. Gelnhausen 1983
- Deutscher Wetterdienst (Hg.): Aspirations-Psychrometer-Tafeln: Braunschweig 1979<sup>6</sup>
- Deutscher Wetterdienst, Zentralamt (Hg.): Allgemeine Meteorologie. Leitfäden für die Ausbildung im Deutschen Wetterdienst Nr. 1. Offenbach 1987<sup>3</sup>
- Deutscher Wetterdienst: Anleitung für die Beobachtung an den Klimahauptstationen des Deutschen Wetterdienstes. Offenbach 1986<sup>9</sup>
- G. Gerosa: Klimaschock. Rastatt 1987
- R. Hahn (Hg.): Unser Planet. Geographie für das 5. und 6. Schuljahr. Braunschweig 1979
- R. Henning: Katalog bemerkenswerter Witterungsereignisse von den ältesten Zeiten bis zum Jahre 1800. Abhandlungen, Bd. II; Veröffentlichungen des Königlich-Preußischen Meteorologischen Instituts. Berlin 1908.
- Hessisches Institut für Bildungsplanung und Schulentwicklung (HIBS) (Hg.): Wetter. Vorschläge für eine Unterrichtseinheit. Materialien zum Unterricht, Sek. I, Heft 90. Physik 5. Wiesbaden 1989
- HIBS (Hg.): Wärmelehre und Wetterkunde. Materialien zum Unterricht. Physik 3, Wiesbaden 1979<sup>2</sup>
- Kinder entdecken ... Naturereignisse (TIME LIFE Kinder Bibliothek). Amsterdam 1988
- H.-G. Körber: Vom Wetteraberglauben zur Wetterforschung. Leipzig 1987
- A. Kremer: Rüstung im Weltraum. Von der V 2 bis SDI. Soznat Materialien für den Unterricht Band 24. Marburg 1987
- R. Mangelsen: Praktische Wetterkunde. Erkennen, Bestimmen, Vorhersagen. Stuttgart 1986
- Meyers kleines Lexikon. Meteorologie. Mannheim 1987
- M. Müller: "Bis heute hat sich nichts an dem folgenlosen Ritual geändert" In: Frankfurter Rundschau vom 20.12.1991, S. 14
- N. Myers (Hg.): Gaia. Der Öko-Atlas unserer Erde. Frankfurt/M. 1985
- G.D. Roth: Wetterkunde für alle. München 1971
- T. Rowland-Entwistle: Wolken, Wind und Wetter. Freiburg 1991

- 
- K. Schneider, A. Schnell (Bearb.): Wetterbeobachtung. Leitfäden für die Ausbildung im Deutschen Wetterdienst Nr. 4. Offenbach 1967
- B. Suter, Chr. Rohrer: Wetter. Bausteine für das Werden. Winterthur 1982
- H. Trenkle: Wetterfähigkeit. Vorbeugen und behandeln. Der Einfluß von Wetter und Klima auf Körper und Psyche. Niedernhausen 1989
- D. Walch, E. Neukamp: Wolken Wetter. Wetterentwicklungen erkennen und vorhersagen. München 1989
- J.-P. Verdet: Wind und Wetter. Ravensburg 1986
- R. Wildegger: Praktisches Wetterlexikon. München 1987
- F. Wilson, F. Mansfield: Wir entdecken und bestimmen das Wetter. Ravensburg 1987

## 5.2 Filme

- Klimatypen in Europa (FT 579)
- Warum weht der Wind? (FWU 322 832)
- Wie entstehen die Wolken? (FWU 322 831)
- Wie entsteht der Wetterbericht? (FWU 323 089)

### 5.3 Anschriften der Dienststellen des Deutschen Wetterdienstes

**Deutscher Wetterdienst  
Zentralamt  
Frankfurter Straße 135  
6050 Offenbach am Main  
Tel.: (069) 80 62-0**

**Dienststellen mit überregionalen Aufgaben**

**Meteorologisches Observatorium  
Hamburg  
Frahredder 95  
2000 Hamburg 65  
Tel.: (040) 6 01 73-02**

**Meteorologisches Observatorium  
Hohenpeißenberg  
Albin-Schwaiger-Weg 10  
8126 Hohenpeißenberg  
Tel.: (08805) 10 71/72**

**Meteorologisches Observatorium  
Potsdam  
Telegrafenberg  
1561 Potsdam  
Tel.: (0037 33) 316 - 203 / 275**

**Aerologisches Observatorium  
Lindenberg  
1231 Lindenberg  
Tel.: Beeskov (0037 376) 246  
Glienicke (0037 9086) 244**

**Instrumentenamt Hamburg  
Frahredder 95  
2000 Hamburg 65  
Tel.: (040) 6 01 73-01**

**Instrumentenamt München  
August-Schmauß-Str. 1  
8042 Oberschleißheim  
Tel.: (089) 3 15 16 63**

**Instrumentenamt Potsdam  
Michendorfer Chaussee 23  
1561 Potsdam  
Tel.: (003733) 316 - 371 / 372**

**Zentrale Agrameteorologische  
Forschungsstelle Braunschweig  
Bundes-Allee 50  
3300 Braunschweig  
Tel.: (0531) 5 10 64/65**

**Agrameteorologische  
Beratungs- und Forschungsstelle Bonn  
Siebengebirgstraße 200  
5300 Bonn 3  
Tel.: (0228) 43 45 11  
Telex: 885 634  
Telefax: (0228) 434 524**

**Agrameteorologische Beratungs- und  
Forschungsstelle Geisenheim  
Kreuzweg 25  
6222 Geisenheim (Rhg)  
Tel.: (06722) 60 22  
Telex: 421 11**

**Agrameteorologische Beratungs- und  
Forschungsstelle Halle  
Postschließfach 838  
4002 Halle / Saale  
Tel.: (0037 46) 29191/2**

**Agrameteorologische Beratungs- und  
Forschungsstelle Quickborn  
Heinrich-Hertz-Straße  
2085 Quickborn  
Tel.: (04106) 20 37/8  
Telex: 213 582  
Telefax: (04106) 2038**

**Agrameteorologische Beratungs- und  
Forschungsstelle Weihenstephan  
Hohenbachernstraße 19 u. 21  
8050 Freising 11  
Tel.: (08161) 1 30 38  
Telex: 526 560**

**Zentrale Medizinmeteorologische  
Forschungsstelle Freiburg  
Stefan-Meier-Straße 4  
7800 Freiburg 1  
Tel.: (0761) 28 20 2-0**

**Wetterdienstschule Langen  
Paul-Ehrlich-Straße 39  
6070 Langen (Hessen)  
Tel.: (06103) 70 74 00**

**Wetterdienstschule  
Außenstelle Potsdam  
Michendorfer Chaussee 23  
1561 Potsdam  
Tel.: (0037 33) 316 326**

**Aerologische Forschungs- und  
Erprobungsstelle München  
August-Schmauß-Str. 1  
8042 Oberschleißheim  
Tel.: (089) 3 15 16 63**

**Wetterämter**

**Seewetteramt Hamburg  
Bernhard-Nocht-Straße 76  
2000 Hamburg 36  
Tel.: (040) 3190-1**

**Wetteramt Berlin  
Platz der Luftbrücke 2  
1000 Berlin 42  
Tel.: (030) 690083-0**

**Wetteramt Bremen  
Flughafendamm 45  
2800 Bremen 1  
Tel.: (0421) 5372-160**

**Wetteramt Dresden  
Schuchestraße 7  
8122 Radebeul 2  
Tel.: (0037 51) 75509/  
75856**

**Wetteramt Essen  
Wallneyer Straße 10  
4300 Essen 1  
Tel.: (0201) 71 2021/24**

**Wetteramt Frankfurt  
Kaiserstraße 42  
6050 Offenbach am Main  
Tel.: (069) 8062-634/549**

**Wetteramt Freiburg  
Stefan-Meier-Straße 4  
7800 Freiburg 1  
Tel.: (0761) 28202-0**

**Wetteramt Hannover  
Flughafen  
3000 Hannover 42  
Tel.: (0511) 97396-0**

**Wetteramt Leipzig  
Leninstraße 169  
7027 Leipzig  
Tel.: (0037 41) 8611202**

**Wetteramt München  
Bavariaring 10  
8000 München 2  
Tel.: (089) 539803-0**

**Wetteramt Nürnberg  
Flughafenstraße 100  
8500 Nürnberg 99  
Tel.: (0911) 36505-0**

**Wetteramt Potsdam  
Michendorfer Chaussee 23  
1561 Potsdam  
Tel.: (0037 33) 316-316/320**

**Wetteramt Rostock  
Parkstraße 47  
2530 Rostock-Warnemünde  
Tel.: (0037 81) 5021**

**Wetteramt Schleswig  
Regenpfeiferweg 9  
2380 Schleswig  
Tel.: (04621) 5071-3**

**Wetteramt Stuttgart  
Am Schnarrenberg 17  
7000 Stuttgart 50  
Tel.: (0711) 541122**

**Wetteramt Trier  
Petrisberg,  
Sickingenstraße 41  
5500 Trier  
Tel.: (0651) 45045**

**Wetteramt Weimar  
Heinrich-Jäde-Straße 12  
5300 Weimar  
Tel.: (0037 621) 62491/2**

## 6. Sachinformationen, Bauanleitungen, Unterrichtsbeispiele, Arbeitsblätter, Experimente

### 6.1 Wetter-Elemente: Bauanleitungen einfacher Geräte zur Wetterbeobachtung und Experimente

#### 6.1.1 Wind

Die Beobachtung der Winde ist die älteste Grundlage zur Wettervorhersage. Bereits Babylonier und Ägypter wußten die Winde zu nutzen. Bei Alexandria am Mittelmeer stehen noch heute Ruinen von ersten Windmühlen.

Winde waren die ersten Energieträger in Europa. Die Wasser und Getreidemühlen der flachen und küstennahen Länder in Europa waren bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts in Betrieb.

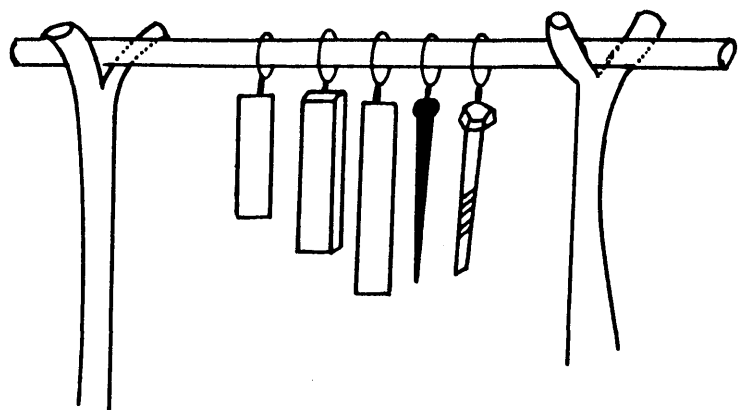
#### *Beobachtungen im Freien*

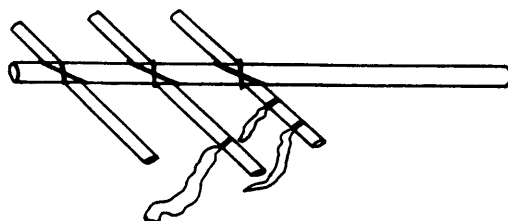
- Flugbahnen von Wolken, Rauch und Seifenblasen
- Windfahnen auf Kaminen und Kirchtürmen
- Durch Windeinwirkung krummgewachsene Bäume
- Bewegung von Blättern an Bäumen
- Schneeverwehungen
- Ein senkrecht erhobener Finger kühlt sich auf der dem Wind zugewandten Seite rascher ab.

#### *Windspiele*

Mit Windspielen dieser Art kann man auf das Vorhandensein von Winden aufmerksam machen. Der Wind wird in hörbare Geräusche verwandelt.

*Material: Schrauben, Nägel, Blechstücke, Leisten oder Aststücke, Schnüren, Leim.*



*Windvogel*

Solche "Windvögel" werden durch den Luftwiderstand der einseitig angehängten Stoffstreifen in die Windrichtung gedreht.

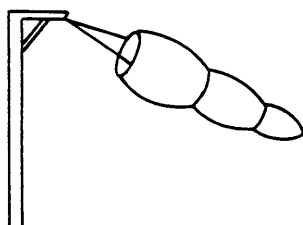
*Material: 1 Ast (ca. 50 cm), 3 Äste (ca. 25 cm), Stoffstreifen, Holzreste, Schnur, Leim.*

**Hinweis:**

Queräste kreuzweise an eine Hälfte des Hauptastes binden. Schnüre und Knoten mit Leim überstreichen.

Farbige Stoffstreifen anknüpfen. Kopfteil durch Befestigung von Holzresten hervorheben.

Aufhängung: 2 Schnüre von den Enden des hintersten Querastes und 1 Schnur von der Mitte des langen Astes zusammenknoten.

*Windsäcke*

Windsäcke begegnen uns heute im Straßenverkehr (auf Brücken) und im Luftverkehr (auf Flugplätzen); sie machen die Windrichtung und die ungefähre Windstärke sichtbar. Kommt ein Wind auf, füllt sich der Sack durch die Öffnung mit Luft. Nimmt der Wind weiter zu, dreht er sich in die Windrichtung, und das hintere Ende hebt sich.

*Material: Leichter Baumwoll- oder Kunstfaserstoff, Nähzeug, Draht oder Haselrute, Schnur, Acryl- oder Stoffmal Farben, Packpapier.*

**Hinweis:**

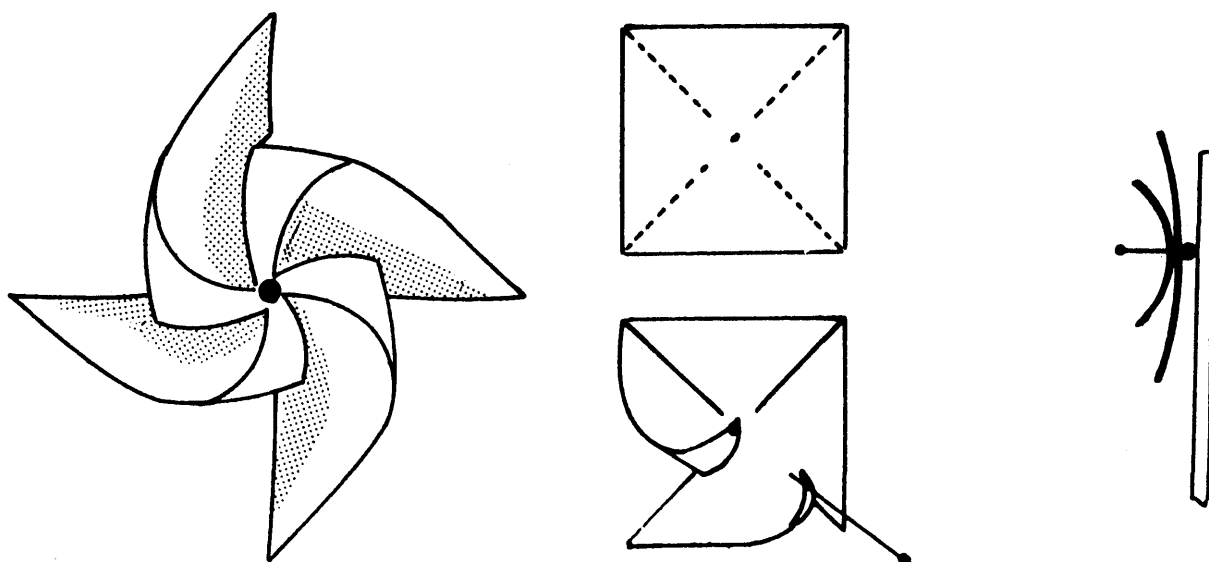
Den Lufteinlaß des Sackes möglichst groß planen: Bei 1 - 2 m Länge ca. 30 - 40 cm Durchmesser, Einlaßöffnung aus Draht formen. Mit Rollmeter Umfang/Öffnung messen und entscheiden, aus wie vielen Einzelteilen der Sack zusammengenäht wird.



Entwurf mit Linienraster in Originalgröße übertragen. Stoff zuschneiden, Einzelteile zusammenstellen, Ränder von Hand oder mit Maschine zusammennähen (damit die Nähte verschwinden, kehrt man den Sack nach innen).

Den vorbereiteten Ring in die Öffnung nähen. Sack mit Acryl- oder Stoffmalfarbe bemalen (dazu Sack mit zerknülltem Zeitungspapier ausstopfen). Schließlich Sack freibeweglich aufhängen.

### Windräder



*Material: Quadratischer leichter Karton, Holzperle o.ä., Klötzchen, Stab, Stecknadel oder Nagel.*

### Hinweis:

Relativ einfach herzustellen ist das Jahrmarkt-Windrad aus Papier oder leichtem Karton. Ein Quadrat wird diagonal bis nahe zur Mitte eingeschnitten. Jede zweite Ecke wird zur Mitte hingebogen und befestigt, je nach Größe des Rädchens, mit einer Stecknadel oder einem Nagel auf einem Stab befestigen. Distanzhölzchen verwenden, damit die Flügelenden den Stab nicht berühren.

### 6.1.2 Feuchtigkeit

Schon sehr früh erkannten die Völker ihre Abhängigkeit vom Wetterfaktor Luftfeuchtigkeit und dessen direkten Folgen wie Dürre, Regen, Überschwemmungen. Die Menschen bauten Behausungen, die sie vor Feuchtigkeit schützten.

Das Wetter/Klima verschiedener Gegenden prägt die dafür typische Hausbauweise. Letztlich dienen alle demselben Zweck: Sie schützen vor Hitze, Kälte, Wind und Regen.

Die Beobachtung der Luftfeuchtigkeit ist insofern interessant, weil die landläufig unangenehmsten Eigenschaften des Wetters, z. B. Wolken, Nebel, Regen, direkt mit ihr in Zusammenhang stehen.

Feuchtigkeitsschwankungen verursachen in verschiedenen (organischen) Materialien Volumenunterschiede. Dadurch öffnen sich Zapfen, Holz spaltet, und Fasern dehnen sich.

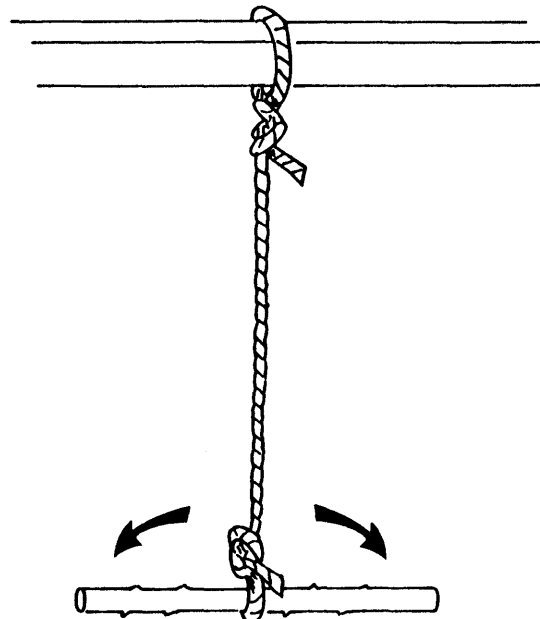
#### *Beobachtungen im Freien*

- Tann- und Föhrenzapfen öffnen und schließen sich.
- Feuchte Luft kann mehr Gerüche aufnehmen, es riecht vielseitiger.
- Dunstiges Wetter bedingt keine gute Fernsicht.
- Tautropfen im Gras.

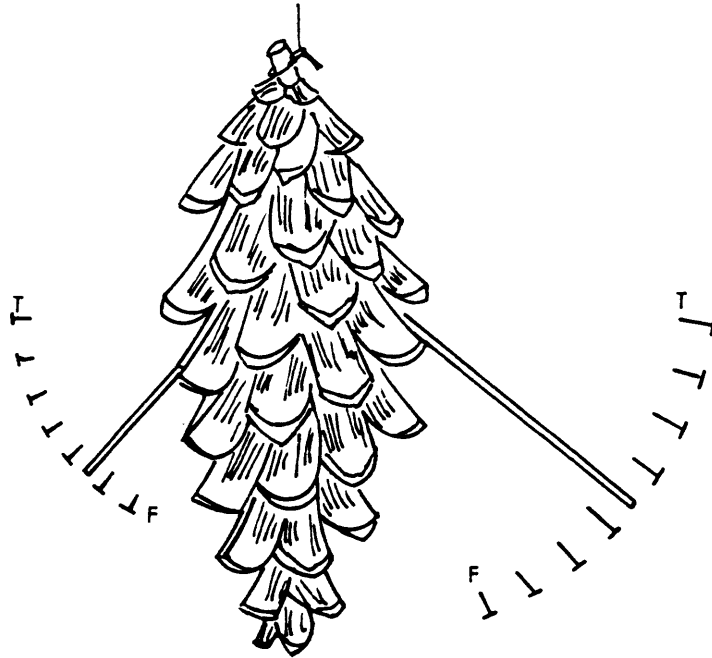
#### *Hanfseil-Hygrometer*

(Hygrometer = Feuchtigkeitsmesser)

*Material: Fingerdickes ca 2 m langes Hanfseil, 1 dicker Ast.*



Unter einer Überdachung (z.B. Vordach) wird das Hanfseil-Hygrometer aufgehängt. Bei einer Schwankung der Luftfeuchtigkeit verändert sich die Lage der einzelnen Leinenfasern, und weil sie gezwirnt sind, beginnt sich der Ast zu drehen.

*Fichten- und Föhrenzapfen-Hygrometer**Material: Zapfen, Nadeln, Schnüre*

Man sammelt frisch von den Bäumen heruntergefallene Zapfen und hängt sie an einen regengeschützten Ort ins Freie, vor einen mit einem Blatt Papier oder Karton beklebten Hintergrund. Damit man die Bewegungen der Lamellen besser beobachten kann, wird in die Spitze einer kräftigen Lamelle eine Nadel gesteckt, an deren Ende eine Skala oder Symbole auf den Hintergrund gemalt werden.

Bei zunehmender Feuchtigkeit schließen sich die Zapfen, bei abnehmender Feuchtigkeit öffnen sie sich. Durch die Verlängerung der Lamelle mit der Nadel sind die Bewegungen leichter zu sehen.

### 6.1.3 Temperatur

Die Beurteilung, was kalt und was warm ist, ist sehr subjektiv und ist oft von Person zu Person verschieden. Demgegenüber haben sich die Völker den unterschiedlichen Temperaturen in den entsprechenden Klimazonen angepasst. Je weiter man in den Süden kommt, desto dicker werden die Mauern und desto kleiner die Fensteröffnungen. Alte Hochhäuser in Sardinien haben sogar recht gut funktionierende Kühlanlagen: Dachaufsätze fangen die kühle Luft auf und leiten sie durch Schächte in die Räume. Gewisse Bauhaustypen verfügen über einen sehr guten Kälteschutz im Winter. Über dem Wohnteil und den Ställen sind die Kornspeicher und Heustöcke untergebracht und wirken als Pufferzone nach oben. Die Fenster der Wohnräume sind fast ausschließlich nach Süden orientiert, damit die tiefstehende Sonne die Räume erwärmen kann.

Das Messen der Temperatur war stets schwieriger als die Beobachtung von Wind und Feuchtigkeit.

Nach Vorarbeiten von GALILEI, der 1596 das erste Thermometer konstruierte, experimentierte die Akademie der Wissenschaften in Florenz (1651 - 1667) um 1660 mit vielen Arten von Luft- und Flüssigkeitsthermometern. Es erwies sich dabei als besonders schwierig, die Angaben verschiedener Thermometer zur Übereinstimmung zu bringen.

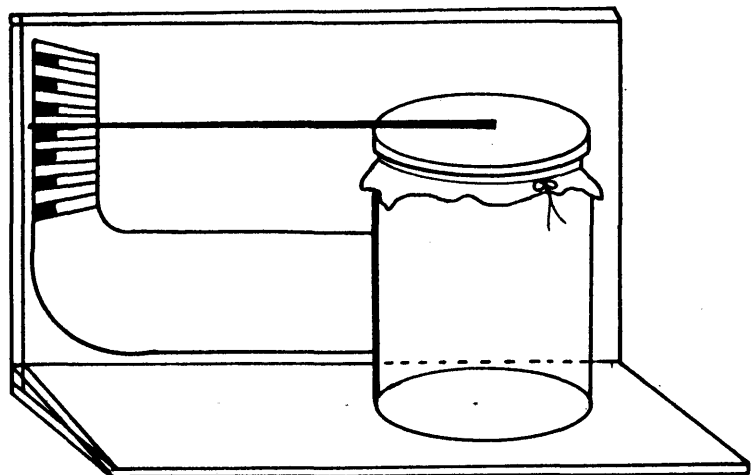
Der Danziger Glasbläser Daniel FAHRENHEIT baute um 1715 als Erster Quecksilberthermometer, die in ihrer Anzeige übereinstimmten und als sensationelle Erfindung galten.

#### *Beobachtungen im Freien*

- Bei großer Wärme flimmert über der Straße die Luft.
- Asphaltbeläge werden bei großer Wärme klebrig.
- Hochspannungsleitungen hängen bei hohen Temperaturen (mehr) durch. Bei kaltem Wetter strecken sich die Drähte.
- Die Kleidung der Menschen ist bei hohen und niedrigen Temperaturen verschieden.

#### *Luftthermometer*

*Material: Glas, Ballon-Gummi, Schnur, Karton, Kleber.*

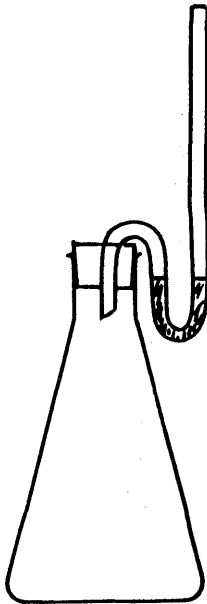


Das sog. Luftthermometer besteht aus einem leeren (Marmeladen-)Glas und einem Stück Ballon-Gummi.

Die Gummihaut wird über das Glas gestülpt und luftdicht zugebunden. Auf die Gummihaut wird ein (sehr leichter) Zeiger (z.B. ein Trinkhalm) aufgeklebt, der vom Zentrum ca. 30 cm über den Rand hinausragt.

Bei steigender Temperatur dehnt sich die eingeschlossene Luft aus, die Gummihaut wölbt sich nach außen, und der Zeiger schlägt nach unten aus.

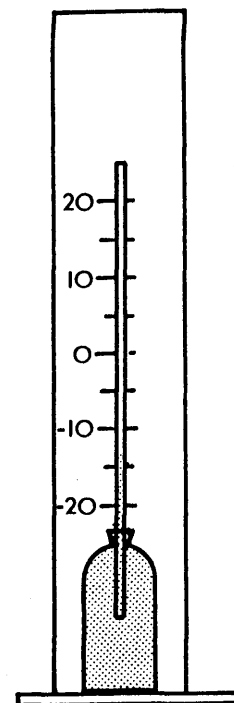
Mit diesem Instrument können nur für kurze Zeit Beobachtungen gemacht werden, da der Luftdruck ebenfalls auf die eingeschlossene Luft wirkt. Dadurch verschiebt sich die ganze Skala nach unten oder oben.



### Alkoholthermometer

*Material: Alkohol, Glasröhrchen, (Medizin-)Fläschchen, Gummistöpsel mit Loch. Kleine Nagel, Klebeband.*

Es wird ein Fläschchen (von ca. 50 cm<sup>3</sup> Inhalt) randvoll mit Alkohol gefüllt. Als Steigrohr wird ein Glasröhrchen mit 1 - 2 mm Durchmesser und ca. 50 cm Länge verwendet. Dieses wird in einen Gummistöpsel mit Loch und beides zusammen auf das Fläschchen gesteckt. Das Ganze wird vor ein Brettchen gestellt, auf dem eine Einteilung aufgemalt wird. Durch das große Alkoholvolumen lassen sich Temperaturschwankungen besonders gut sichtbar machen.



Die Ausdehnung der Luft bei steigender Temperatur kann auch mit einem Manometer demonstriert werden. Die Flüssigkeit im Manometerrohr kann mit etwas Tinte besser sichtbar gemacht werden. Das Thermometer ist umso empfindlicher, je größer die Luftmenge - d.h. das Gefäßvolumen - ist, die vom Manometer abgesperrt wird.

Wie beim Luftthermometer ändert sich die Anzeige auch hier mit veränderlichem Luftdruck.

Den Alkohol sollte man mit Tusche oder mit gelöster Batikfarbe färben. Beim Einfüllen und Zusammenstecken ist darauf zu achten, daß keine Luftblasen im Fläschchen bleiben.

### 6.1.4 Luftdruck

Mit bloßem Auge kann der Luftdruck nicht beobachtet werden. Ohne präzise Instrumente können Luftdruckänderungen aber von wetterfühligen Menschen wahrgenommen werden, die dann häufig voraussagen können, wie sich das Wetter ändern wird.

Sei 1614 kennt man das von Evangelista TORICELLI (einem Schüler von GALILEI) gebaute Quecksilber-Barometer. Dieses Barometer reagiert nur auf Druckänderungen unabhängig von der Temperatur. Nach dem gleichen Prinzip funktionieren die in vielen Wohnzimmern hängenden Dosenbarometer: Eine gerillte, luftleere Dose wird mehr oder weniger zusammengedrückt. Über eine Feinmechanik werden die Werte auf einen Zeiger übertragen. Der Bau solcher Dosen übersteigt meistens die schulischen Möglichkeiten. Vom Bau eines Quecksilber-Barometers ist aus Preis- und nicht zuletzt aus Sicherheitsgründen ebenfalls abzuraten.

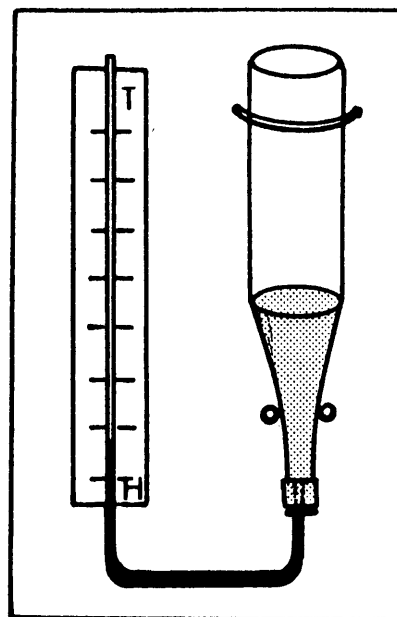
Als brauchbar erweist sich der Bau eines Wasser-Barometers, wie es von GOETHE gebraucht wurde und noch im letzten Jahrzehnt als sog. Wasserglas in der Schweiz weit verbreitet war.

Der Luftdruck läßt sich ohne komplizierte Einrichtungen messen, allerdings ist es schwierig, fremde Einflüsse fernzuhalten. Luftdruck und Temperatur sind bei unseren Geräten nur schwer voneinander zu trennen, da zum Messen beider Größen gleiche Komponenten maßgebend sind.

Bei Gasen betrifft das die Änderung der Dichte, bei Flüssigkeiten die Änderung des Volumens. Deshalb gehören unsere Barometer an einen Ort mit möglichst ausgeglichener Temperatur (z.B. Keller, zentralgeheiztes Zimmer).

#### *Wasserbarometer*

Eine leere (Wein-) Flasche, die ca. einen halben Liter Wasser faßt, wird mit der Öffnung nach unten in ein Kästchen gehängt. Die Öffnung wird mit einem Pfropfen verschlossen, in dessen Mitte ein U-förmig gebogenes Glasrohr steckt. Dieses soll ca. 20 cm über die Flasche hinausführen und einen Innendurchmesser von ca. 2 - 3 mm haben. In die Flasche werden ca. 2/10 Liter gefärbtes Wasser gefüllt und die Flasche luftdicht verschlossen. Hinter dem Röhrchen wird ein schmales Brettchen mit einer Skala befestigt.



Bei steigendem Luftdruck sinkt die Flüssigkeit im Röhrchen, sie wird in die Flasche gedrückt. Bei fallendem Druck kann das Wasser sogar oben aus dem Rohr tropfen (was ganz symbolisch das Herannahen einer Regenfront anzeigt).

**Material:** 1 (Wein-) Flasche (ca. 1/2 Liter), Gummizapfen mit Loch, kleine Holzkiste (ca. 20 x 40 cm), 1 Glasrohr (50 cm lang, 2 - 3 mm Durchmesser), Nägel, Leim, Farben.

### 6.1.5 Niederschlag/Regen

Die Messungen von Niederschlägen zur Wettervorhersage sind nicht sehr ergiebig. Der Regen/Schnee ist eine Folgeerscheinung der vorausgegangenen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsentwicklung, zusammen mit den vorherrschenden Winden.

Messungen von Niederschlägen dienen vor allem der Statistik in der betreffenden Region (z.B. zur Rekonstruktion einer Überschwemmung und zur Berechnung der Klimaentwicklung über mehrere Jahre).

Da Regenwetter in unseren Breiten relativ häufig vorkommt, kann es interessant sein, die Niederschläge zu beobachten und jahreszeitenbezogen unter einem längeren Zeitraum zu vergleichen.

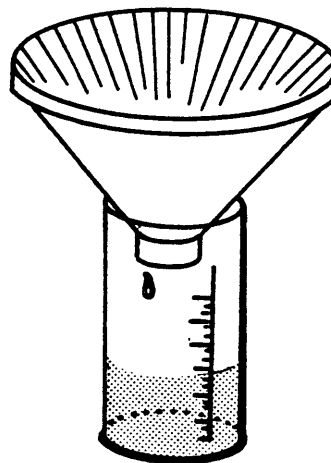
Niederschläge werden in Millimetern gemessen. Dabei entspricht die Anzahl Millimeter der Anzahl Liter gefallenes Regens pro Quadratmeter.

#### *Beobachtungen im Freien \*)*

- In kurzen Regenschauern fallen oft große Regentropfen;
- Regen, der Stunden andauert, fällt meistens in feinen Tropfen.

#### *Regenmesser mit Auffangtrichter*

**Material:** Alte Haushaltsartikel wie Trichter, Büchsen, Gläser o.ä..



Der Regen wird in einem Auffanggefäß gesammelt und in ein kleineres Meßgefäß geleitet. Vorteilhafterweise werden die beiden Gefäße so gewählt, daß die Grundfläche des größeren ein Vielfaches des kleinen ist.

Ist der Auffangtrichter fünfmal größer, so entspricht ein Millimeter gefallener Regen im Meßgefäß 5 Millimeter. Nach diesen Werten eichen wir den Rand des Gefäßes oder einen Meßstab.

\*) Die genannten Beobachtungen können im schulischen Alltag in der Regel nur äußerst selten durchgeführt werden. Sie wurden hier dennoch aufgeführt, weil es sich um Äußerungen handelt, die auf Befragen von Schülerinnen und Schülern genannt worden sind.

### 6.1.6 Sonne

Die Beobachtung der Sonne, die für das globale Wettergeschehen verantwortlich zeichnet, ist auch für unsere Beobachtungsweise von Bedeutung, verdanken wir doch unsere Jahreszeiten lediglich einer Veränderung des Einstrahlwinkels der Sonne auf die Erdoberfläche.

In der Meteorologie wird die Beobachtung der Sonne lediglich aus statistischem Interesse beobachtet; die Sonnenscheindauer wird notiert und mit anderen Jahren verglichen. In jüngster Zeit vermehrt sich das Interesse an der Sonne im Zusammenhang mit der Suche nach neuen Energiequellen.

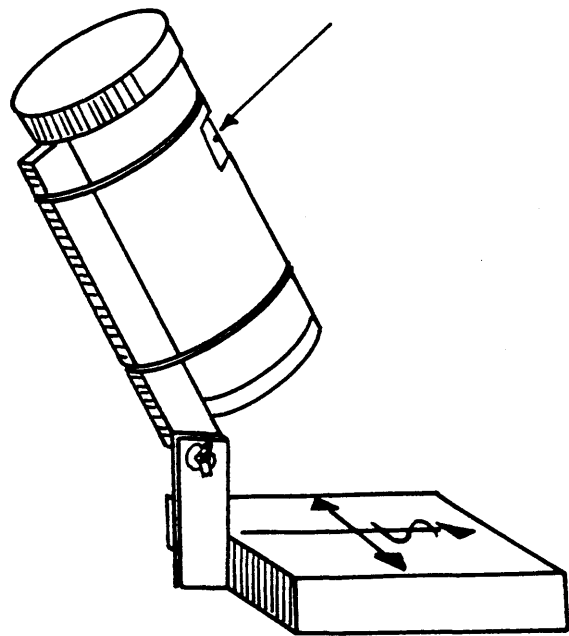
#### *Beobachtungen im Freien*

- Vegetation an Süd- und Nordhängen vergleichen.
- Die Wärmewirkung der Sonne auf verschiedene Farben/Materialien messen.
- Den Höchststand der Sonne während verschiedener Jahreszeiten anhand der Schattenlängen vergleichen.

#### *Dosen-Sonnenstundenmesser*

##### *Material:*

*Gewindeschraube mit Flügelmutter, Nägel, Leisten, Holzklötz oder Brett, Büchse mit Deckel (kleiner als 1 Liter), Fotopapier, Draht, Fotokarton oder Metallfolie.*



Nach dem Funktionsprinzip der "Camera obscura" wird die Sonnenscheindauer mit einer kleinen Dose aufgezeichnet. Durch ein stecknadelgroßes Loch in der Dosenwand dringt ein dünner Lichtstrahl auf die gegenüberliegende Dosenwand. Dort befestigt man halbkreisförmig ein unbelichtetes und unentwickeltes Fotopapier in die Dose. Der Deckel wird auf die Büchse aufgesetzt und die Büchse mit dem Loch gegen Süden gerichtet.

Damit man eine gleichmäßige Aufzeichnung erhält, muß die Dose ungefähr im rechten Winkel zur Sonnenbahn stehen. Bei schönem Wetter hinterläßt die Sonne eine graue, gut sichtbare Spur auf dem Fotopapier.

Zur Präzisierung der Angaben kann man an einem sonnigen Tag zu jeder vollen Stunde den jeweiligen Stand markieren und nach diesem Raster die anderen Meßpapiere eichen. So kann man am Abend eines Meßtages ablesen, wann und wie lange die Sonne geschienen hat.



**Hinweis:**

Mit dem Metallbohrer in der Mitte der Büchse ein Loch bohren (dabei in die Büchse ein Holz legen).

Fotokarton oder Metallfolie mit einer Stecknadel vorsichtig lochen. An beiden Leisten-Enden Loch bohren für Schraube. Leisten zusammenschrauben.

Leisten-Ende am Grundbrett oder Klotz festnageln. Die Büchse mit Draht auf die obere Leiste binden. Möglichst großes Fotopapier - und möglichst im Dunkeln - in der Büchse befestigen. Belichtete Streifen mit einem Farbstift nachziehen.

**Glas-Kugel-Sonnenstundenmesser**

**Material:** Holzleisten für den Bau des Gestells, Draht für die Aufhängung, Glaskugel (voll oder hohl), Karton, Papier.

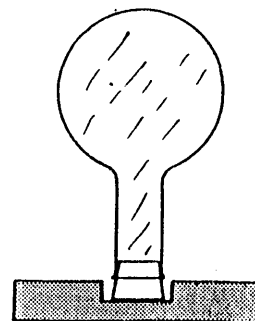
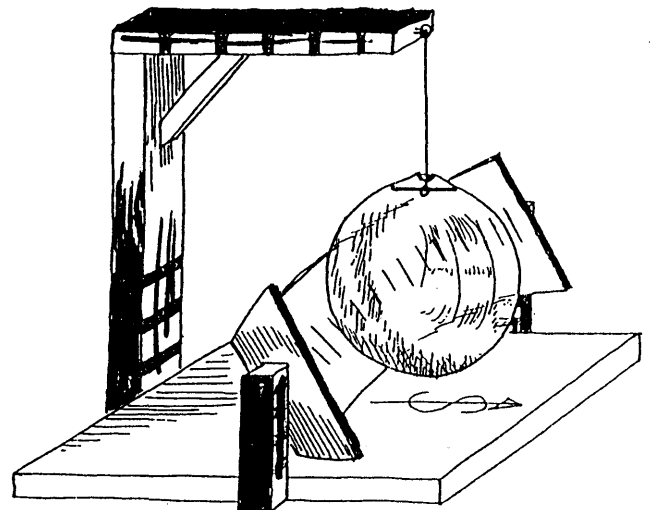
Ähnlich wie eine Lupe wirkt eine Kugel aus Glas als Brennglas. An Stelle einer teuren Vollglaskugel kann für den folgenden Versuch auch eine Hohlkugel benutzt werden, die mit Wasser gefüllt wird.

Zunächst wird die Kugel frei am Gestell aufgehängt und die Brennweite (der Brennpunkt) bestimmt. Dazu verschiebt man einen Papierstreifen, der senkrecht zur Richtung des einfallenden Sonnenlichts gehalten wird, solange hinter der Kugel, bis das Bild der Sonne möglichst klein (punktförmig) geworden ist. Dies ist der Abstand, in dem der Pappstreifen anschließend auf der Grundplatte montiert wird.

Zur Befestigung des Pappstreifens werden die Enden zwischen zwei auf der Grundplatte festgeschraubten Halterung eingeklemmt. Die genaue Fixierung kann durch Fußleistenstifte erfolgen. Das fertige Meßgerät wird in die Sonne gestellt, der Winkel des Pappstreifens (gegen die Senkrechte) eventuell noch nachjustiert.

Das über die Pappe wandernde Bild der Sonne hinterläßt eine Brandspur auf der Pappe. Bei kräftigem Sonnenschein kann vor die Pappe ein weißes auswechselbares Papier gelegt werden. Im Winter und bei dunstigem Wetter verwendet man besser graues Papier oder Pappe, da sich dieses besser erhitzt.

Als schnell zu realisierende Alternative bietet sich die Benutzung eines Rundkolbens an, der mit Wasser gefüllt, mit einem Stopfen verschlossen und umgekehrt aufgestellt wird.



## 6.2 Zur Handhabung und Ablesung professioneller Wetterbeobachtungs-Instrumente

### 6.2.1 Windstärke- und -richtungsmessung: Keilwindfahne mit Windstärketafel nach WILD

Das einfachste Gerät zur Messung der Windrichtung und der Windstärke ist die Keilwindfahne mit Windstärketafel nach WILD. Das Instrument besteht aus dem Standrohr mit Lagerzapfen und Richtungskreuz, der um den senkrechten Lagerzapfen drehbaren Windfahne und der durch die Windfahne stets mit der ganzen Fläche der Windrichtung entgegengestellten Windstärketafel. Die Windstärketafel ist an einer horizontal verlaufenden Achse drehbar aufgehängt. Je nach herrschender Windgeschwindigkeit wird sie mehr oder weniger angehoben. Das Richtungskreuz gibt die vier Haupthimmelsrichtungen an. Zur leichteren Orientierung ist die nach Norden weisende Stange durch "N" gekennzeichnet.



Durch Vergleich der Windfahnenstellung mit dem feststehenden Richtungskreuz wird die Windrichtung ermittelt; die Windstärke dagegen durch Vergleich des Anstellwinkels der Stärketafel mit 8 Stiftmarken, welche auf einem Kreisbogen zentrisch und radial zum Drehpunkt der Stärketafel befestigt sind. Es ist verständlich, daß diese Art der Windstärkemessung nur Ergebnisse mit beschränkter Genauigkeit liefern kann.

Den einzelnen Stiftmarken entsprechen - vom Schaft aus gerechnet - folgende Windstärken bzw. Windgeschwindigkeiten:

Stiftmarke	1	2	3	4	5	6	7	8
Windstärke nach Beaufort	0	2	3	4	5	6	7	9
Windgeschwindigkeit in m/s	0	2	4	6	8	11	14	20

Fußseitig trägt das Standrohr einen 13 cm langen Zapfen mit Holz- bzw. Metallgewinde, so daß das Gerät auf einem Holz- bzw. Metallmast festgeschraubt werden kann.

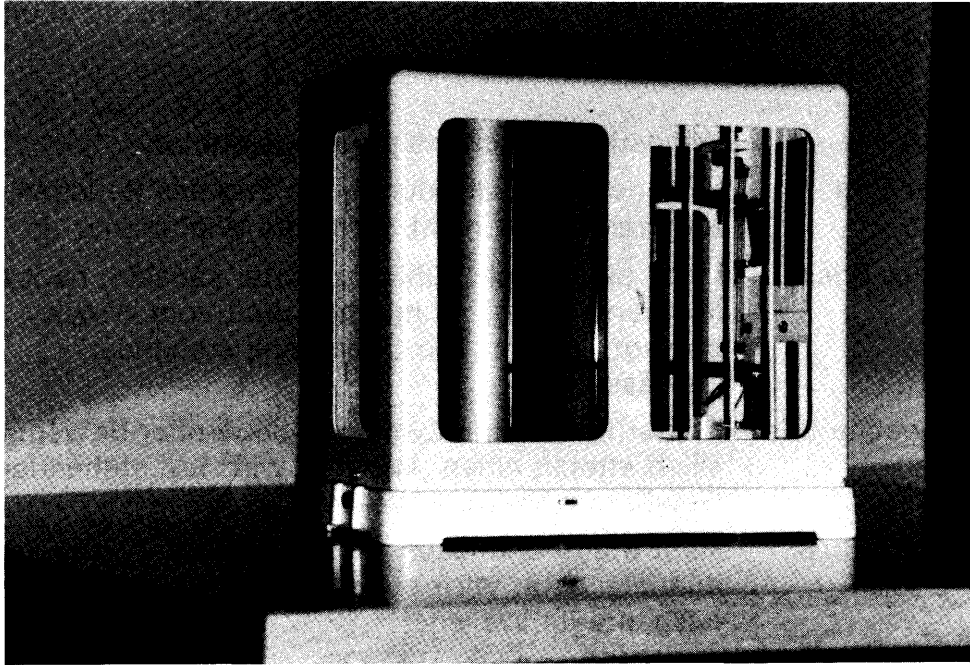
## Windstärkeskala nach Beaufort

### Windstärkebezeichnung

Auswirkungen der Windstärke im Binnenland und auf Binnenseen

0	still	Windstille, Rauch steigt gerade empor.
1	leiser Zug	Windrichtung wird durch den Zug des Rauches angezeigt, aber nicht durch die Windfahne.
2	leichte Brise	Wind am Gesicht fühlbar, Blätter säuseln, hebt den leichten Wimpel, Windfahne wird vom Winde bewegt, kräuselt die Oberfläche stehender Gewässer.
3	schwache Brise	Blätter und dünne Zweige in dauernder Bewegung, Wind streckt einen Wimpel, wirft auf stehenden Gewässern kleinere Wellen.
4	mäßige Brise	Hebt Staub und loses Papier, bewegt Zweige und dünnere Äste, wirft auf stehenden Gewässern ausgeprägte Wellen.
5	frische Brise	Kleine Laubbäume beginnen zu schwanken, Schaumkämme bilden sich auf stehenden Gewässern.
6	starker Wind	Starke Äste in Bewegung, Pfeifen in Telegrafenerleitungen, Regenschirme schwierig zu benutzen.
7	steifer Wind	Ganze Bäume in Bewegung, fühlbare Hemmung beim Gehen gegen den Wind, wirft auf stehenden Gewässern Wellen mit vielen Schaumköpfen.
8	stürmischer Wind	Bricht Zweige von den Bäumen, erschwert erheblich das Gehen im Freien.
9	Sturm	Kleinere Schäden an Häusern (Rauchhauben und Dachziegel werden abgeworfen).
10	schwerer Sturm	Bäume werden umgebrochen oder entwurzelt, bedeutende Schäden an Häusern. Im Binnenland selten.
11	Orkanartiger Sturm	Verbreitete Sturmschäden und Zerstörungen schwerster Art. Im Binnenland selten.
12	Orkan	Verwüstende Wirkung.

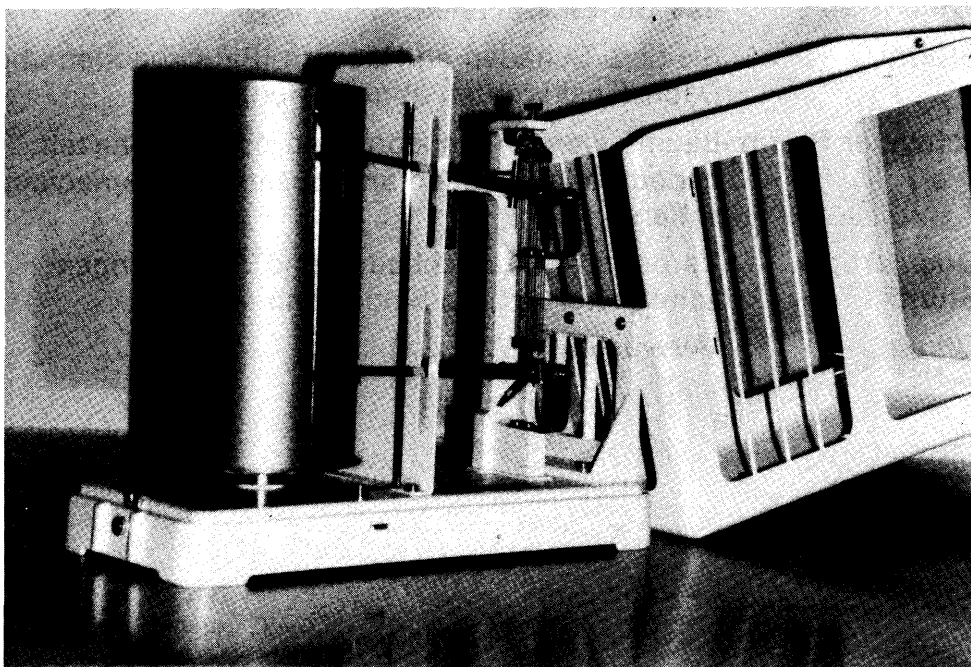
### 6.2.2 Messung von Temperatur und Luftfeuchte mit Hilfe des Thermo-Hygrographen



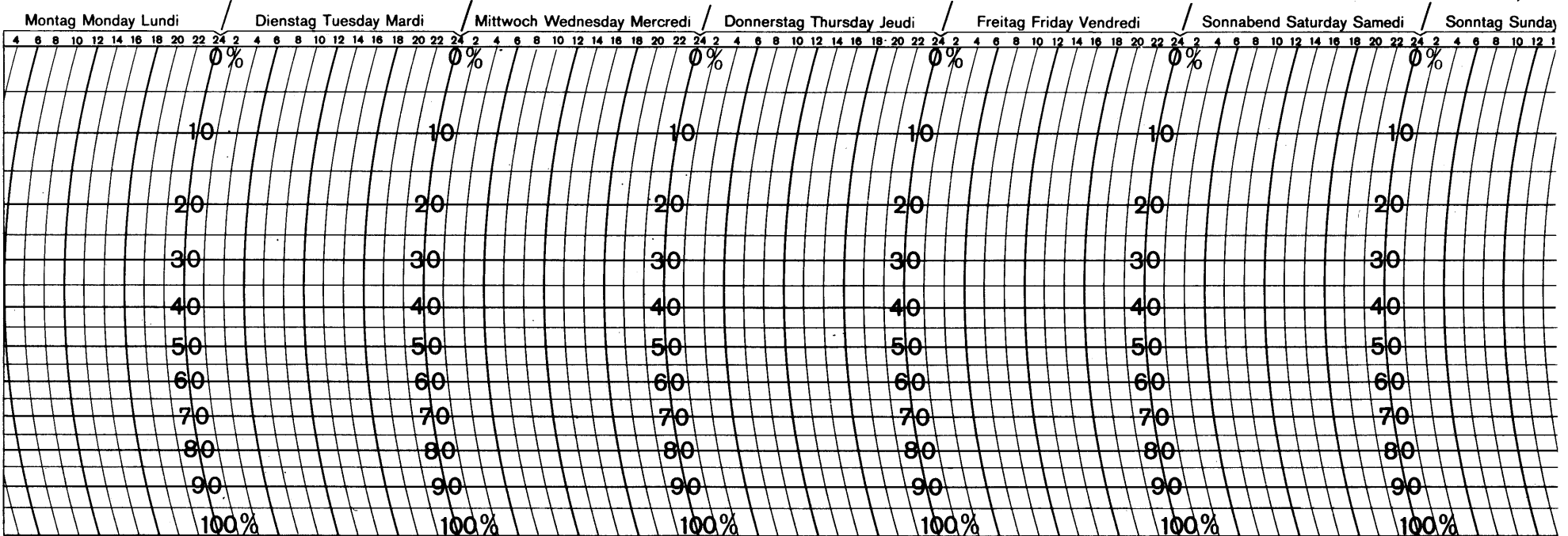
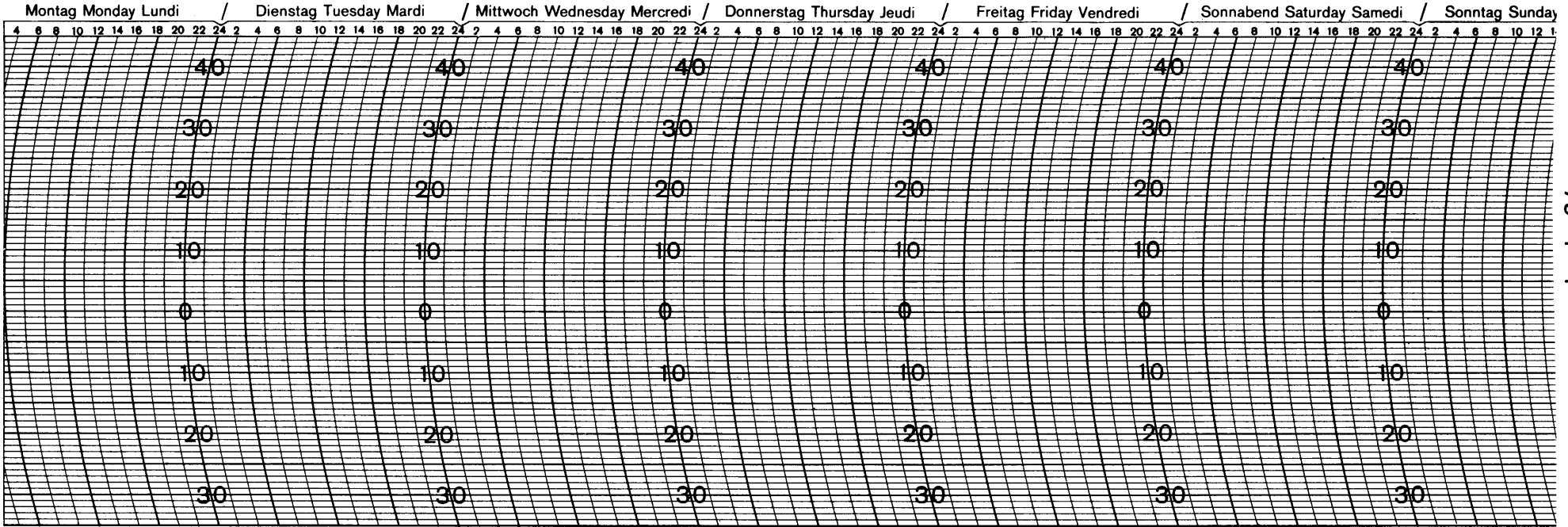
Thermo-Hygrograph

Auf der oberen Trommelhälfte werden die Temperaturwerte aufgezeichnet, auf der unteren Trommelhälfte die Luftfeuchtwerte (s. Schreibstreifen S. 25)

Hygrographen bzw. Thermographen dienen der selbsttätigen Registrierung von relativer Luftfeuchte bzw. Temperatur. Sie erfassen lückenlos und unter Ausschaltung persönlicher Ablesefehler den zeitlichen Verlauf der jeweiligen Meßgröße. Anhand der gesammelten Schreibstreifen ist es jederzeit möglich, die an einem beliebigen Zeitpunkt tatsächlich vorhandenen Meßwerte zu kontrollieren.



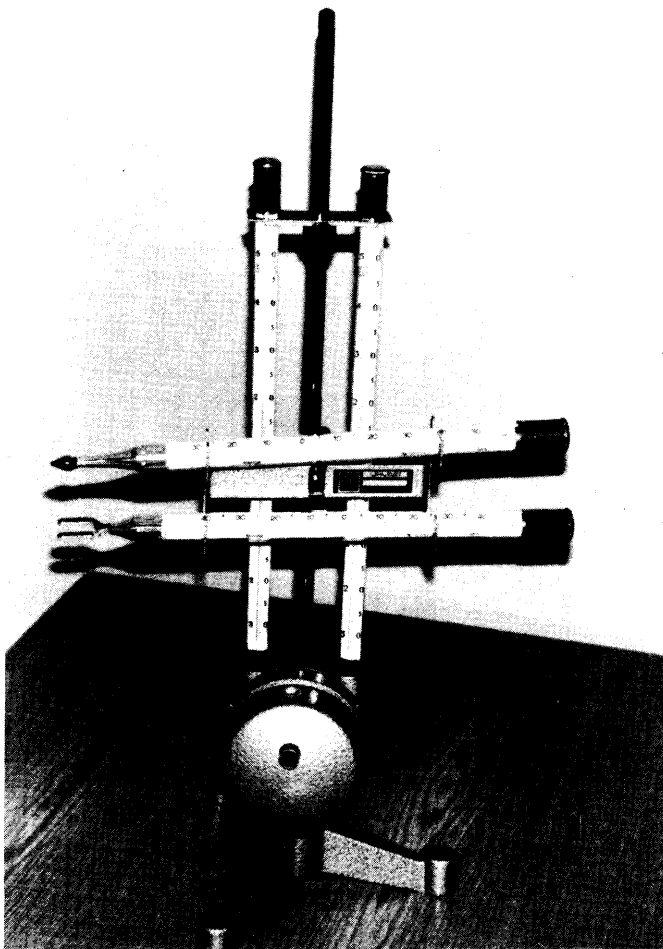
Thermo-Hygrograph-Schreibstreifen



Die wesentlichen Bestandteile sowohl des Hygrographen als auch des Thermographen sind:

Uhrwerkstrommel (mit einer Aufzeichnungszeit von 7 Tagen), Meßelement, Schreibarm und Hebelgetriebe, das die Verbindung zwischen Meßelement und Schreibarm herstellt: Als Meßelement wird im Hygrograph eine Haarharfe verwendet (sie verlängert ihre Länge in Abhängigkeit von der relativen Feuchte); im Thermograph wird als Meßelement ein ringförmig gebogenes, hochwertiges Bimetall verwendet (es ist gegen Wärmeleitung von anderen Bauteilen her durch thermische Isolation weitgehend geschützt).

### 6.2.3 Messung extremer Temperaturen mit Hilfe des Extremthermometers



In der Meteorologie und Klimatologie werden zum Messen der extremen Temperaturen getrennte Maximum- und Minimumthermometer verwendet.

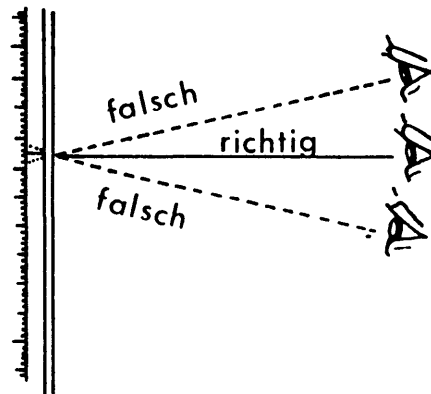
Die waagrecht angeordneten Thermometer sind das Maximum- und das Minimumthermometer. Die senkrecht angeordneten Thermometer dienen zur Messung der relativen Luftfeuchtigkeit, s. S. 28.

Das Maximumthermometer ist ein Quecksilbereinschlußthermometer, dessen Kapillare unmittelbar über dem Quecksilbergefäß verengt ist. Bei Temperaturanstieg wird Quecksilber aus dem Fühler durch die Verengung hindurch in die Kapillare gedrückt. Sinkt die Temperatur, bleibt das in die Kapillare übergetretene Quecksilber unverändert liegen, da die Kapillardepension an der verengten Stelle ein Zurücklaufen verhindert. Das Fadenende gibt auf diese Weise die höchste Temperatur der letzten Beobachtungsperiode an. Die Wiedervereinigung des Quecksilbers ist durch Schleudern des Thermometers zu erreichen.

Das Minimumthermometer ist ein Alkoholeinschlußthermometer. Die Oberfläche seines Flüssigkeitsgefäßes ist durch gabelförmige Aufteilung des Gefäßes vergrößert. Auf diese Weise wird die durch die schlechte Wärmeleitfähigkeit des Alkohols bedingte Einstellträgheit reduziert. In der Kapillare, vom Alkohol eingeschlossen, befindet sich ein leicht beweglicher Glasstift. Er kann wegen der Oberflächenspannung der Flüssigkeitskuppe den Alkohol nicht verlassen. Sinkt die Temperatur, so wird der die Kuppe berührende Stift nach links geschoben. Steigt die Temperatur, bleibt er liegen, da er dann umströmt wird. Das zum geschlossenen Kapillarende weisende Ende des Glasstiftes (die Schlepptaste) gibt also die niedrigste Temperatur der letzten Beobachtungsperiode an. Wird das Gefäß des Minimumthermometers angehoben, gleitet der Stift wieder an die Flüssigkeitskuppe.

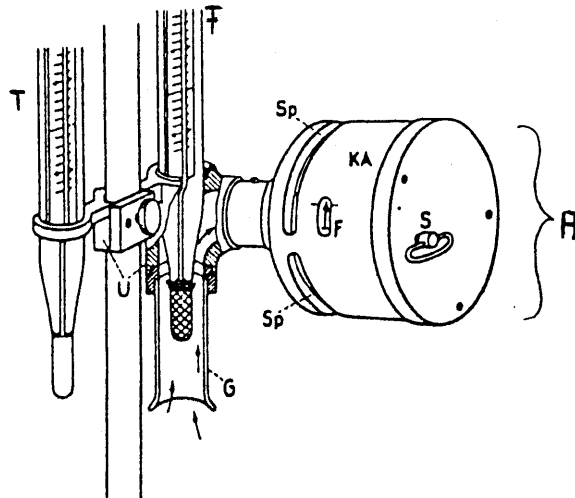
Beide Thermometer sind vor Wärmestrahlung, z.B. durch Unterbringen in der Wetterhütte zu schützen. Sie werden normalerweise in einen gemeinsamen Halter gelegt und an einer Stativstange mit der Stativklemme befestigt (siehe Abbildung). Minimumthermometer dienen auch zur Ermittlung der tiefsten nächtlichen Lufttemperatur am Erdboden in 5 bzw. 10 cm Höhe.

Maximum- und Minimumthermometer werden täglich regelmäßig dreimal abgelesen: um 7.00 Uhr, 14.00 Uhr und um 21.00 Uhr.



Augenhöhe bei Thermometerablesung

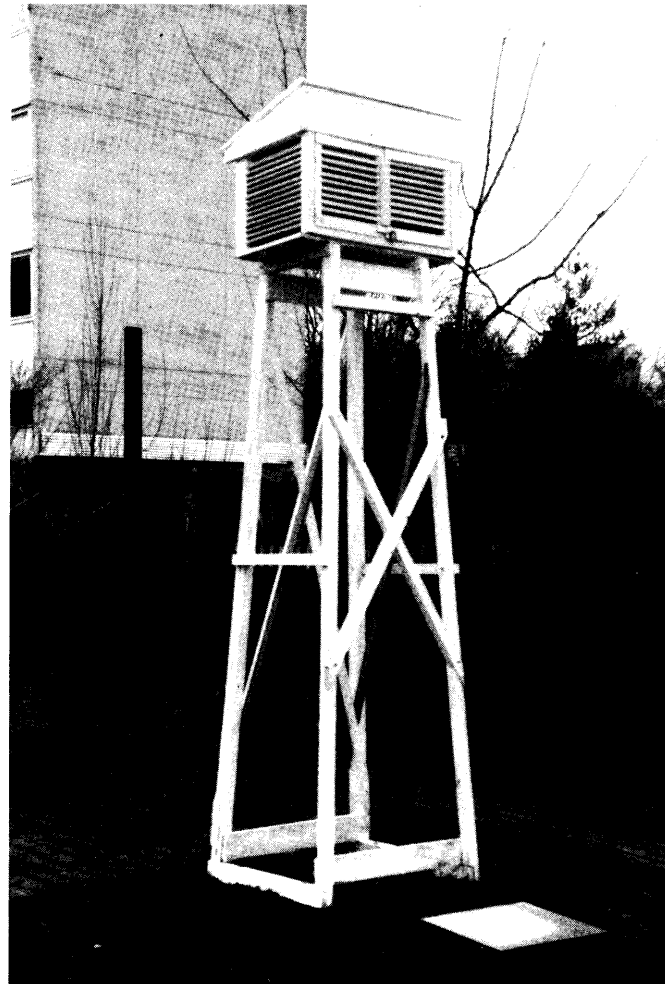
### 6.2.4 Messung der Luftfeuchtigkeit mit Hilfe des Psychrometers



- U Unterer  
Thermometerhalter
- G Glasansatzrohr
- KA Gehäusekapsel
- F Kontrollfenster
- S Schlüssel
- Sp Spalt

Der Psychrometer besteht aus einem Trockenthermometer (T), einem Feuchthermometer (F) und einem Aspirator (A).

Die Umhüllung des Feuchthermometers wird befeuchtet, außer wenn mit Eis umgeben. Beim Befeuchten füllt man das Befeuchtungsgläschen mit destilliertem Wasser und schiebt es von unten in das gläserne Ansatzrohr soweit ein, bis sich die Umhüllung des Thermometergefäßes vollsaugen kann. Nun wird der (Feder-) Aspirator\*) mit der Hand aufgezogen und auf das Ansatzstück aufgesetzt.



Danach wird die Wetterhütte verschlossen und ca. 5 Minuten gewartet (im Sommer reichen ca. 3 Minuten).

\*) Auf der Abbildung ist ein Federwerkaspirator zu sehen (siehe auch Abb. auf S. 26). Verwendet werden auch batteriebetriebene elektrische Aspiratoren, die natürlich teurer sind.



Am Feuchttthermometer wird durch den Aspirator ein beständiger Luftstrom von 2 - 3 Meter pro Sekunde vorbeigesaugt, d.h. das Feuchttthermometer wird "aspiriert". Dabei kühlt sich das Feuchttthermometer durch Verdunstung des Wassers ab.

Trocken- und Feuchttthermometer sollen schnell hintereinander abgelesen werden: zuerst die Zehntel, danach die ganzen Grad. Bei Temperaturen am Feuchttthermometer unter 0°C werden dem abgelesenen Wert "w" oder "e" angefügt, je nachdem, ob die Umhüllung des Feuchttthermometers feucht (w) oder vereist (e) ist. (Ist bei Werten unter 0°C nicht mit Sicherheit festzustellen, ob die Umhüllung feucht oder vereist ist, wird Vereisung angenommen, also der Zusatz "e" angegeben).

Bei Lufttemperaturen unter 0°C darf bei Vorhandensein eines Eismantels niemals vor der Feuchtemessung befeuchtet werden, da sonst mit Sicherheit eine unbrauchbare Messung zustande kommt. Zu dicke Eisschichten werden durch Eintauchen des Thermometers in lauwarmes Wasser abgetaut.

Nach Ablauf der ca. 5 Minuten wird der Quecksilberstand der beiden Thermometer festgehalten und die Hüttenür wieder geschlossen. Nach etwa einer halben Minute liest man das Feuchttthermometer nochmals ab, wobei es drei Möglichkeiten gibt:

- a) Der Stand des Feuchttthermometers ist unverändert geblieben; d.h. die richtige Feuchttemperatur ist erreicht. In diesem Fall Trocken- und Feuchttthermometer schnell hintereinander ablesen und notieren.
- b) Das Feuchttthermometer zeigt einen höheren Wert an; in diesem Fall sind die Werte der vorherigen Ablesung in das Tagebuch einzutragen.
- c) Das Feuchttthermometer zeigt einen tieferen Wert an; d.h. die richtige Feuchttemperatur ist gerade erst oder noch nicht erreicht worden. Die Hütte muß dann abermals geschlossen und weiter aspiriert werden, bis der Fall a) oder b) eintritt.

Wichtig ist, daß der Aspirator während der ganzen Zeit läuft. Erforderlichenfalls muß der Federwerkaspirator erneut mit der Hand, auf keinen Fall aber am Ansatzstück des Halters, aufgezogen werden, und das Aspirieren wird wiederholt. Dieses längere Aspirieren kann vor allem notwendig werden, wenn die Temperatur des Feuchttthermometers unter den Gefrierpunkt sinkt; das Ende des Quecksilberfadens verharrt dann einige Zeit bei 0°C, weil beim Gefrieren des Wassers Wärme frei wird und daher die Temperatur nicht sinkt, bis alles Wasser gefroren ist.

Mit Hilfe der "Aspirations-Psychrometer-Tafeln" (Deutscher Wetterdienst (Hg.) 1979<sup>6</sup>) läßt sich aus den Temperaturwerten des Trocken- und des Feuchttthermometers die relative Feuchtigkeit ermitteln.

**Beispiel:**

Temperatur am Trockenthermometer  $T = 20,2^{\circ}\text{C}$ .

Temperatur am Feuchtthermometer  $F = 14^{\circ}\text{C}$ .

Die Werte für den Taupunkt (DT) und die relative Luftfeuchte (RH) werden der Tafel 3 entnommen. (Ist die Temperatur am Feuchtthermometer - wie im Fall des Beispiels - positiv, geht man in die Tafel für Wasser. Ist die Temperatur negativ, geht man in die Tafel für Eis).

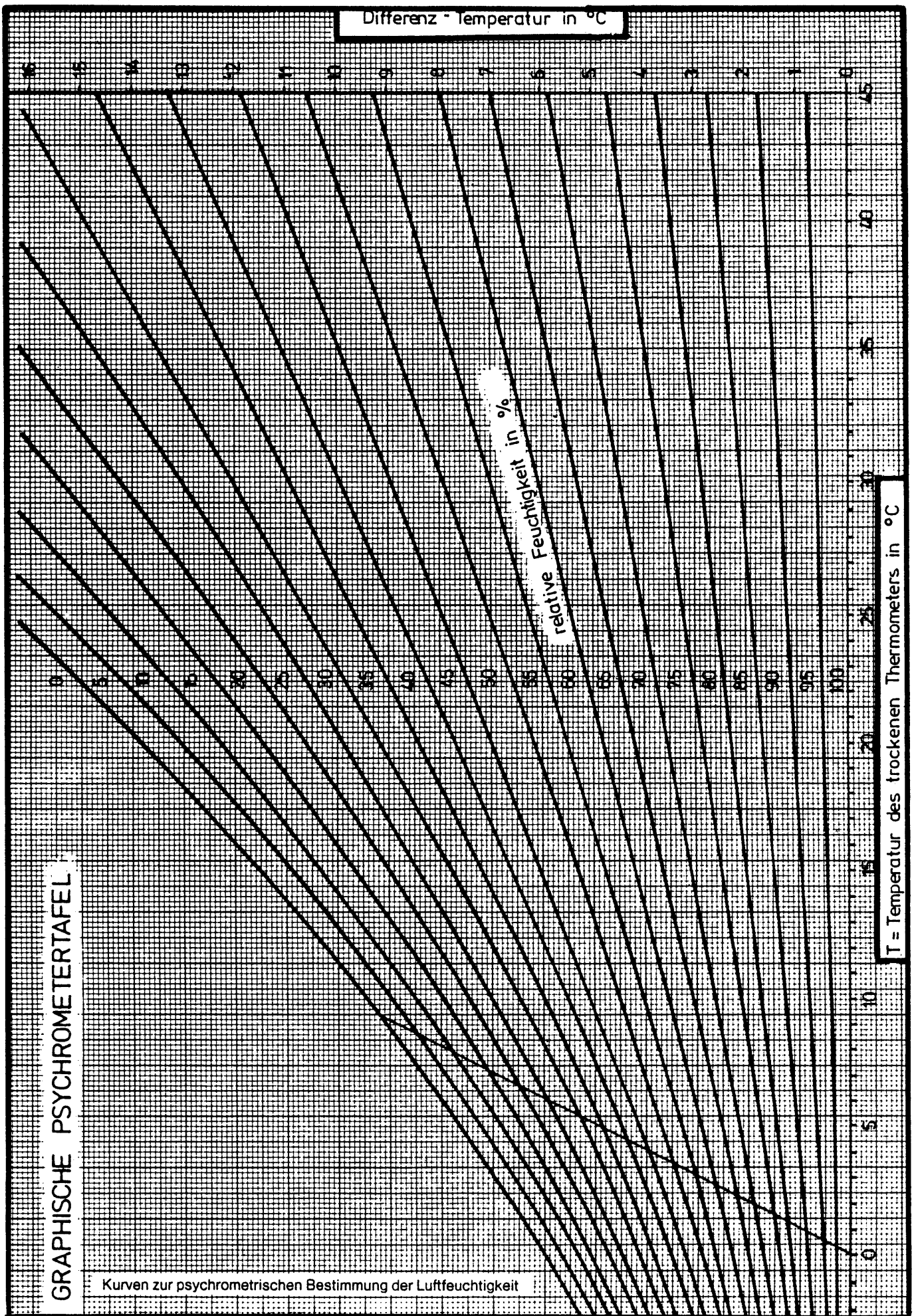
Auf der Ordinate sind die trockenen, auf der Abszisse die feuchten Temperaturen in Zehntelgraden fortschreitend aufgetragen.

Auf S. 105 der Tafel findet man für die o.a. Temperaturwerte den Wert 9.4.50. Es bedeutet: 9.4 = Taupunkt, 50% = relative Luftfeuchtigkeit.

Zur Berechnung der relativen Luftfeuchtigkeit kann auch die "Graphische Psychrometertafel" herangezogen werden (siehe S. 31).

Vergleicht man die Ergebnis-Werte der "Aspirations-Psychrometer-Tafel" mit denen der "Graphischen Psychrometertafel", so können Unterschiede in den Werten bis zu 5% auftreten.





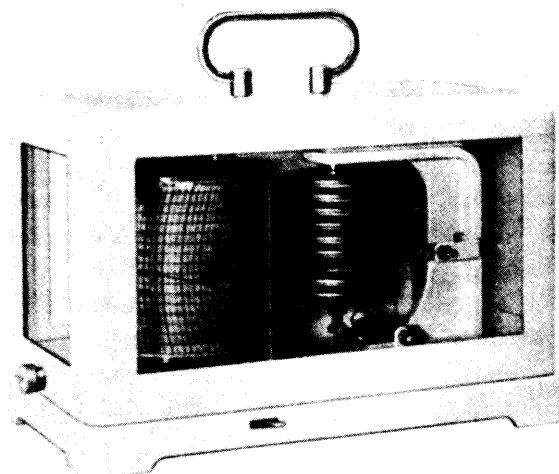
### 6.2.5 Messung des Luftdruckes mit Hilfe des Aneroidbarographen (Trocken-Luftdruck-Schreiber)

Aneroidbarographen messen und registrieren selbständig den atmosphärischen Luftdruck. Sie werden u. a. in Wetterwarten, Instituts- und Industrielaboratorien, landwirtschaftlichen Betrieben, Kuranstalten und auf Flughäfen verwendet, also überall dort, wo die Kenntnis des Luftdruckes wegen seines Einflusses auf Meßeinrichtungen und Produktionsabläufe von Bedeutung ist.

Die Meßwerte der Aneroidbarographen sind unabhängig von Schwere- und Temperatureinflüssen. Eine Korrektion der Meßwerte, wie sie bei Quecksilberbarometern unumgänglich ist, entfällt also, d.h. Aneroidbarographen sind hinsichtlich ihrer Bedienung völlig unproblematisch.

Eine wesentliche Voraussetzung für die einwandfreie Arbeitsweise von Aneroidbarographen ist die Wahl geeigneter Werkstoffe für das Meßelement.

In den meisten Barographen werden gehärtete, aus einer hochwertigen Cu-Legierung bestehende Kapselfedern verwendet, die weitestgehend frei von Hysterese, elastischer Nachwirkung und von Alterserscheinungen sind. Neun solcher freitragenden, evakuierten Kapselfedern von je ca. 65 mm  $\phi$  sind zu einem Dosensatz zusammengeschraubt und bilden das Meßelement. Seine druckabhängigen Längenänderungen werden über ein leichtgängiges Hebelgetriebe auf den Schreibarm übertragen. Durch ein in das Getriebe eingeschaltetes, temperaturabhängiges Übertragungsglied wird völlige Temperaturkompensation über den gesamten Meßbereich erzielt. Der Schreibarm ist in Federspitzenlagern drehbar angeordnet. Die seit Jahrzehnten bewährten Federspitzenlager gewährleisten die nahezu temperatur-, erschütterungs- und schmutzunempfindliche Lagerung der Übertragungselemente und damit die genaue, stufenlose Meßwertaufzeichnung. Bei Änderung des Luftdruckes bewegt sich die Schreibspitze in einem vertikalen Kreisbogen auf dem Zylindermantel der mit ihrer Achse senkrecht stehenden Schreibtrommel. Das in der Schreibtrommel befindliche Antriebswerk für Handaufzug dreht gleichzeitig die Trommel mit bestimmtem Vorschub um ihre feststehende Achse. Auf diese Weise wird der Luftdruck zeitabhängig auf dem Mantel der Schreibtrommel, auf dem der Registrierstreifen mit Hilfe einer unverlierbar am Trommelboden befestigten Spannleiste angebracht ist, aufgezeichnet. Das Koordinatenfeld des Schreibstreifens gestattet jederzeit, den Luftdruck in richtiger zeitlicher Zuordnung abzulesen.



### 6.2.6 Messung des Niederschlags nach HELLMANN

Die Höhe des Niederschlages wird mit Hilfe des Niederschlagsmessers nach HELLMANN (in Zehntelmillimeter) gemessen. Sie gibt an, wie hoch der gefallene bzw. abgesetzte Niederschlag den Erdboden bedecken würde, wenn nichts abfließen, versickern oder verdunsten könnte.

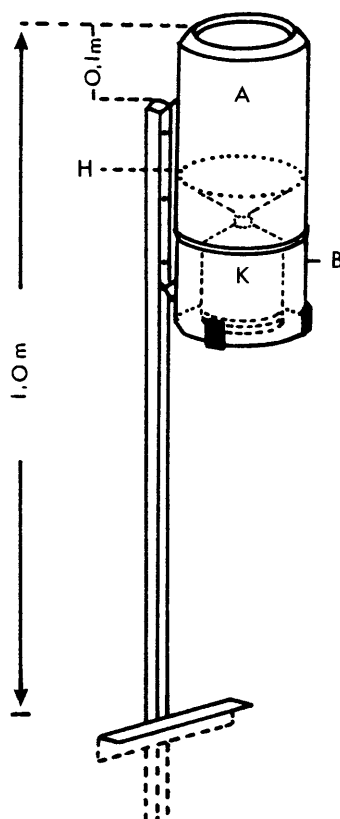
Die Niederschlagshöhe von 1 mm entspricht einer Flüssigkeitsmenge von einem Liter auf einen Quadratmeter Bodenfläche ( $1\text{l}/\text{m}^2$ ).

Bei Niederschlag in fester Form (Schnee, Graupel, Hagel) wird die Höhe des Schmelzwassers bestimmt.

Der Niederschlagsmesser soll möglichst auf ebenem Gelände so aufgestellt werden, daß der Niederschlag von allen Seiten ungehindert Zutritt hat, auch wenn der Niederschlag bei heftigem Wind schräg fällt. Hindernisse, z.B. Gebäude, Mauern, Bäume usw. müssen vom Niederschlagsmesser mindestens ebenso weit entfernt sein wie sie selbst hoch sind. Die Höhe der Auffangfläche über dem Erdboden beträgt 1 Meter, in schneereichen Gegenden 1,25 bis 1,50 Meter.

Der Niederschlag wird täglich regelmäßig dreimal zu den festgesetzten Beobachtungszeiten (7.00 Uhr, 14.00 Uhr, 21.00 Uhr) gemessen.

#### Niederschlagsmesser nach HELLMANN



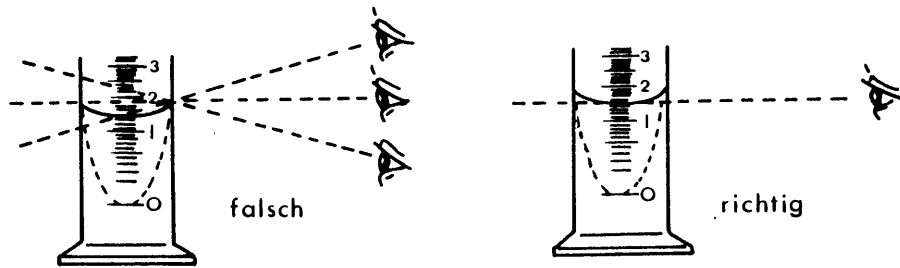
H = Halter

A = Auffanggefäß

B = Behälter

K = Sammelkanne

Zusammengesetzter Niederschlagsmesser



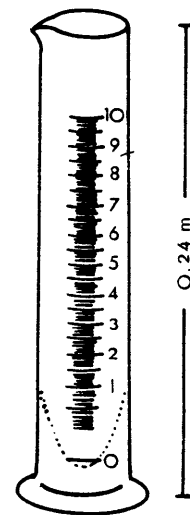
### Ablesung der Niederschlagshöhe

Der Niederschlagsmesser ist derart mit dem Halter (H) an einem Pfahl befestigt, daß sich die kreisrunde Auffangfläche waagrecht genau 1 Meter über dem Erdboden befindet, in schneereichen Gegenden 1,25 bis 1,50 Meter. Die Auffangfläche beträgt  $200 \text{ cm}^2$ . Das Auffanggefäß (A), das nach unten mit einem eingelötetem Trichter abschließt, ist dem Behälter (B) aufgesetzt; in diesem befindet sich die Sammelbande (K).

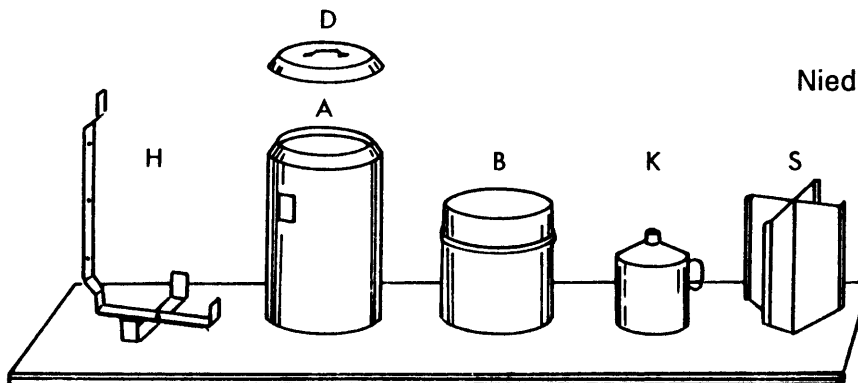
Jede Station besitzt zwei Niederschlagsmesser.

Der zweite dient nicht nur als Ersatzinstrument für den ersten, sondern auch zum Auswechseln nach Schneefall. Zur Ausrüstung gehören ferner zwei Meßgläser, ein Deckel und zwei Schneekreuze.

Das Meßglas ist ein etwa 24 cm hohes zylindrisches Gefäß, das außen mit Teilstrichen versehen ist. Der Zwischenraum von einem Teilstrich zum nächsten entspricht einer Niederschlagshöhe von einem Zehntelmillimeter =  $0,1 \text{ mm}$ . Die ganzen Milliliter sind durch längere Striche und durch die Zahlen 1 bis 10 gekennzeichnet.



Niederschlagsmeßglas



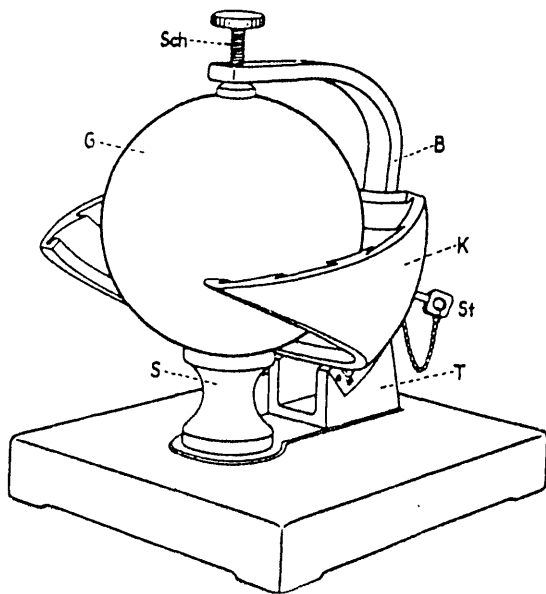
Einzelteile des Niederschlagsmessers (H = Halter, D = Deckel, A = Auffanggefäß, B = Behälter, K = Sammelkanne, S = Schneekreuz)

### 6.2.7 Messung der Sonnenscheindauer mit Hilfe des Sonnenschein- schreibers nach CAMPBELL-STOKES

Die Sonnenscheindauer ist die Summe der Zeitabschnitte eines Tages, zu denen die Sonne sichtbar geschienen hat. Sie wird nur an ausgewählten Stationen registriert.

Zur Messung der Sonnenscheindauer wird der Sonnenschein-  
schreiber (Sonnenscheinautograph) verwendet.

Beim Deutschen Wetterdienst wird die Sonnenscheindauer überwiegend  
noch mit dem Sonnenschein-  
schreiber nach CAMPBELL-STOKES aufgezeichnet.



Die massive Glaskugel (G) ist der wichtigste Teil des Sonnenschein-  
schreibers; sie ist konzentrisch in  
einer metallenen Kugelschale (S)  
befestigt. Die im Brennpunkt der  
Glaskugel vereinigten Sonnenstrah-  
len hinterlassen auf einem in die  
Metallschale (K) eingelegten ge-  
schwärzten Kartonstreifen entspre-  
chend dem scheinbaren Lauf der  
Sonne eine Brennspur.

Die Metallschale enthält zur Auf-  
nahme der Kartonstreifen drei sich  
überlappende Einschübe, die je nach  
der maximalen Sonnenhöhe, d.h. mit  
der Jahreszeit wechselnd, zu ge-  
brauchen sind.

Sonnenschein-  
schreiber Campbell-Stokes

Das Gerät wird an einem Platz aufgestellt, der eine möglichst hindernisfreie  
Sonneneinstrahlung gewährleistet. Es muß entsprechend der Himmelsrich-  
tung (Nord/Süd-Richtung) und der geographischen Breite des Aufstellungs-  
ortes justiert werden. Ist die Justierung richtig, müssen die Brennsuren  
parallel zur Mittellinie der Registrierstreifen verlaufen. Um die laufend er-  
faßten täglichen Summen der Sonnenscheindauer trotz der unterschiedlichen  
Horizontverhältnisse (Horizontüberhöhung, Hindernisse) vergleichbar zu ma-  
chen, wird für den jeweiligen Standort des Gerätes eine Horizontvermessung  
durchgeführt; sie gestattet es, die gemessene in Prozenten der örtlich tat-  
sächlich möglichen Sonnenscheindauer auszudrücken.

## 6.2.8 Beobachtung von Bewölkungsmenge und -dichte

### Bewölkungsmenge

Es wird geschätzt, wieviel Achtel der gesamten Himmelsfläche von Wolken oder Nebel bedeckt werden. Dabei denkt man sich die Wolken zusammengesoben und schätzt den Bedeckungsgrad ab.

Die Bewölkungsmenge wird nach einer neunteiligen Skala (0-8) angegeben:

- 0 = wolkenlos
- 1 = 1/8 des Himmels (oder weniger) ist bedeckt
- 2 = 2/8 des Himmels sind bedeckt
- 3 = 3/8 des Himmels sind bedeckt
- 4 = 4/8 des Himmels sind bedeckt
- 5 = 5/8 des Himmels sind bedeckt
- 6 = 6/8 des Himmels sind bedeckt
- 7 = 7/8 des Himmels (oder mehr) sind bedeckt
- 8 = der Himmel ist ganz bedeckt

Die Bewölkungsmenge 0	wird nur bei völlig wolkenlosem Himmel angegeben.
Die Bewölkungsmenge 1	wird auch dann angegeben, wenn nur die geringsten Wolken Spuren am Himmel sind, die weniger als 1/8 des Himmels bedecken.
Die Bewölkungsmenge 7	wird auch dann angegeben, wenn zwar mehr als 7/8 des Himmels bedeckt sind, jedoch noch geringe wolkenfreie Himmelsteile erkennbar sind.
Die Bewölkungsmenge 8	wird nur bei völlig bedecktem Himmel angegeben. Es darf kein blauer Himmel, bzw. es dürfen keine Sterne zu sehen sein.

Wenn der Betrachter ganz von Nebel umgeben und kein wolkenfreier Himmel über ihm zu sehen ist, wird die Bewölkungszahl 8 notiert. Schimmert bei Nebel der Himmel durch, oder sind Sterne sichtbar, so ist weniger als 8 zu notieren.



## Bewölkungsdichte

Die Dichte der Bewölkung wird durch die Ziffern 0, 1 oder 2 gekennzeichnet. Es bedeuten:

- 0 = dünne Wolken (Sonne und Mond gut erkennbar, Gegenstände werfen Schatten)
- 1 = mäßig dichte Wolken, je nachdem ob die Wolken heller oder dunkler aussehen (Sonne oder Mond nur als heller Fleck erkennbar)
- 2 = sehr dichte Wolken (Sonne oder Mond nicht erkennbar)

Bei wolkenlosem Himmel (Bewölkungsmenge 0) wird anstelle der Dichtezahl ein Punkt gesetzt.

Beispiele für Angaben zu Bewölkungsmenge und -dichte:

<u>Menge</u>	<u>Dichte</u>		<u>Bedeutung</u>
8	0	=	Der Himmel ist mit einer dünnen Wolkenschicht ganz überzogen
3	1	=	drei Achtel des Himmels sind mit mäßig dichten Wolken bedeckt
4	2	=	die Hälfte des Himmels ist mit sehr dichten Wolken bedeckt
0	.	=	der Himmel ist wolkenlos.

## 6.3 Unterrichtsbeispiele, Arbeitsblätter

### 6.3.1 Was ist eigentlich Wetter? \*)

Wenn du über diese Frage nachdenkst, dann fallen dir bestimmt viele Erscheinungen, Begriffe und Bezeichnungen ein, die mit dem Wetter im Zusammenhang stehen.

Ordne sie in die nachfolgenden Felder ein.

1. Was kannst du vom Wetter sehen?

2. Was kannst du vom Wetter hören?

3. Was kannst du vom Wetter fühlen?

4. Was kannst du vom Wetter messen?

5. Welche Meßgeräte kennst du?

6. Woher weißt du, wie das Wetter am nächsten Tag wird?

---

\*) Nach HIBS (Hg.): 1989, S.41



# BEOBACHTUNGSTABELLE

Monat: \_\_\_\_\_ Jahr: \_\_\_\_\_ Ort: \_\_\_\_\_ Name: \_\_\_\_\_

Temperatur	°																										
Niederschlag	(mm)																										
Windstärke	(km/h)																										
Windrichtung																											
Bewölkung	1/4																										
	1/2																										
	3/4																										
	1																										
Sonnenstunden	(Std.)																										
Feuchtigkeit	%																										
Barometerstand	(mb)																										



### 6.3.3 Besuch des Wetteramtes

Dem Besuch des Wetteramtes sollte ein Vorbesuch oder Vorgespräch der Lehrerin/des Lehrers vorangehen, um mit der Mitarbeiterin/dem Mitarbeiter des Wetteramtes den Zweck/die Zielsetzung(en) des unterrichtlichen Vorhabens abzusprechen. Man beugt insbesondere auch der Gefahr vor, daß die Schülerinnen und Schüler sich in der Fülle von Eindrücken und Informationen nicht mehr zurechtfinden und unaufmerksam werden.

Es hängt vom Vorgespräch mit der Mitarbeiterin/dem Mitarbeiter ab, welche Vorkenntnisse die Schülerinnen und Schüler haben sollten. Oftmals wird erwartet, daß die Schülerinnen und Schüler ein Grundverständnis der Wetterelemente haben, auf dem dann etwa Untersuchungen der entsprechenden Meßgeräte sowie Meß-Beobachtungsverfahren aufbauen können.

Auf jeden Fall sollte der Befragung von Meteorologinnen/Meteorologen über die Wettervorhersage im Unterricht eine Einführung in die Wetterkarte vorgegangen sein, die im 6. Jahrgang durchaus erfolgen kann.

Sofern die Schülerinnen und Schüler in den Jahrgangsstufen 5 - 7 mit dem Arbeiten in Kleingruppen vertraut gemacht worden sind, empfiehlt sich auch eine Aufgabenteilung der Fragen in Gruppen, die im Wetteramt besprochen werden sollen.

Die Aufgaben können sich auf folgende Themen beziehen:

- Wettervorhersage (kurz-, mittel- und langfristig, globaler Wetterfernmeldedienst, Wettersatelliten (METEOSAT)) und/oder
- Aufgaben des Wetteramtes (im Rahmen des Deutschen Wetterdienstes): Tätigkeit für das Zentralamt in Offenbach; praktischer Wetterdienst, z.B. Beratung von Wirtschaft und Öffentlichkeit; Wetterwarndienst; Auskunft- und Gutachtertätigkeiten.

Der praktische Wetterdienst betreibt regionale, angewandte Klimatologie und Meteorologie für den Bereich des Wetteramtes (siehe Tabelle "Beziehungen zwischen Mensch und Klima/ Wetter", siehe Kap. 6.4.5, S. 68). Da der Aufgabenbereich wichtige Bezüge zwischen Mensch und Klima/Wetter im Lebens- und Erfahrungsraum der Schülerinnen und Schüler widerspiegelt, bietet er zahlreiche Unterrichtsbeispiele für eine Erschließung von Wetter und Klima "vom Menschen aus". Insofern empfiehlt es sich, sich beim Vorbesuch/Vorgespräch im/mit dem Wetteramt eingehend über die regionalen Schwerpunkte des praktischen Wetterdienstes zu informieren.

### 6.3.4 Unterrichtsbeispiel zum Thema "Smog"

Beim Thema "Smog" kann beispielhaft gezeigt werden, daß mit steigender Bevölkerungs- und Verkehrsdichte sowie größerer Industrieanlagen auch das Risiko einer Überbeanspruchung der natürlichen Grundlagen der menschlichen Existenz wächst. Ein Teil der Risikofaktoren (z.B. Groß-Wetter-Lage) entzieht sich völlig der menschlichen Einwirkung. Ein anderer Teil (z.B. Ausmaß von Emissionen) ist eine direkte Folge der Ballung und (z.T.) durch menschliche, d.h. gesellschaftliche Interessen beeinflusst bzw. beeinflussbar.

Als Einstieg bietet sich z.B. ein aktueller Zeitungsbericht über einen Fall von Smogalarm oder -gefahr (möglichst aus der Region) an, aber auch ein historischer Text (siehe S. 44).

Folgende Fragen sind zu stellen:

- Welche Ursachen führten zur Entstehung von Smog?
- Welche Gegenmaßnahmen wurden ergriffen bzw. wären sinnvoll gewesen? (siehe S. 46).

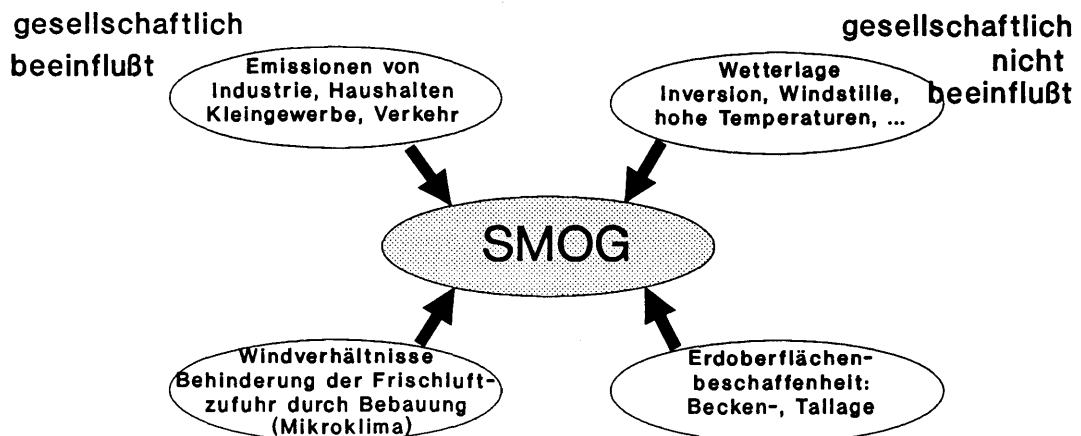
#### Unterrichtsverlaufsskizze

Wesentliche Erkenntnisse über die Ursachen von Smog sind dem (Zeitungs-) Bericht und/oder den anderen verwendeten Quellen zu entnehmen, die den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung gestellt werden.

Als wichtige zu erklärende Begriffe erweisen sich:

- Emission** = Aussendung: Ausstoß von Schadstoffen in die Außenluft;
- Immission** = Einwirkung von gasförmigen, flüssigen und festen Schadstoffen auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Gebäude, Erdboden und Wasser;
- Inversion** = Umkehrung: in einer mehr oder minder dicken Schicht der Atmosphäre die Unterbrechung des normalen Temperaturabfalls mit der Höhe durch eine Temperaturzunahme.

Als Ursachen von Smog sind zu nennen:



Diese graphische Darstellung kann (als Tafelbildvorschlag) das Produkt der von der Lehrerin/dem Lehrer gesammelten Arbeitsergebnisse sein. Die Überschriften "gesellschaftlich beeinflusst" bzw. "gesellschaftlich nicht beeinflusst" sollten von der Lehrerin / dem Lehrer nicht vorgegeben, sondern als charakteristischer Unterschied von den Schülerinnen und Schülern erarbeitet werden.

### **Der Zusammenhang wird in der Störung klar**

"Der Dezember des Jahres 1952 war in England ein kalter Monat. Man mußte heizen. In London wurden in den Häusern und Fabriken, den Schulen und Krankenhäusern große Mengen von Kohle und Öl verbrannt. Am Morgen des 5. Dezember schob sich über die Stadt eine Schicht sehr kalter Luft und verhinderte den Abzug des Rauches. Der Rauch konzentrierte sich in niedriger Lage, vom Boden bis zu den Dächern der Häuser. Ruß und Schwefeldioxid vermischten sich mit dem Nebel. Das Sonnenlicht drang nicht mehr durch. Weil so viele Leute gegen Laternenpfähle liefen und sich verletzten, ließ die Stadtverwaltung in Whitehall an den Pfosten Markierungszeichen in Augenhöhe anbringen. Acht Seeleute fanden ihr Schiff nicht wieder und baten einen Hafenzwischenmann um Hilfe. Der ging voran; nach wenigen Minuten stürzte er in die Themse, zwei Seeleute hinter ihm auch. Die Polizei des Londoner Hafens trug von da an Schwimmwesten und lange Stangen, um Leute aus dem Wasser ziehen zu können. Der Verkehr der Hauptstadt stand fast völlig still.

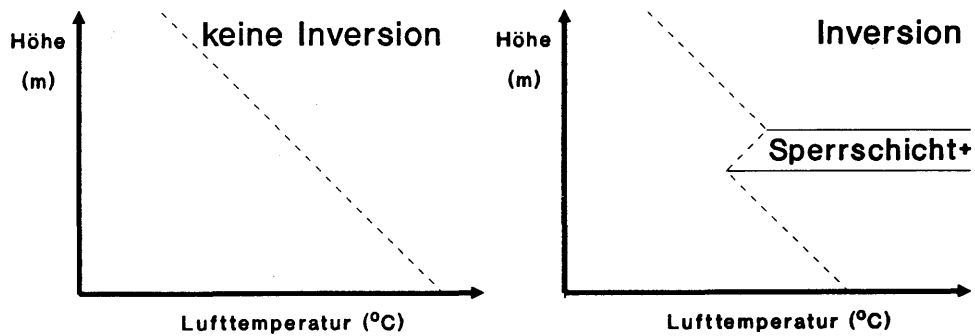
Es dauerte vier Tage. Das ganze Ausmaß war erst zu überblicken, als man Statistiken und Sterblichkeitsraten hatte. Es war die schlimmste Katastrophe, die London in diesem Jahrhundert in Friedenszeiten erlebt hat. 4.000 Menschen starben am Londoner Smog von 1952, Tausende mußten ins Krankenhaus, wie viele insgesamt krank wurden, ist unbekannt, unzählige Tiere starben.

Ein Zusammenhang wurde klar. Die Menschen waren nicht an der Inversionswetterlage gestorben, sondern am selbstproduzierten giftigen Rauch. Danach wurde eine Reihe von Maßnahmen beschlossen - Verbot der Kohlefeuerung in bestimmten Bezirken Londons, Rußfilter für die Fabriken. Vor allem wurden die Schornsteine höher gebaut." ...

Aus: E. Sens: Am äußersten Rand. In: Kursbuch 85 (1984), S. 137ff



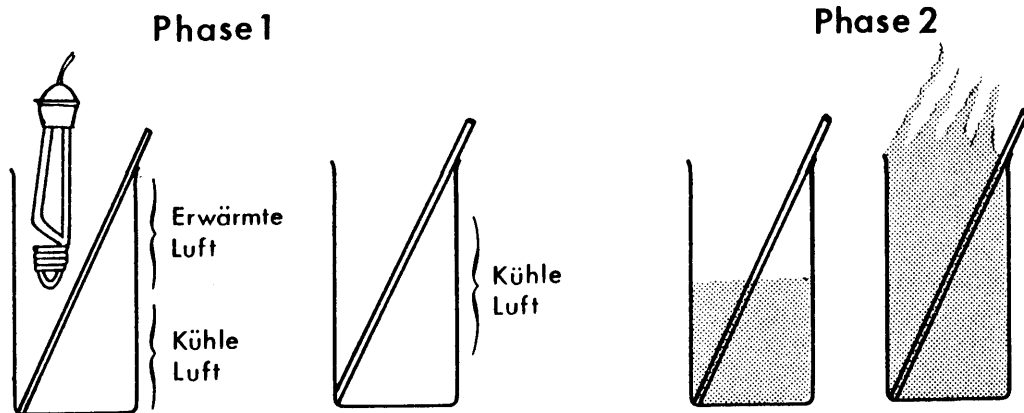
Lufttemperatur in verschiedenen Höhen über dem Erdboden



Die Inversion und ihre Wirkung kann mit folgendem Modellexperiment demonstriert werden.

Experiment zur Entstehung und Wirkung der Sperrschicht

- Material:** 2 ca. 20 cm hohe Glasbecher  
 2 längere Trinkhalme  
 1 Tauchsieder  
 1 Zigarette



Man hält den erhitzten Tauchsieder ca. eine halbe Minute lang in den oberen Teil eines der beiden Glasbecher (Phase I) und erzeugt auf diese Weise dort die in den Luftaustausch sperrende Warmlufterschicht. (Da Luft ein schlechter Wärmeleiter ist und von daher zunächst fast kein Wärmeaustausch stattfindet, bleibt die erzeugte Warmlufterschicht lange genug erhalten, um ihre sperrende Wirkung demonstrieren zu können). Danach bläst man durch die bereits in den Gläsern stehenden Halme langsam Zigarettenrauch in jedes Glas. Als Ergebnis ist für kurze Zeit die in Phase II dargestellte Situation sichtbar. Während der Rauch die Warmlufterschicht (zunächst) nicht durchdringt, entweicht er aus dem Vergleichsgefäß. Bei der Ausführung des Versuchs vermeide man schnelle Bewegungen und ruckartiges Blasen, da sonst störende Luftverwirbelungen erzeugt werden.

Daß auch die Erdoberflächenbeschaffenheit die Smogbildung beeinflussen kann, zeigt der Hinweis, daß außer dem für seine hohe Emissionen bekannten Ruhrgebiet auch emissionsärmere Gebiete (z.B. Frankfurt/M., Ludwigshafen, Stuttgarter Raum, generell: Verdichtungsräume in Tal- und Beckenlage) smoggefährdet sein können.

Bei der eingangs vielleicht schon erörterten oder abschließenden Behandlung der Problemlösung "Welche Gegenmaßnahmen können ergriffen werden bzw. hätten ergriffen werden sollen/können?", sollte zunächst klargestellt werden, warum die vielerorts eingerichteten Smog-Warndienste (Smog-Alarmplan) keine Lösung des Problems darstellen, sondern daß eine Abhilfe nur von der Luftreinhaltung zu erwarten ist.

Die Erarbeitung technischer und planerischer Maßnahmen zur Luftreinhaltung kann - sofern bereits praktiziert - in Gruppenarbeit erfolgen. Dabei ist zu überlegen, was mit den betreffenden Maßnahmen erreicht werden soll, ob und wie sie durchführbar sind, sowie welche Vor- und Nachteile für die Allgemeinheit oder für einzelne Betroffene entstehen.

## Maßnahmen zur Luftreinhaltung

### *Technische Maßnahmen*

- Einsatz emissionsarmer Herstellungsverfahren
- Abgas- und Abluftreinigungsverfahren (z.B. Gasreinigungsanlagen, Katalysator)
- Verwendung emissionsarmer Brennstoffe (z.B. Erdgas, entschwefeltes Heizöl)
- Nutzung der Sonnenenergie
- Nutzung der Abwärme von Wärmekraftwerken
- Fernwärmeversorgung anstelle vieler einzelner Heizungsfeuerungen
- Kontrolle der Motoreinstellung von Kraftfahrzeugen
- ...

### *Planerische Maßnahmen*

- Verbannung des privaten Kraftfahrzeugesverkehrs und des Durchgangsverkehrs aus den Stadtkernen und Wohngebieten
- Vergrößerung des Anteils umweltfreundlicher öffentlicher Verkehrsmittel
- Offenhaltung von unbebauten Grünzonen in Städten für einen verbesserten Luftaustausch
- ...

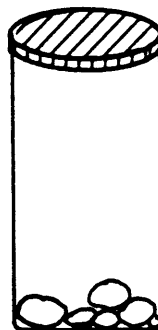
### 6.3.5 Luft-Staub-Test

Staub ist überall, an manchen Orten ist der Staubgehalt größer oder kleiner.

Teste solche Orte: z.B. eine verkehrsreiche Straße/Kreuzung, ruhige Wohnstraßen, Gärten, Parks.

Hierzu kannst Du wie folgt vorgehen:

Beschwere ein Glas/einen Joghurtbecher mit kleinen Steinen. Lege dann Klebefilmstreifen über die Öffnung und befestige diesen mit einem weiteren rundherum unter dem Rand.



Stelle die Testgläser/-becher einige Tage an den genannten Orten auf (an Straßen z.B. auf die Fensterbank vor einem Fenster). Zur Auswertung klebt man die staubigen Filme auf ein "Karo-Papier" und zählt mit der Lupe aus, wieviele Staubteilchen auf einem Quadratzentimeter gesammelt sind.

Sehr eindrucksvoll sieht man die Staubteilchen, wenn man den staubigen Film in einen verglasten Diarahmen einlegt (Testort notieren!) und das Staubbild mit einem Projektor projiziert.

## 6.4 Sachinformationen

### 6.4.1 Das Wetter - global

Die Atmosphäre: Reaktionsraum des Wetters

Sämtliche Erscheinungen des Wetters spielen sich in der Atmosphäre, der Lufthülle der Erde ab, die den Erdball allseits umgibt.

Die Atmosphäre besteht aus folgenden Zonen:

- Troposphäre, die bodennahe Luftschicht bis in etwa 11 km Höhe,
- Stratosphäre, zwischen 11 und 50 km Höhe,
- Mesosphäre, 50 bis 80 km Höhe,
- Thermosphäre, 80 bis 120 km Höhe.

Entscheidende Bedeutung für uns haben vor allem die beiden unteren 'Stockwerke' der Atmosphäre:

Die *Troposphäre* ist die Schicht, in der sich die Vorgänge abspielen, die wir mit bloßem Auge beobachten können. Hier leben Menschen (bis in 5 km Höhe), hier fliegen Flugzeuge (Flughöhe zwischen 9 und 10,5 km). Etwa drei Viertel des irdischen Luftvorrats befinden sich in der Troposphäre, und auch die täglichen Wettererscheinungen wie Wolken, Nebel, Regen usw. spielen sich in ihr ab.

Die *Stratosphäre* liegt direkt darüber. Dort spielen sich die Vorgänge ab, die auf unser Klima Einfluß nehmen. Auch die lebenswichtige Ozonschicht befindet sich in diesem Bereich. In der Stratosphäre werden die UV-Strahlen teilweise absorbiert.

Die Atmosphäre als Gasgemisch

Die Luft innerhalb der Troposphäre setzt sich zusammen aus rund 21% Sauerstoff, 78% Stickstoff und rund 1% Restgasen wie Kohlendioxid, Argon, Krypton, Helium, Xenon, Ozon etc.. Neben Feststoffen wie Staub, Rauch und Mikroorganismen, kann die Luft bis 4% Wasserdampf aufnehmen. Die Zusammensetzung der Luft ist bis ca. 80 km Höhe annähernd gleich.

In den höheren Schichten überwiegen die leichteren Komponenten wie Wasserstoff, Helium und Ozon.

Die Ozonschicht

Obwohl das Ozon nur in einer verschwindend geringen Konzentration in der Atmosphäre vorhanden ist, ist es gerade dieses Gas, das für unser Klima entscheidende Bedeutung besitzt.

Ozon ( $O_3$ ) ist ein naher Verwandter des Sauerstoffs ( $O_2$ ). Es ist (wie Sauerstoff) bei normalen Temperaturen gasförmig und besteht aus Molekülen, die aus drei Sauerstoffatomen aufgebaut sind. Ozon entsteht durch Zersetzung des Sauerstoffs durch die ultraviolette Strahlung der Sonne.

Ozon ist das einzige Gas der Atmosphäre, das diese das Erdenleben bedrohende Strahlung im Wellenlängenbereich von 240-310  $\mu\text{m}$  (Nanometer, d.h. milliardstel Millimeter) ausreichend absorbieren kann. Die Ozonschicht (manche sprechen auch vom 'Ozonschleier') befindet sich in der Stratosphäre in einer Höhe zwischen etwa 15 und 50 Kilometern. Der Ausdruck 'Ozonschleier' erscheint durchaus passend, denn unter etwa 10 Millionen Luftmolekülen taucht nur ein einziges Ozonmolekül auf! Eine 'Ozonschicht' dagegen kann man sich vorstellen beim theoretischen Versuch, alle Ozonmoleküle als Flüssiggas am Erdboden zusammenzupressen: Dann wäre diese Schicht allerdings nur 3 bis 5 Millimeter dick!

Die Ozonmoleküle der Atmosphäre werden durch die ultraviolette Strahlung, die sie durch das Abfangen der Energie unschädlich machen, zu Sauerstoffmolekülen zerstört. Diese allerdings können andernorts wieder aufgebaut werden. Auf diese Weise werden die einzelnen Moleküle dieser Schicht ständig ausgetauscht, und gleichzeitig wird kurzwelliges UV-Licht gefiltert, indem dessen für das Leben zerstörerische Energie durch diese Reaktion aufgebraucht wird. So wirkt die Ozonschicht als 'Sonnenbrille' für die Erde.

In der Luftschicht unterhalb der Stratosphäre, in der Troposphäre, befinden sich noch etwa 10 Prozent des Ozons. In Bodennähe ist es jedoch ein 'Giftgas' und das nach Fluor und Chlor bekannteste Oxydationsmittel, denn wenn die UV-Strahlung in Bodennähe das Gasmolekül zerlegt, ergeben sich zusammen mit Wasser sogenannte Hydroxyl-Radikale ( $\cdot\text{OH}$ ), die pflanzenschädigend sind. Werbeslogans, die von "gesunder ozonreicher Waldluft" sprechen, sind also Unsinn. Vielmehr ist bekannt, daß Ozon in hohem Maße am Waldsterben beteiligt ist.

Kurz: Ozon kommt in verschiedenen Luftschichten vor und zeigt dort die unterschiedlichsten Wirkungen.

In den *bodennahen Luftschichten* gefährdet das Ozon durch seine Giftigkeit die Vegetation.

In der *oberen Troposphäre* ist die Wirkung des Ozons zwiespältig. Einerseits belastet es die Luft zusammen mit anderen Schadstoffen, andererseits hat es zwei positive Effekte:

- \* Es bildet mit den übrigen Gasen einen Mantel aus Spurengasen, der die Wärme auf der Erde zurückhält.
- \* Es sorgt für die 'chemische Reinigung' der Atmosphäre: Ozon kann bei Reaktion mit Wasserdampf reaktive Hydroxyl-Radikale bilden. Diese kurzlebigen Moleküle reagieren mit anderen Schadstoffen und machen sie unschädlich. Die Reaktionsprodukte werden überwiegend mit dem Regen ausgewaschen.

In der *Stratosphäre* schließlich erfüllt es seine wichtigste Aufgabe. Hier befinden sich 90 Prozent des Gesamt Ozons, die eine etwa 40 Kilometer mächtige 'Ozonschicht' bilden. In einer Höhe von zwischen 20 und 25 km erreicht sie ihre größte Dichte. Diese Schicht ist es, die uns vor den gefährlichsten UV-Strahlen schützt.

### Entwicklung der Ozonschicht

Offensichtlich ist in unserer Atmosphäre ein gigantischer und äußerst gefährlicher Umbau der Ozonverhältnisse im Gange. Während sich an der Vergrößerung des antarktischen 'Ozonlochs' und neuerdings auch des arktischen der Abbau des schützenden Ozongürtels der Stratosphäre dokumentiert, stülpen sich gleichzeitig in Bodennähe riesige giftige 'Ozonglocken' über die Industriegebiete. In den letzten Jahren wurden auch erschreckende Werte in alpinen Bergregionen gemessen. Im einzelnen:

In den *bodennahen Luftschichten* hat der Ozongehalt in den letzten Jahren durch Schadstoffemissionen erschreckend zugenommen, alleine in den letzten zwanzig Jahren um etwa 50 Prozent. Lag er in vorindustrieller Zeit bei etwa 10-22 ppb (Teile pro Milliarde Luftteilchen), so mißt man heute in Mitteleuropa mehr als 30 - 40 ppb Ozon am Boden, wobei Spitzenwerte von mehr als 300 ppb bei hoher Sonneneinstrahlung gemessen werden.

Eine Gefährdung der Vegetation, der Tiere und Menschen beginnt bereits weit darunter. Studien ergaben Pflanzenschäden ab einer Ozonbelastung von 80 ppb (Waldsterben). Die körperliche Leistungsfähigkeit des Menschen ist ab 100 ppb beeinträchtigt, und zwar bereits nach nur wenigen Stunden Einwirkzeit!

Für die Zukunft schätzt man eine Zunahme des Ozongehaltes der bodennahen Luft bis zum Jahre 2050 auf Werte bis zu 160 ppb.

Im *oberen Bereich der Troposphäre* läßt sich derzeit eine starke Zunahme sämtlicher Spurengase beobachten, somit auch des Ozons, wodurch sich ein verstärkter Treibhauseffekt ankündigt. Ferner trägt die vermehrte Emission von Kohlenwasserstoffen zur Ozonbildung bei.

Die *Stratosphäre* ist der Bereich, in dem das Ozon am nützlichsten für die Biosphäre wirkt. Doch gerade hier ist die Ozonschicht in Gefahr und nimmt jährlich um etwa 0,5 Prozent ab. Bis zum Jahr 2010 kann sie bis zu 30 Prozent geringer werden. Bereits 1975 entdeckten japanische und englische Forscher über der Antarktis ein 'Ozonloch', das seit Jahren immer größer wird. Wissenschaftler fürchten, daß bei einer weiteren Abnahme der Ozonschicht die kurzwelligen UV-Strahlen bald nicht mehr genügend gefiltert werden, was katastrophale Folgen für das Leben auf der Erde hätte.

(Nach: G. Gerosa 1987, S. 43ff.)

## Die Atmosphäre als Licht und Wärmefilter

Klima und Wetter sind das Resultat der zugestrahlten, umgesetzten und transportierten Energie von der Sonne. Trotz der immensen Entfernung von durchschnittlich 150 Millionen Kilometern ist die Strahlungsleistung auf einen Quadratmeter der Atmosphäre rechtwinklig ca. 1,36 kW!

Um die Wirkung der Atmosphäre besser zu verstehen, muß man sich der Tatsache bewußt werden, daß verschiedene Arten von Wärmestrahlung zu unterscheiden sind.

Die Wärmestrahlung gehört, wie etwa die Radiowellen, zur Gruppe der elektromagnetischen Wellen. Wie beim Radio die Wellenbereiche (Lang-, Mittel-, Kurz- und Ultrakurzwellen), unterscheidet man auch bei den 'Wärmewellen' lang- und kurzwellige Strahlung.

Außerordentlich wichtig für den 'Selbstreguliereffekt' ist die Tatsache, daß Gebiete mit stark erwärmtem Erdboden auch eine wesentlich stärkere Ausstrahlung aufweisen.

Die von der Sonne ausgehende Einstrahlung überstreicht einen spektralen Bereich von 0,2 Mikrometer (Ultraviolett) bis ca. 4 Mikrometer Wellenlänge (Infrarot). Ein Mikrometer entspricht einem Millionstel eines Meters. Die Einstrahlung ist demnach sehr kurzwellig, was von der hohen Oberflächentemperatur der Sonne herrührt. Die Atmosphäre ist für diesen Bereich der Wellenlänge recht gut durchlässig. Bei klarem Himmel gelangen 60-80% der Strahlung auf den Erdboden.

Die *Ausstrahlung* des warmen Erdbodens erfolgt von einem bedeutend tieferen Temperaturniveau als die Strahlung der Sonne. Die damit zusammenhängende Wärmeausstrahlung hat deshalb einen zum größten Teil bedeutend längeren Wellenlänge.

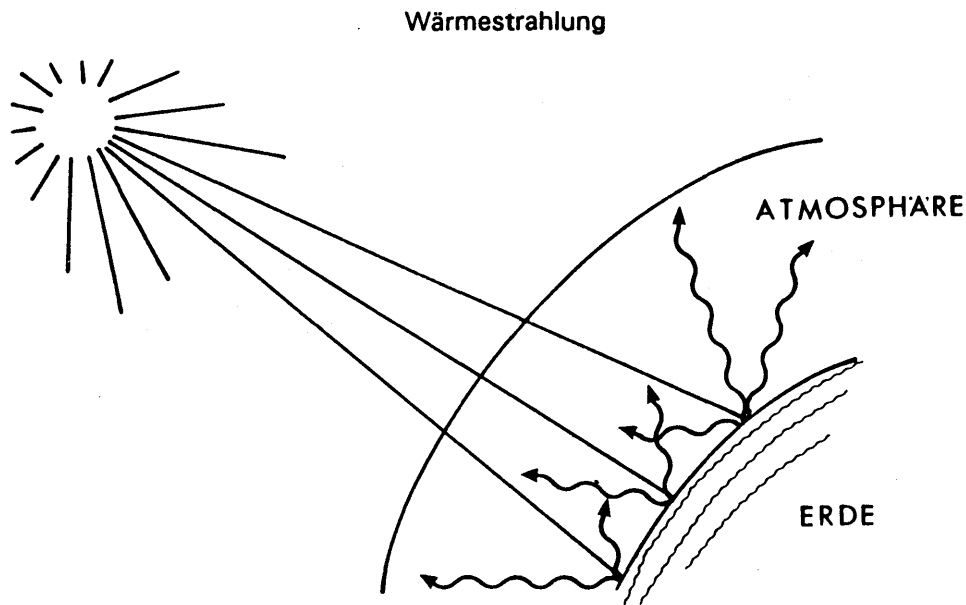
Durch ihren Gehalt an Wasserdampf, Kohlendioxyd und Ozon ist die Durchlässigkeit der Atmosphäre für diesen langwelligeren Strahlungsanteil stark herabgesetzt.

Daraus resultiert eine Art Glashauseffekt: Die von der Sonne stammende Einstrahlung wird zum großen Teil vom Erdboden absorbiert. Dies führt zu einer Erwärmung des Bodens, der somit selber wieder Wärmestrahlung in den Weltraum zurücksenden möchte. Ein beachtlicher Teil dieser nun langwelligeren Strahlung wird aber in der Atmosphäre zurückgehalten; auf diese Weise erhält sich die Erde warm.

## Die Luft als Wärmeträger

Die Luft erwärmt sich vorwiegend durch direkten Bodenkontakt und die vom Boden ausgehende Wärmestrahlung. Allen Gasen ist gemeinsam, daß sie auf Erwärmung mit einer starken Ausdehnung reagieren, wenn genügend Raum zur Verfügung steht. Die erwärmte Luft ist damit weniger dicht und steigt auf. Gleichzeitig fließt kalte Luft aus der Umgebung nach: *Es entsteht eine Luftzirkulation mit horizontalen und vertikalen Winden.*

Große Windströmungen können ungeheure Wärmeenergien an andere Orte verfrachten.



### Luft und Wasserdampf

70 Prozent unserer Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt. Wasser kommt in drei Aggregatzuständen vor: fest als Eis, Schnee; flüssig als Wasser und gasförmig in Form von Wasserdampf. Die Luft hat eine vor allem durch die Temperatur gegebene Aufnahmefähigkeit für Wasserdampf. Wie gelangt nun das Wasser in den dampfförmigen Zustand?

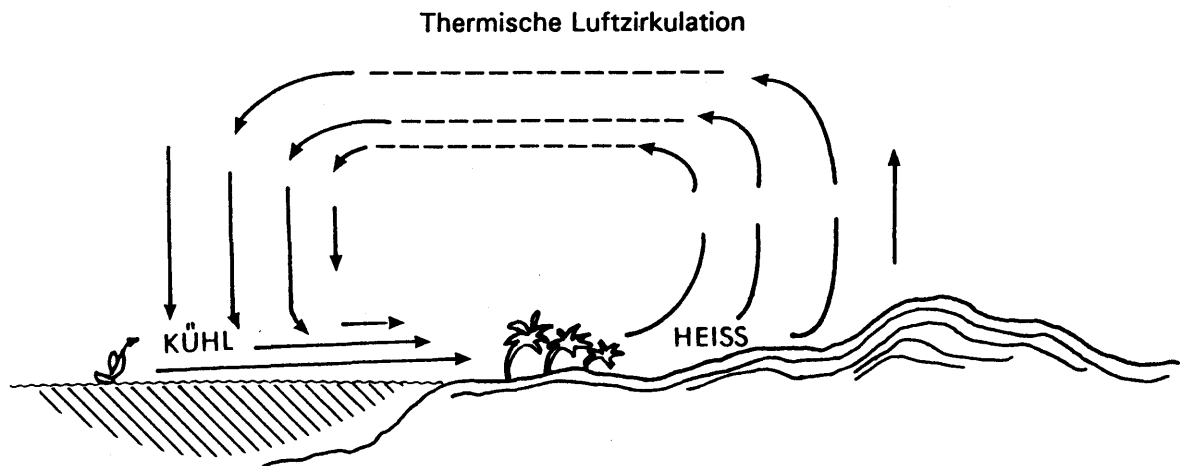
Ein großer Teil der einfallenden Wärmeenergie ruft täglich die Verdunstung von Millionen Tonnen Wasser hervor. Verdunstung ist der direkte Übergang vom flüssigen in den gasförmigen oder dampfförmigen Zustand, ohne daß dabei das Wasser zuerst sieden müßte. Die Verdunstung erfolgt auf offenen Wasserflächen, aber auch als sogenannte Transpiration aus der Vegetation. Ein gewöhnlicher Obstbaum zum Beispiel kann innerhalb einer sommerlichen Vegetationsperiode bis zu 10.000 Liter Wasser in die Atmosphäre verdunsten!

Wird feuchtwarme Luft abgekühlt, so verringert sich ihre Aufnahmefähigkeit für Wasserdampf. Unter bestimmten Umständen ist sie gezwungen, Feuchtigkeit in Form von feinsten Wassertröpfchen oder Schnee- und Eiskristallen abzugeben. Dadurch entstehen Wolken und Niederschlag.

Durch Winde können mit Wasserdampf gesättigte Luftmassen über große Distanzen verfrachtet werden und dort Niederschläge bringen, wo an sich keine große Verdunstung stattgefunden hat. Wir müssen stets daran denken, daß für die Verdunstung von Wasser enorme Energien nötig sind, die aus der Sonneneinstrahlung stammen. Diese Energien "schlummern" unsichtbar im Dampf als sogenannte latente Wärme.

Nach den Gesetzen der Physik kann Energie nicht verlorengehen, und daher wird diese latente Wärme wieder frei, sobald der Dampf zu Wasser kondensiert. Im Normalfall äußert sich das in einer Erwärmung der Luft innerhalb einer entstehenden Wolke; in speziellen Fällen allerdings sind die wieder freiwerdenden Energien der Antrieb für Gewitter oder gar verheerende Wirbelstürme.





Der Wasserdampf in der Luft ist einer der wichtigsten Faktoren für Wetter und Klima. Ohne Wasserdampf gäbe es keine Niederschläge und damit kaum Lebensbedingungen für uns. Selbst die Temperatur an der Erdoberfläche ist mit dem Vorhandensein von Wasserdampf eng verknüpft: Die weiter oben angeführte Rückstrahlung von Wärmeenergie wird durch den Wasserdampfgehalt maßgeblich beeinflusst. Man hat ausgerechnet, daß die Mitteltemperatur der Erdoberfläche ohne Luftfeuchtigkeit um rund 30°C niedriger liegen würde!

Beispiele für die 'Treibhauswirkung' des Wasserdampfes sind die tropischen Regenwälder mit fast gleichbleibend hohen Tages- und Nachttemperaturen. Demgegenüber sind die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht in den trockenen Binnenwüsten sehr groß.

#### Die Wechselwirkung Erdoberfläche - Atmosphäre

Es wäre nun falsch zu glauben, daß die Atmosphäre als Wirkungsfeld des Wetters allein für das Zustandekommen der kurz angedeuteten Prozesse verantwortlich wäre. Denken wir daran, daß die Sonnenenergie letztlich das ganze Wettergeschehen in Fluß hält. Nun wird aber die Sonnenenergie vor allem zuerst auf der Erdoberfläche wirksam, da die Atmosphäre bekanntlich den Großteil der Strahlung passieren läßt. Der Grad der Erwärmung hängt dabei stark von den Eigenschaften und der Beschaffenheit des Erdbodens ab. Damit verknüpft ist natürlich wiederum die Erwärmung der bodennahen Luftschichten mit den ganzen Folgeerscheinungen, wie Verdunstung, Windentstehung usw.

Erdboden und untere Atmosphäre üben gegenseitige Einflüsse aufeinander aus, was in den Wissenschaften als *Wechselwirkung* bezeichnet wird. Das Wettergeschehen läuft als Folge dieser Wechselwirkungen über großen, einheitlichen Erdgebieten, wie dem Atlantik oder den großen Ebenen, viel einheitlicher ab als etwa in den topographisch komplizierten Alpenländern.

## 6.4.2 Das Wetter - regional oder: Die Landschaft macht sich ihr Wetter selbst

Seewind - Landwind

### *Vorbemerkung*

Die Land-Seewind-Zirkulation hat ihre Ursache ausschließlich in den unterschiedlichsten Erwärmungseigenschaften von Wasser und Land. Das Land erwärmt sich im Frühjahr und Sommer mit zunehmender Sonneneinstrahlung sehr rasch, kühlt jedoch im Herbst und Winter, wenn die Strahlung schwächer wird, genauso schnell wieder ab.

Die Meeresgebiete dagegen stellen riesige Energiespeicher dar.

Im Frühjahr und Sommer nimmt das Wasser die wachsende Sonnenenergie auf und transportiert sie durch die ständige Wellenbewegung und Turbulenz in tiefere, kältere Schichten. Dadurch erwärmt sich das Wasser an der Oberfläche nur ganz allmählich und erreicht erst Mitte August seine höchste Temperatur. Aber selbst dann ist es kälter als das Land. So werden Nord- und Ostsee kaum wärmer als 21 °C.

Wird die Sonnenstrahlung im Herbst und Winter hingegen schwächer, heizt sich das Wasser mit der in der Tiefe gespeicherten Energie auf. So bleibt es wärmer als das Land.

Die Speicherwirkung des Wassers kann man (vor Ort) selbst beobachten. Binnenseen frieren immer vom Ufer aus zu. Dort hat das flache Wasser seine Wärmeenergie bald abgegeben, zudem sorgt die Berührung mit dem kalten Land dafür, daß die Temperatur da zuerst unter den Gefrierpunkt sinkt.

Oder "physikalisch" ausgedrückt:

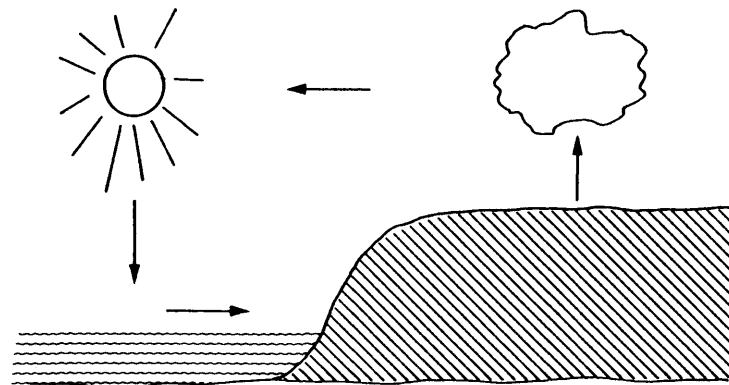
Der Wärmetransport in Flüssigkeiten (und Gasen) findet durch (relativ schnelle) Turbulenzen statt: Läßt man in eine Wanne mit kaltem Wasser heißes Wasser zufließen, dann kann man die thermischen Unterschiede durch Umrühren schnell beseitigen. Solch einen Rührmechanismus stellt die Turbulenz dar. Man spricht vom turbulenten Wärmetransport.

Im Gegensatz dazu erfolgt der Wärmetransport von der Erdoberfläche in die Tiefe nur durch molekulare Wärmeleitung und daher langsam. Die Strahlungserwärmung bleibt darum auf die oberen Schichten beschränkt, so daß sich dort durch die gleiche zugeführte Wärmemenge eine wesentlich stärkere Temperaturerhöhung ergibt, als in der flüssigen Wasseroberfläche, wo die zugestrahlte Wärme durch turbulenten Wärmetransport in tiefere Schichten übertragen wird. So erhält man im Jahresrhythmus eine langsame und geringe Erwärmung und Abkühlung der Meeresgebiete und eine schnelle und starke Erwärmung und Abkühlung der Landgebiete.

### Seewind

Angenommen, bei Sonnenaufgang ist der Himmel wolkenlos und die Lufttemperatur über dem Wasser und Land gleich.

Danach erhebt sich die Sonne und heizt den Boden auf. Dadurch wird die Luft darüber erwärmt, dehnt sich aus und beginnt in die Höhe zu steigen. Als Ersatz strömt die Luft über dem relativ kalten Wasser landeinwärts; dies ist als Seewind zu spüren. Inzwischen baut sich in der Höhe über dem Land der Massenzufluß an Luft wieder ab, indem sie zum Wasser fließt und das Defizit ausfüllt, das durch die landwärts strömende Luft entstanden ist.



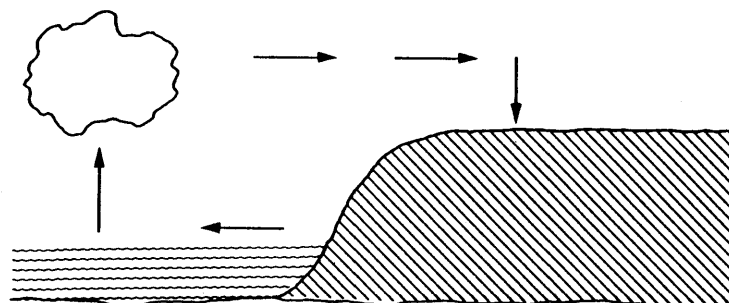
*Windsystem zwischen See und Land: Seewind*

Ein sichtbares Merkmal sind die mehr oder minder großen Kumuluswolken, die sich je nach Feuchtegehalt in dem aufsteigenden Luftstrom über Land bilden. Über dem Wasser bleibt es indessen wegen der Absinkbewegung wolkenlos, auch über den unserer Küste vorgelagerten Nordseeinseln. Da sie sehr klein sind, die Erwärmung des Inselbodens also nicht zu einem eigenen aufsteigenden Luftstrom ausreicht, können sie das Zirkulationssystem nicht stören.

### Landwind

Nach Sonnenuntergang kühlt sich das Festland rasch ab, häufig so stark, daß es kühler wird als das Meerwasser. Nun weht der Wind für eine Weile überhaupt nicht mehr, doch dann dreht der Wind, denn plötzlich beginnt die Luft vom Land zum Wasser zu strömen. Der Landwind hat eingesetzt, und während über dem Wasser Wolken entstehen, verschwinden die Überreste der nachmittäglichen Bewölkung über dem Land.

Diese ausgeprägte Land-Seewind-Zirkulation hat ihre Ursache also ausschließlich in den unterschiedlichen Erwärmungseigenschaften von Wasser und Land.

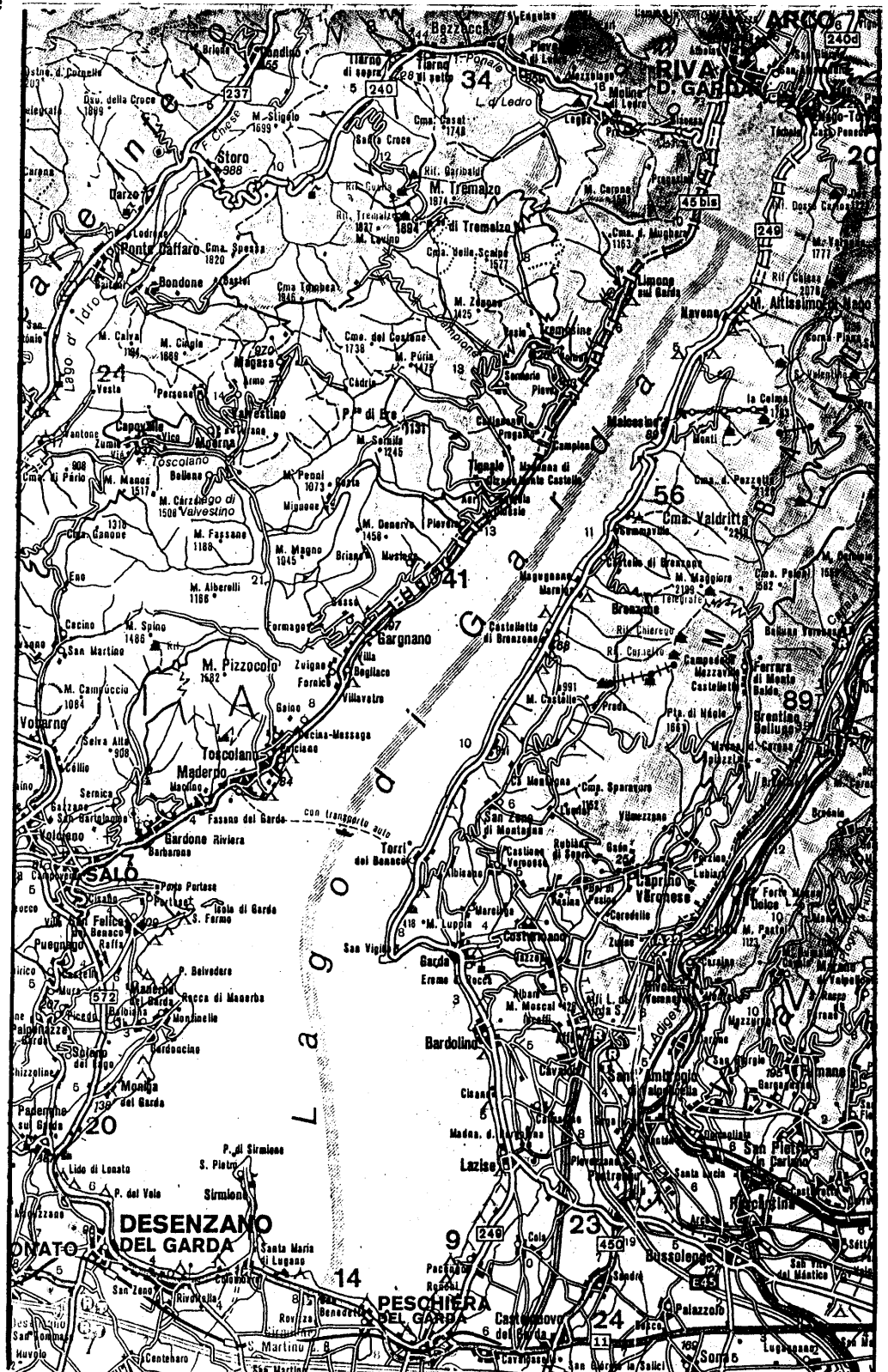


*Windsystem zwischen Land und See: Landwind*

Jeder See entwickelt ein solch eigenes Windsystem, das umso ausgeprägter ausfällt, je kühler das Wasser im Verhältnis zur Erwärmung des Landes ist. Diese Entwicklung verstärkt sich noch, wenn der See von Bergen umgeben ist.

Ein typisches Beispiel hierfür sind die Windverhältnisse am Gardasee in Italien, einem Eldorado für Surfer. Hohe Berge rahmen den See so ein, daß er wie ein nach Süden hin offenes Dreieck daliegt. So scheint die Sonne morgens auf die

Berghänge am Westufer des Sees. Da die Hangneigung das Aufsteigen der Luft verstärkt, fegt diese als Ostwind mit Windstärke 5 bis 6 über den See. Ab Mittag werden die Berghänge am Ostufer beschienen, während die am Westufer im Schatten liegen. Innerhalb von 30 Minuten wechselt die Windrichtung, und jetzt fegt mit gleicher Stärke die Luft von West nach Ost über den See.



### 6.4.3 Wettervorhersage: Von der Bauernregel zum Wettersatelliten

#### Überblick

Am Anfang aller meteorologischer Tätigkeit steht die Wetterbeobachtung. Seit Jahrtausenden ist die Menschheit bemüht, Wetterabläufe zu ergründen. Schon im Altertum war der Gebrauch der Windfahne bekannt, und es fanden sich, vor allem in Ägypten, Griechenland und Indien, Aufzeichnungen über das Wettergeschehen, die vornehmlich dazu dienten, die Aussichten für gute und schlechte Ernten zu bestimmen.

Die Anforderungen der Landwirtschaft an Wettervorhersagen führte zu einem umfangreichen Schatz an Bauernregeln, die sich stark am Jahresablauf des Witterungsgeschehens orientierten (siehe S. 60ff).

Alle Wetterregeln entstammen der Erfahrung und dienten der Optimierung landwirtschaftlicher Erträge. Sie sind heute praktisch so gut wie nicht mehr brauchbar, da sie vielfältige Verfälschungen erfuhr. Sie wurden durch mündliche Überlieferung verändert, durch Völkerbewegungen gegenstandslos oder durch die Kalenderreform Papst Gregor XIII im Jahre 1582 einem falschen Datum zugeordnet.

Der (im heutigen Sinne) wissenschaftlich brauchbare Anteil dessen, was im Altertum und Mittelalter an Meteorologie beschrieben wurde, besteht aus Niederschriften besonderer Wetterereignisse durch Mönche, Pfarrer, Chronisten oder Stadtschreiber. Diese Dokumente sind wertvolle Hilfsmittel, das Klima vergangener Zeiten und dessen Schwankungen zu rekonstruieren. Sieht man sich diese Aufzeichnungen einmal näher an, so stellt man fest, daß es schon immer extreme Wettererscheinungen und -veränderungen gab. So fand beispielsweise die Erdbeerenernte im Jahre 1280 bereits im Januar statt und im Jahre 1063 war die Themse 14 Wochen lang zugefroren (siehe Henning 1908).

Die wissenschaftliche Behandlung der atmosphärischen Vorgänge ging Hand in Hand mit den fortschreitenden Erkenntnissen in der Mathematik und Physik, beginnend mit der im 17. Jh. sich entwickelnden Meßtechnik.

Auf Veranlassung von LEIBNITZ wurden in Hannover ab 1678, in Kiel ab 1679 Barometer und Thermometer verwendet. Die Kieler Beobachtungen sind besonders vollständig und sorgfältig durchgeführt worden. Die längste fortlaufende Beobachtungsreihe beginnt im Jahre 1719 in Berlin. Diesen Beobachtungen und Messungen widmeten sich nur einzelne Persönlichkeiten, vornehmlich Universitätsprofessoren, Lehrer und Geistliche; die Vereinheitlichung und die Zusammenschau der einzelnen Beobachtungen fehlten aber noch.

Das erste meteorologische Beobachtungsnetz, das mit einheitlichen Instrumenten und einheitlichen Methoden arbeitete, wurde 1780 in Mannheim eingerichtet. Durch die Initiative des Kaplans HEMMER wurde unter tatkräftiger Förderung durch den Kurfürsten Karl THEODOR die "Societas Meteorologica Palatina", die Pfälzische Meteorologische Gesellschaft gegründet. Das Netz umfaßte 39 Stationen im In- und Ausland. Obgleich es schon nach 1790 wieder seiner Auflösung entgegenging, wurden in der kurzen Zeit wertvolle

klimatologische Ergebnisse zusammengetragen. Das Meteorologische Observatorium auf dem Hohenpeißenberg ist noch eine dieser Stationen, die Bestandteil des heutigen Wetterdienstes geblieben sind. Die 1780 eingeführten Beobachtungstermine 7, 14 und 21 Uhr mittlerer Ortszeit sind bis heute im Klimadienst beibehalten worden. Im Hinblick auf ihren historischen Ursprungsort sind sie als "Mannheimer Stunden" bekannt geworden.

Den ersten Nachweis, daß Wetterereignisse mit wissenschaftlichen Methoden vorhersagbar sein können, erbrachte der französische Naturwissenschaftler LE VERRIER.

Ein Sturm, der im Krimkrieg 1854 die alliierte Flotte der Engländer und Franzosen arg zerzauste, war Anlaß für NAPOLEON III., LE VERRIER mit der Untersuchung des Ereignisses zu betrauen. LE VERRIER konnte nachweisen, daß das Unwetter ganz Europa überquert hatte und mit einem Realzeit-Datensammlersystem an zentraler Stelle hätte vorhergesagt werden können. Damit war aus wissenschaftlicher Sicht der Weg geebnet für die Entwicklung von Wetterdiensten.

1875 wurde die Deutsche Seewarte in Hamburg eingerichtet.

Daneben entwickelten sich Institute auf Länderbasis, die eine organisierte Wetterbeobachtung lediglich um der wissenschaftlichen, hauptsächlich klimatologischen Forschung willen betrieben. Darunter seien das Preußische Meteorologische Institut und die Bayerische Landeswetterwarte genannt. Allmählich wandte man sich aber auch der praktischen Nutzbarmachung meteorologischer Erkenntnisse zu, es entstanden Einrichtungen des Wirtschafts- und Flugwetterdienstes.

Die Zusammenfassung aller Einzelinstitutionen geschah erst 1934 im Reichswetterdienst, in dem alle Zweige der Meteorologie ihren Platz fanden. Nach dem zweiten Weltkrieg führten die Wetterdienste der einzelnen Besatzungszonen die Arbeiten des Reichswetterdienstes fort, bis die fachliche und organisatorische Wiedervereinigung in der rechtsfähigen Anstalt "Deutscher Wetterdienst" durch das Gesetz über den Deutschen Wetterdienst vom 11. November 1952 erfolgte. Die Anstalt wurde dem Bundesminister für Verkehr unterstellt.

Die Entwicklung moderner Meßgeräte wie Radiosonden, automatische Wetterstationen, Radar oder Meteorologie-Satelliten oder Hilfsmittel wie schnelle Datenübertragung oder elektronische Datenverarbeitung dienen einer besseren Erhebung und Auswertung von Wetterdaten. Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß die Entwicklung von Meteorologie-Satelliten ein Bestandteil der militärischen Satelliten-Systeme war und ist.

"Meteorologiesatelliten ermitteln nicht nur Informationen über die Wetterbedingungen entlang geplanter Raketenflugbahnen. Ihre Sensoren dienen beispielsweise zur Messung von Sauerstoff- oder Stickstoffdichte oder zum Bestimmen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit der Atmosphäre in unterschiedlichen Höhen. Ein Grund für derartig detaillierte Messungen verschiedener Eigenschaften der Atmosphäre liegt in der Absicht des Militärs die Mechanismen der Wetter- und Klimaentstehung zu studieren, um diese eventuell später zu militärischen Zwecken zu manipulieren. Zusätzlich zu den zivilen Programmen wird von den USA das "Defence Meteorological Satellite

Programm" betrieben, das auf zwei Satelliten in 800 km Höhe basiert. Der gegenwärtige Anwendungsbereich dieses Programms liegt in der Ermittlung von Daten zur Verbesserung der Raketenzielgenauigkeit. Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre und Windgeschwindigkeit entlang der vorher berechneten Flugbahnen gehören zu den Faktoren, durch die ihre Zielgenauigkeit beeinflusst werden. Die Witterungsverhältnisse bedingen nicht nur die Korrekturen an der Raketenflugbahnen, sie müssen auch berücksichtigt werden, wenn man die Erdumlaufbahn von Satelliten vorhersagen will." (Kremer 1987; S.26)

Drei Komponenten bilden heute die Kernsubstanz jeglicher Wettervorhersage: Möglichst umfassende Datenerhebung, möglichst rasche Übermittlung an eine Zentralstelle, möglichst vielseitige Auswertung der Daten. Jede Schwäche in dieser Kette mindert die Qualität des Produkts Wettervorhersage.

Die Systematik: Zunächst wird der Zustand des zu betrachtenden Systems, der Atmosphäre, bestimmt. Jedoch bereits mit der Feststellung des Zustandes der Atmosphäre beginnen die Probleme. Wegen der mit manchmal erheblichen Geschwindigkeiten ablaufenden, rückgekoppelten Bewegungsvorgänge, muß je nach Vorhersagedauer das Wetter in unterschiedlich großen Gebieten erfaßt werden. So erfordert eine 24 Stunden-Vorhersage für die Bundesrepublik Deutschland die Erfassung des Wetters im ganzen Bereich Nordamerika-Atlantik-Europa. Für längerfristige Vorhersagen über 24 Stunden hinaus muß mindestens die ganze Nordhemisphäre erfaßt werden. Dabei wirkt sich günstig aus, daß der Äquator für die atmosphärischen Wirkungsgrößen eine gewisse Grenze bildet.

Abschätzungen haben ergeben, daß bis zur 4-Tage-Vorhersage der Fehler noch hinreichend klein bleibt, wenn man lediglich die Beobachtungsdaten der Nordhalbkugel berücksichtigt. Will man jedoch Vorhersagen über 4 Tage hinaus machen, so ist eine globale Betrachtungsweise unausweichlich. Dieses Erfordernis führte dazu, daß ein weltweites Wetterbeobachtungsnetz aufgebaut wurde und mit einem ausgeklügelten Fernmeldesystem dafür gesorgt wird, daß innerhalb kurzer Zeit bei allen Wetterzentralen der Welt prinzipiell das gesamte Beobachtungsmaterial vorliegen kann.

Das Wetterbeobachtungssystem stützt sich auf *7.700 Bodenbeobachtungsstationen*, 5.000 Stationen auf Handelsschiffen und 1.050 aerologische Stationen, an denen mit Meßsonden die meteorologischen Parameter bis in 30 km Höhe gemessen werden. An allen Boden- und Schiffsstationen werden gleichzeitig im 3-Stunden-Takt die wichtigsten meteorologischen Größen wie Luftdruck, Lufttemperatur, Windrichtung und -stärke, Luftfeuchte, Bewölkungsmenge und -art, Wolkenhöhe, Sichtweite, Art und Intensität des Niederschlags und sonstige Wettererscheinungen gemessen bzw. beobachtet. Damit läßt sich alle 3 Stunden eine Übersicht des Wetter-Ist-Zustandes erstellen.

Die Messung von Druck, Temperatur, Feuchte, Windrichtung und -stärke (die sog. aerologischen Messungen) wird aus Kostengründen nur alle 12 Stunden durchgeführt.

Die Angaben über die Anzahl der Beobachtungsstationen hören sich zwar imposant an, verglichen mit der Ausdehnung der Erdoberfläche (510 Mio. km<sup>2</sup>)

ist das Beobachtungsnetz jedoch noch viel zu dünn. Hinzu kommt, daß vor allem die aerologischen Stationen sehr ungleichmäßig verteilt sind. Auf den Weltmeeren, die immerhin 70% der Erdoberfläche bedecken, gibt es nur fünf solcher Stationen auf eigens dafür eingesetzten Wetterschiffen! Auch große Landstriche, wie Wüsten- und Gebirgsregionen, weisen nur ein sehr weitmaschiges aerologisches Beobachtungsnetz auf. Darüber hinaus treten technische Schwierigkeiten mit der Datenerhebung und -zubringung aus den Ländern der Dritten Welt auf, wodurch sich die Lücken in der Übersicht noch vergrößern.

Man versucht diesen Mangel durch zusätzliche Beobachtungssysteme auszugleichen. Es gibt Beobachtungen und Messungen von Flugzeugen, Meßbojen auf See und Sonden, die an driftenden Ballons hängen.

Das modernste Meßsystem sind die *meteorologischen Satelliten*. Deren Meßergebnisse sind allerdings im wesentlichen noch qualitativer Natur. Es ist aber bereits möglich, auch quantitative Werte der Temperatur und des Windes aus den Strahlungsmessungen der Satelliten abzuleiten. Ein prinzipieller Vorteil der Satellitenmessungen ist allerdings die Bereitstellung flächendeckender Informationen, mit dem konventionellen Meßnetz sind nur Punktmessungen zu erhalten.

Mittlerweile existiert ein weltweites Satellitenbeobachtungsnetz, das, bis auf eine Ausnahme, die ganze Erdoberfläche überwacht. Es besteht aus 4 geostationären Satelliten, die den Bereich von 70° Süd bis 70° Nord "im Blickfeld" haben sowie aus zwei auf polaren Bahnen umlaufenden Satelliten, mit denen die Beobachtung der Polarkalotten abgedeckt wird.





## Kennen die Bauer das Wetter? \*)

" ... Seit vielen Tausend Jahren beobachten Menschen Natur und das Wetter. Wie es sich entwickeln wird - ob freundlich oder unfreundlich - war und ist auch heute noch für diejenigen lebensentscheidend, die von Ackerbau oder der Jagd leben. Immer wieder haben die Menschen versucht, aus verschiedenen Gegebenheiten Schlußfolgerungen zu ziehen, die Hinweise über die künftige Wetterentwicklung geben können. Daraus haben sie die "Bauernregeln" oder Volkswetterregeln gemacht, die seit Jahrhunderten überliefert werden.

Wenn man überprüfen will, ob diese Regeln tatsächlich stimmen, muß man herausfinden, wie sie entstanden sind. Denn was für den Bergbauern gilt, muß nicht unbedingt auch für den Bauern richtig sein, der in der Küstenregion lebt. Außerdem muß man auch untersuchen, wann die Regel entstanden ist. Weil ja in den letzten Jahrhunderten der Kalender mehrfach verändert wurde, und nicht schon immer das Jahr in 365 Tage eingeteilt war. ...

Zuerst sollen hier einige Bauernregeln folgen, die im Lauf der Monate eines Jahres gelten sollen. Ihr könnt also gleich damit beginnen zu untersuchen, ob die Regel in diesem Jahr auch stimmt, wenn Ihr den Monat heraussucht, der gerade gültig ist. Hier aber noch eine *sehr wichtige Vorbemerkung*. Wenn die Regel einen bestimmten Tag nennt, so ist immer die Wetterentwicklung vor und nach diesem Tag gemeint, also diejenige, die um diesen Tag herum herrscht.

*Januar* - Bleibt der Winter zu fern, so nachwintert es gern.

Wenn's um Neujahr Regen gibt, oft um Ostern Schnee noch stiebt.

*Februar* - Wenn's um Lichtmeß (2.2.) stürmt und schneit, ist der Frühling nicht mehr weit. Ist's dagegen hell und rein, wird ein langer Winter sein.

Ist St.Peter kalt (22.2.), hat der Winter noch lange halt.

*März* - Märzengrün ist bald wieder hin (d.h. wenn es im März warm wird, dann wird es noch einmal kalt).

Wenn Marien verkündet (25.3.), die Schwalbe sich wieder findet.

*April* - Bald trüb und rauh, bald licht und mild, ist der April des Menschen Ebenbild.

Der März am Schwanz, der April ganz, der Mai neu, halten selten die Treu (d.h. sie sind sich selten gleich).

*Mai* - Selten ist der Mai so gut, er bringt dem Zaun noch einen Hut (aus Schnee nämlich).

Des Maien Mitte hat für den Winter noch eine Hütte.

*Juni* - Ist Siebenschläfer ein Regentag (27.6.), regnet's so manche Woche noch danach.

---

\*) Auszüge dieses Textes können zusammen mit den Arbeitsaufgaben am Ende auch als Arbeitsblatt eingesetzt werden.

Auf Glut (in der zweiten Junihälfte) folgt Flut.

*Juli* - Wenn die Sonne in den Löwen geht (gemeint ist das Sternbild des Löwen vom 23.7. - 22.8.), die größte Hitze alsdann entsteht.

*August* - Was Juli und August nicht taten, läßt der September ungebraten.

*September* - Gib auf Ägidi (1. September) wohl acht, er zeigt dir, was der Monat macht.

Wie Ägidius sich verhält, ist der ganze Herbst bestellt.

*Oktober* - Hedwig (15.10.) und Galle (16.10) machen das schöne Wetter alle.

*November* - Wie St.Martin sich führt ein (11.11.), soll zumeist der Winter sein.

Wenn die Gänse Martini auf dem Eis stehen, müssen sie Weihnachten im Kote gehn.

*Dezember* - Hängt zu Weihnachten Eis an den Zweigen, kannst Du zu Ostern Palmen schneiden.

Weiße Weihnachten, grüne Ostern, grüne Weihnachten, weiße Ostern.

Aber nicht nur mit solchen jahreszeitlich bedingten Regeln kann man angeblich mit Hilfe der Bauernregeln das Wetter bestimmen. Die Menschen haben auch die Dinge in ihrer Umgebung genau beobachtet, um daraus entsprechende Schlußfolgerungen zu ziehen.

Beispiele:

Mich hat einmal ein Bauer gelehrt, und ich hab's auch zum Teil bewehrt, so die Hölzer (Baumstämme) und die Hecken schwarz scheinen, Regen erwecken.

Dampft's Strohdach nach Gewitterregen, kehrt's Gewitter wieder auf anderen Wegen.

Bauernregeln und Pflanzen

Wenn die Bucheckern geraten wohl, Nuß- und Eichbaum hängen voll, so folgt ein harter Winter drauf, es kommt der Schnee mit großem Hauf.

Je fester das Laub an den Bäumen tut halten (also je später es herabfällt), desto strenger wird der Winter walten.

Sitzt das Laub im Oktober noch fest an den Bäumen, kommt ein kalter Winter, wenn auch mit Säumen.

Treibt die Eiche vor der Esche (Edelesche, nicht Eberesche), gibt's im Sommer große Wäsche. Treibt die Esche vor der Eiche, gibt's im Sommer große Bleiche (es wird heiß).

## Bauernregeln und Tiere

*Mücken:* Wenn die Mücken tanzen und spielen, sie morgiges gut Wetter fühlen.

*Stechmücken und Fliegen:* Fliegen und Schmäcken beißen und summen, die Schwalben fliegen tief - ein Unwetter wird kommen.

*Glühwürmchen:* Wenn die Johanniswürmchen hell leuchten im Garten, dann ist gut Wetter zu erwarten.

*Bienen:* Wenn die Bienen eng verkitten, kommt ein harter Winter geritten.

*Ameisen:* Wenn die Ameisen sich mit den Eiern hetzen, so will Regen die Erde benetzen. - Baut im Juli die Ameisen groß den Hauf, folgt ein strenger Winter drauf.

*Spinnen:* Weben sie nicht, wird's Wetter sich wenden, geschieht's bei Regen, wird bald er enden.

*Maulwurf:* Ist recht groß der Maulwurfshauf, folgt ein schlechtes Wetter drauf.

*Schnecken:* Beläd die Schnecke sich mit Grund (Erde), so tut sie starken Regen kund. Wenn sie ein grünes Blatt mit sich führt, sicherlich gut Wetter wird.

*Frösche:* Lassen die Frösche sich hören mit Quarren (am Tage), wirst du nicht lange auf Regen harren.

*Fische:* Springende Fische bringen Gewitterfrische.

*Möwen:* Möwen in't Land, Unwetter vor der Hand.

*Krähe:* Wenn die Krähe schreit, ist der Regen nicht weit.

*Lerche:* Wenn die Lerche hoch fliegt und lange oben singt, dann sie gutes Wetter bringt. - Steigt die Lerche stumm und nicht hoch, kommt ein nasses Frühjahr noch.

*Schwalben:* Wenn die Schwalben im Flug das Wasser berühren, so ist in Kürze Regen zu spüren.

*Tauben:* Bleiben die Tauben beim Haus, ist's mit gutem Wetter aus. - Sitzen die Tauben in der Reih auf dem Dach, folgt ein Regen bald danach (auch Gewitter).

*Hühner:* Wenn die Hühner sich weit vom Stall entfernen, so naht anhaltend schlechtes Wetter. - Laufen die Hühner unter's Dach vor Regen, so bleibt er nicht lange zugegen. - Wenn der Hahn vor Mitternacht schreit, ist Landregen nicht weit. - Wenn die Hühner den Schwanz hängen lassen, kommt Regen. - Hocken die Hühner in Ecken, kommt bald Frost und des Winters Schrecken.

*Gänse:* Steht die Gans auf einem Fuß, so folgt bald ein Regenguß.

*Weidevieh:* Merkt, daß heran Gewitter zieh, schnappt auf der Weid nach Luft das Vieh. Auch wenn's die Nasen aufwärts streckt und in die Höh die Schwänze reckt.

*Hunde:* Wenn die Hunde Gras fressen (Katzen und Hühner auch), gibt es Gewitterregen.

*Katzen:* Kätzchen hat geniest, es kommt Regen. - Wenn sich die Katzen Putzen, gibt es gutes Wetter.

### Bauernregeln und der Himmel

Morgenrot mit Regen droht.

Wenn in der Sonne Niedergang rot Wolken an den Himmel stehn, der Tag danach wird gewöhnlich schön.

Der Abend rot, der Morgen grau, gibt das schönste Tagesblau.

Gibt Ring oder Hof sich Sonn oder Mond, bald Regen und Wind uns nicht verschont.

Sternschnuppen im Winter in heller Masse, melden uns Sturm und fallen ins Nasse.

...

### Arbeitsaufgaben

- *Sucht ein paar Bauernregeln, die ihr untersuchen wollt; schreibt sie auf große Zettel und hängt sie in eurem Gruppenraum auf.*
- *Bildet kleine Gruppen, die sich zusammen drei Regeln vornehmen, also die in den Regeln genannten Zusammenhänge genau zu beobachten versuchen, am besten mit Papier und Bleistift.*
- *Tragt immer wieder die Ergebnisse eurer Beobachtungen zusammen und schreibt sie auf den Bauernregelzettel; malt Bilder zur Erklärung dazu.*
- *Kommt zu Schlußfolgerungen (stimmt oder stimmt nicht, stimmt nur manchmal); überprüft diese Schlußfolgerungen immer wieder durch erneutes Beobachten. (Vielleicht ist das, was in diesem Jahr so war, im nächsten ganz anders?!)*

...

*Versucht doch einmal, einigen ausgewählte Bauernregeln in kleine Spielszenen zu fassen. Ihr könnt sie als Bilderrätseln den anderen Kindern vorführen - oder eine Fortsetzungsgeschichte erzählen. In den Ferien könntet ihr ein Regeln-Finde-Spiel machen; ihr sucht die Bauern der Umgebung auf und befragt sie nach Regeln. Vielleicht stoßt ihr noch auf andere als die hier beschriebenen."*

Andreas Engelmann

(Aus: H. Bücken (Hg.) 1983, S. 43-48)

## 6.4.4 Der Deutsche Wetterdienst

### Historische Entwicklung und gesetzliche Grundlagen

Aus der Abhängigkeit des Menschen vom Wetter resultiert sein Interesse an den Vorgängen in der Atmosphäre, die als physikalische Prozesse erst in der modernen Meteorologie erkannt und erklärt werden konnten. Mit den technischen Erfindungen unseres Jahrhunderts wurden die Voraussetzungen geschaffen, Wetterbeobachtungen im notwendigen Umfang international auszutauschen und die strömungsdynamischen Prozesse mathematisch-physikalisch mit Hilfe von Großrechenanlagen zu beschreiben, so daß auch eine brauchbare objektive Vorhersage des Wetters möglich wird.

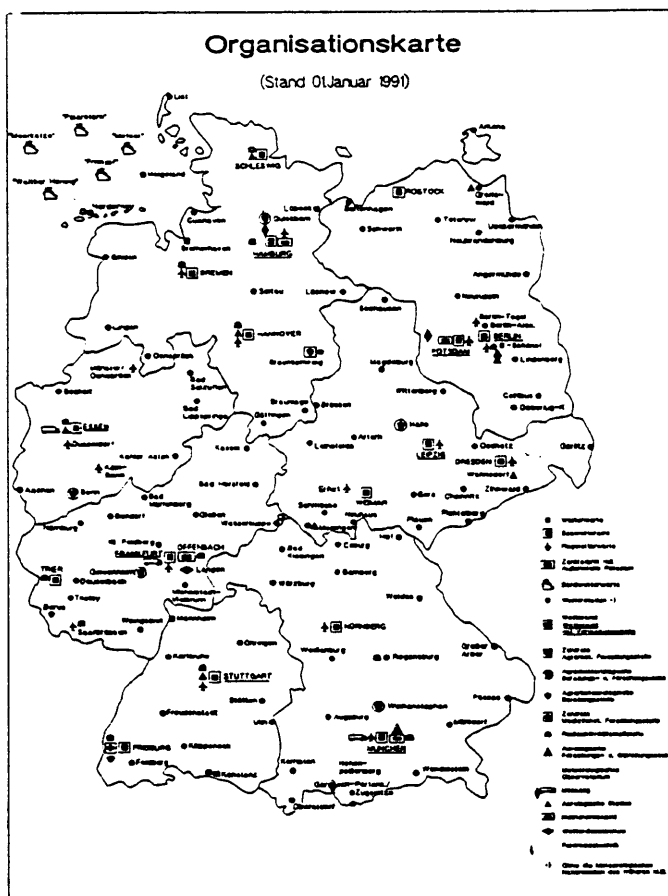
Bis zur Gründung des Reichswetterdienstes 1934 blieb der Wetterdienst in Deutschland eine Angelegenheit der einzelnen Länder. Nach dem zweiten Weltkrieg kam es vorübergehend zu selbständigen Wetterdiensten in den Besatzungszonen. In Artikel 74 Nr. 21 des Grundgesetzes der Bundesrepublik Deutschland wurde dem Bund das Recht zugestanden, für den Wetterdienst gesetzgebend tätig zu werden. Am 11. November 1952 wurde mit dem "Gesetz über den Deutschen Wetterdienst" die Grundlage geschaffen, auf der die Arbeit der dem Bundesminister für Verkehr unterstellten nicht rechtsfähigen Anstalt "Deutscher Wetterdienst" basiert. 1990 wurde der Meteorologische Dienst der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik in den Deutschen Wetterdienst integriert.

#### Organisation

Der Deutsche Wetterdienst hat 3150 Bedienstete, die auf 158 Dienststellen im gesamten Bundesgebiet verteilt sind. Das für zentrale Aufgaben zuständige "Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes" befindet sich in Offenbach am Main. Dem Zentralamt sind die Dienststellen, die überregionale Aufgaben wahrnehmen, unmittelbar unterstellt. Hierzu gehören die Wetter-

dienstschule, 3 Instrumentenämter, 4 Meteorologische Observatorien, 5 Agrarmeteorologische Beratungs- und Forschungsstellen, die Zentrale Medizinmeteorologische Forschungsstelle, die Zentrale Agrarmeteorologische Forschungsstelle und die Aerologische Forschungs- und Erprobungsstelle. Um den Aufgaben und Bedürfnissen der Länder im

Zusammenhang mit wetterdienstlichen Leistungen nachzukommen, arbeiten in der Bundesrepublik 17 Wetterämter, deren Amtsbereiche überwiegend durch die politische Einteilung des Bundesgebiets bedingt sind. Das in Hamburg befindliche Amt führt die Bezeichnung Seewetteramt, da es maritimeteorologische Aufgaben wahrnimmt.



#### Die Aufgaben des Deutschen Wetterdienstes

Das Grundmaterial für die Arbeit des Deutschen Wetterdienstes liefern Beobachtungen und Messungen an der Erdoberfläche und in der freien Atmosphäre. Hierfür unterhält der Deutsche Wetterdienst eigene Beobachtungsnetze. Die Beobachtungen zu den weltweit einheitlichen (synoptischen) Terminen werden an das Zentralamt gemeldet. Von hier aus werden die Werte mit denjenigen anderer Wetterdienste ausgetauscht, denn für eine Wetteranalyse und mehrtägige Wettersvorhersage reichen Beobachtungen aus dem nationalen Bereich alleine nicht aus.

Im Rahmen der Weltorganisation für Meteorologie (WMO), einer UN-Sonderorganisation, haben sich die nationalen Wetterdienste zusammengeschlossen und unter der Bezeichnung "Welt-Wetter-Wacht" ein leistungsfähiges globales Wetterbeobachtungs-, Datenverarbeitungs- und Wetterfernmeldesystem aufgebaut. Offenbach ist in diesem System als eine der 23 Regionalen Meteorologischen Zentralen international verpflichtet. Das Know-how des Deutschen Wetterdienstes auf dem Fernmeldesektor ist international anerkannt und wird im Rahmen der Entwicklungshilfe der Bundesrepublik und der WMO an

Länder in aller Welt weitergegeben, um den internationalen Wetterdatenaustausch weltweit sicherzustellen und zu beschleunigen. Im Zentralamt werden mit großen Datenverarbeitungsanlagen neben dem im Gesetz über den Deutschen Wetterdienst explizit verankerten internationalen Datenaustausch die Speicherung (Datenbank, Archiv) sowie vom Rechner erzeugte kartenmäßige Darstellungen der Beobachtungen und der mit komplizierten numerischen Modellen berechneten Analysen und Vorhersagen durchgeführt. Auf diesem Informationsmaterial basieren die meisten der an den Erfordernissen der verschiedenen Nutzer orientierten vielfältigen Leistungen des Deutschen Wetterdienstes.

#### Wirtschaftswetterdienst

Aufgabe des Wirtschaftswetterdienstes ist die fachliche Unterrichtung und Beratung der Öffentlichkeit. Die Wetterämter versorgen mit Wetterberichten und -vorhersagen Presse, Funk und Fernsehen, Bildschirmtext und Fernsprechanlagen der Bundespost. Darüber hinaus gibt der Wetterdienst spezielle Beratungen, Warnungen und Auskünfte an bestimmte Nutzer, wie etwa Sturmwarnungen für die Bauwirtschaft, Frostwarnungen für den Transport empfindlicher Güter oder Gewitterwarnungen an Elektrizitätswerke. Diese Leistungen sind gebührenpflichtig.

#### Flugwetterdienst

Im Rahmen der von der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation (ICAO) festgelegten Arbeitsteilung führt der Deutsche Wetterdienst die meteorologische Sicherung und Versorgung der Zivilluftfahrt durch. Fast 20% des jährlichen Haushalts des Deutschen Wetterdienstes werden hierfür aufgewendet. 1990 erteilten die Flugwetterwarten auf

den Verkehrsflughäfen der Bundesrepublik 655.343 Flugwetterauskünfte, hinzu kommen Abrufe von automatischen Anrufbeantwortern. Über EUROCONTROL wurden für diesen Dienst Gebühren in Höhe von 55 Millionen DM erhoben.

#### Seewetterdienst

Die meteorologische Sicherung und Betreuung der Seeschifffahrt wird vom Seewetteramt Hamburg wahrgenommen. Hierzu gehören u.a. Wetterberichte für Nord- und Ostsee sowie für den Nordatlantik und der Sturmwarndienst für die deutschen Küsten. Die vom Seewetteramt herausgegebenen Routenempfehlungen für Schiffe im Transatlantikverkehr gewinnen zunehmend an Bedeutung.

#### Klimadienst

Einen breiten Raum im Aufgabenspektrum des Wetterdienstes nehmen die Tätigkeiten des Klimadienstes ein. Mit den meteorologisch-klimatologisch gewonnenen Angaben der 582 Klimastationen und 3.971 Niederschlagsstationen werden Auskünfte und Gutachten über einzelne lokale Wetterereignisse (Frost-, Glatteis-, Sturm- oder Wasserschäden, die bei Versicherungen oder in Gerichtsverfahren nachgewiesen werden müssen), klimatologische Probleme der Raumordnung, der Landesplanung und des Umweltschutzes erteilt. Auch Gutachten für die Standortwahl von Kraftwerken, die Abschätzung der Veränderungen des Regionalklimas bei der Anlage neuer Straßen, Gutachten für die Anlage von Verkehrsflughäfen, für die Nutzung von Windkraft und Sonnenenergie und die wasserwirtschaftliche Rahmenplanung sind hier zu nennen.

Eng mit dem Klimadienst ist die Medizinmeteorologie

verbunden, die sich mit medizinmeteorologischer und kurortmeteorologischer Beratung befaßt. In Zusammenarbeit mit der Medizin werden unter anderem Fragen der Wetterfühligkeit, z.B. bei Föhn, untersucht.

#### Agrarmeteorologischer Dienst

Die Agrarmeteorologie untersucht den Einfluß der Atmosphäre auf Pflanze und Tier. In Zusammenarbeit mit der Landwirtschaft werden Erkenntnisse gewonnen und in Beratungen umgesetzt, die zur Qualitätssteigerung und Ertragssicherung beitragen. Der agrarmeteorologische Dienst stützt sich bei seiner Arbeit auch auf eine Reihe von speziellen Meßwerten, wie beispielsweise die Bodenfeuchte, und auf etwa 2.100 nebenamtliche phänologische Beobachter, die den jahreszeitlichen Ablauf bestimmter Kultur- und wildwachsender Pflanzen beobachten und bestimmte Eintrittsphasen der Entwicklung melden, wie beispielsweise den Beginn der Apfelblüte.

Die Beratungsdienste für die Landwirtschaft umfassen Blühvorhersagen für Obst, den Phytophthora-Warndienst (Termin für Spritzung gegen die Krautfäule der Kartoffeln), Beregnungsberatungen, Beratungen des Mähdreschereinsatzes, den Polleninformationsdienst, den Auswuchswarndienst für Winterweizen und anderes.

#### Forschung

Der Deutsche Wetterdienst hat im Rahmen seiner Forschungstätigkeit eigene numerische Wettervorhersagemodelle entwickelt, die durch Einsatz im Routinedienst dazu beigetragen haben, daß über 87% der Wettervorhersagen (für den Zeitraum bis 72 Stunden) richtig sind. Zur Zeit richtet sich die Forschung auf dem Gebiet der numerischen Vorhersagemodelle auf die

Berücksichtigung weiterer physikalischer Prozesse kleinräumiger Natur, um die kurzfristigen Wettervorhersagen weiter zu verbessern.

Hierzu trägt auch die Nutzung der Wettersatelliten bei. Der Deutsche Wetterdienst empfängt von den im internationalen Verbund operierenden europäischen und amerikanischen Wettersatelliten Bilder im sichtbaren und infraroten Bereich, die ein wichtiges Hilfsmittel für kurzfristige Wettervorhersagen sind, sowie quantitative Beobachtungsdaten, die unmittelbar in die numerische Wettervorhersage einfließen. Den europäischen Beitrag zu diesem Satellitensystem stellt METEOSAT dar, dessen Programm 1983 in die operationelle Phase getreten ist.

#### Kosten und Nutzen

Der technische Fortschritt in den letzten Jahrzehnten hat auf dem Gebiet der Datenverarbeitung, der Entwicklung des Fernmeldewesens, der Satellitentechnik und des Instrumentenwesens erhebliche finanzielle Aufwendungen erfordert. Im Haushalt des Deutschen Wetterdienstes betragen die Gesamtausgaben im Jahr 1990 etwa 214 Millionen DM. Dem stehen Gesamteinnahmen von knapp 73 Millionen DM gegenüber.

Kosten-Nutzen-Betrachtungen weisen für den Wetterdienst einen Faktor von etwa 1:20 auf und bestätigen somit, daß die für den Deutschen Wetterdienst aufgewendeten Haushaltsmittel volkswirtschaftlich gut angelegt sind.

# DEUTSCHER WETTERDIENST Organisationskarte

(Stand 01. Januar 1991)



- Wetterwarte
- ☐ Seewetteramt
- ✈️ Flugwetterwarte
- ☐ Zentralamt mit Außenstelle Potsdam
- ☐ Bordwetterwarte
- Wetterstation →
- ☐ Wetteramt Wetteramt mit Verwaltungsstelle
- ☐ Zentrale Agramet. Forschungsstelle
- ☐ Agrameteorologische Beratungs- u. Forschungsstelle
- ☐ Agrameteorologische Beratungsstelle
- ☐ Zentrale Mediznmet. Forschungsstelle
- ☐ Radioaktivitätsmeßstelle
- ☐ Aerologische Forschungs- u. Erprobungsstelle
- ◆ Meteorologisches Observatorium
- ☐ Messzug
- ☐ Aerologische Station
- ☐ Instrumentenamt
- ☐ Wetterdienstschule
- ☐ Fernmeßtechnik
- Ohne die Meteorologischen Nebenstellen des früheren M.D.

### 6.4.5 Beziehungen zwischen Mensch und Wetter/Klima

Lebens- und Wirtschaftsbereiche mit Bezug zu Wetter/Klima	Beispiele und Zusammenhänge
Landwirtschaft, Obst-, Wein- und Gartenbau	Termine landwirtschaftlicher Arbeiten, Ernteerträge, Pflanzenentwicklung, Frost- und Hagelschäden, künstliche Beregnung, witterungsbedingter Schädlingsbefall, ...
Forstwirtschaft	Wind- und Schneebruch, Waldbrandgefahr bei Trockenheit, ...
Straßen-, Schienen- und Flugverkehr	Behinderung durch: Vereisung, Schneefall, starker Regen, Nebel, ...
Schifffahrt	Behinderung durch Nebel, Sturm, Eisgang, ...
Wasserwirtschaft	Witterungsbedingte Abflußschwankungen und Nutzbarkeit von Fließgewässern, Witterung und Nutzwasserreservate (Talsperre, Grundwasser), ...
Industrie, Gewerbe	Witterungsbedingte Arbeitsunterbrechungen (Bauwirtschaft), Produktion und Lagerung von Waren mit Empfindlichkeit gegenüber bestimmten Wetterelementen, z.B. Hitze (Süßwaren, Medikamente, Bier), Luftfeuchtigkeit (Teigwaren, Süßwaren, Erzeugnisse von Optik, Feinmechanik und Elektronik), Trockenheit (Wolle, Baumwollverarbeitung, Käsereifung), ...
Tourismus, Freizeit	Witterungsabhängiger Besuch von Feriengebieten/-orten (Wintersport, Wassersport), wetterabhängige Veranstaltungen, ...
Umweltschutz	Schadstoffausbreitung durch Wind und Regen, Veränderung lokalmeteorologischer Bedingungen im Bereich von Kraftwerken durch die von Kühltürme abgegebene Wärme und Feuchte, vermehrte Dampfnebelbildung bei Abwärmeeinleitung in Flüsse, ...
Gesundheitswesen	Auswirkung des Wetters auf menschliches Befinden und auf Krankheitsbilder, Wetterfühligkeit bei Föhn, Standortwahl von Sanatorien und Erholungszentren, Luftkurort, ...
Landes-, Regional- und Ortsplanung	Standortplanung für emittierende Betriebe von Industrie, Gewerbe und Energiewirtschaft, Erhaltung und Verbesserung des Lokalklimas durch bauliche und verkehrspolitische Planungen (Berücksichtigung lokaler Windsysteme, Offenhaltung von Freiflächen bzw. Auflockerung der Bebauung, ...
Individueller Bereich	Kleidung, Wohnung (Bauweise, Heizungssystem, Lüftung, Klimaanlage), ...



#### 6.4.6 Kleine Geschichte der Medizinmeteorologie: Von Hippokrates zur modernen Medizinmeteorologie

"Die Erkenntnis, daß Wetter und Klima den menschlichen Organismus beeinflussen, ist sehr alt. Schon Hippokrates (\* 460, + 370 v.Chr.) beobachtete, daß Entzündungen und Allergien bei Zufuhr von Polarluft auftraten. Den Ärzten seiner Zeit riet er: `Man sei besonders auf der Hut bei Wetterwechseln und vermeide während dieser Zeit den Aderlaß, das Ausbrennen und die Anwendung des Messers.` Ihm wird ferner der Hinweis zugeschrieben, daß sich Studierende der Medizin auch mit Wetterkunde befassen sollten.

Galen, Leibarzt des römischen Kaisers Marc Aurel, (\* 129, + 199) kannte die heilsame Wirkung einer Klimakur und eines Klimawechsels, da er lungenkranke Römer in trockene Wüstenklimate oder in Gebirgslagen schickte. Galen, der das gesamte Wissen der antiken Heilkunde in einem einheitlichen System zusammenfaßte, beeinflusste mit seinen Lehren nachhaltig die Klostermedizin des Mittelalters, wie aus zahlreichen Aufzeichnungen aus dieser Epoche hervorgeht. ...

Galvani, italienischer Arzt und Naturforscher (\* 1737, + 1798), entdeckte bei Versuchen mit Froschschenkeln, daß elektrische Ladungen auf Nerven und Muskeln wirken. Auch Goethe (\* 1749, + 1832) setzte sich mit dem Einfluß des Wetters auf den Menschen auseinander. In einem Brief an Eckermann bemerkte er, daß er bei hohem Barometerstand besser arbeiten könne als bei niedrigem. Ihm verdanken wir auch eine ganze Reihe spezifischer Überlegungen über die Verbreitung von Wetterreaktionen in verschiedenen Bevölkerungsschichten. Im Jahr

1826 verfaßte er den "Versuch einer Witterungslehre", und als Minister in Sachsen-Weimar richtete er eines der ersten meteorologischen Beobachtungsnetze ein. Seinem Einfluß ist es auch zuzuschreiben, daß das Preußische Ministerium des Innern im Jahr 1817 bei der Einrichtung eines einheitlichen meteorologischen Beobachtungsnetzes anordnete, möglichst Kreisärzte das Wetter beobachten zu lassen. Das Beobachtungsnetz sollte der Medizinalabteilung unterstellt werden. Die Anleitung für die Beobachter wies eigens auf Beziehungen zwischen Wetter und Leben hin.

Humboldt (\* 1769, + 1859), der mit Goethe im Gedankenaustausch stand, schrieb in seiner im Jahr 1844 veröffentlichten Definition des Begriffs "Klima", daß die Elemente der Atmosphäre und ihre Wirkungen nicht nur für die organische Entwicklung der Gewächse und die Reifung der Früchte, sondern auch für die Gefühle und ganze Seelenstimmung des Menschen wichtig seien. ...

Zum wissenschaftlichen Bindeglied zwischen Medizin und Meteorologie wurde die Bioklimatologie erst im Jahre 1906, als der Bioklimatologe Dorno von Königsberg nach Davos übersiedelte, weil er glaubte, im Hochgebirgsklima einen Fall von Lungentuberkulose in seiner Familie ausheilen zu können. Als promovierter Chemiker untersuchte er systematisch alle Komponenten des Hochgebirgsklimas. Er interessierte sich für den Einfluß von Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftelektrizität, Radioaktivität und Sauerstoffpartialdruck auf den menschlichen Organismus. Seine

Erkenntnisse, die er am Institut für Hochgebirgsklimatologie und Tuberkuloseforschung in Davos gewann, ermöglichten erste, fundierte Einblicke in die Wirkung eines spezifischen Klimamilieus auf den Organismus. ...

Seine Arbeiten waren nach dem Ersten Weltkrieg der Anlaß, auch in anderen Regionen, so an den Küsten und in den Mittelgebirgen, die Klimabedingungen zu erforschen.

Von großer Bedeutung für die weitere Entwicklung der Bioklimatologie und damit auch für den Schritt zur Medizinmeteorologie war die Gründung eines Ausschusses "Klima und Wetter" durch die Deutsche Balneologische Gesellschaft 1921. In den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts wurden dann die ersten Kurort-Kreis-klimastellen eingerichtet. Etwa um diese Zeit wies der Marburger Arzt Schwenkenbecher darauf hin, daß der Organismus einerseits eine große Anpassungsfähigkeit an verschiedene, auch extreme Klimate besitze, andererseits aber manchmal auf die vom Wetter ausgehenden Reize stärker anspreche, als dies eigentlich zu erwarten sei. Als Ursache für dieses Verhalten sah er Schwachstellen im Organismus an, etwa ein labiles vegetatives Nervensystem oder eine chronische Krankheit, wodurch die Abwehrkräfte des Organismus geschwächt würden und Regulationsvorgänge nicht mehr normal gesteuert werden könnten. Er unterschied erstmals zwischen den Einwirkungen des Klimas und den Einwirkungen des Wetters. Nach dem Zweiten Weltkrieg ersetzte man den Oberbegriff  $\cap$ Bioklimatologie $\cap$  durch den spezifischeren Begriff  $\cap$ Medizinmeteorologie $\cap$  oder  $\cap$ Humanbiometeorologie $\cap$ ,

vorerst aber sprach man weiter von Bioklimafaktoren und Wetterakkorden, denen sich der geschwächte Organismus nicht oder nur bis zu einem gewissen Grad anzupassen vermag. Man unterschied bereits Schon-, Reiz- und Belastungsklima und prägte den Begriff  $\cap$ Bioklimazonen $\cap$ . ...

Auf der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Bäder- und Klimaheilkunde 1934 wurde eine Arbeitsgruppe für Bioklimatologie gegründet die erstmalig Richtlinien für ein einheitliches bioklimatisches Meßnetz aus 20 Stationen herausgab, die sich alle in Kurorten befanden. Es wurde noch im selben Jahr vom neu geschaffenen Reichsamt für Wetterdienst in Berlin übernommen, das in Zusammenarbeit mit dem Reichsfremdenverkehrsverband den Kurort-Klimadienst organisierte.

Die Tätigkeit der Kurort-Kreis-klimastelle schuf wertvolle Voraussetzungen dafür, daß im Jahr 1952 der Deutsche Bäderverband unter Mitwirkung von Ärzten und Medizinmeteorologen sogenannte  $\cap$ Begriffsbestimmungen für Erholungs-orte, Kurorte und Heilbrunnen $\cap$  herausgeben konnte. Noch im selben Jahr wurde auch das  $\cap$ Gesetz über den Deutschen Wetterdienst $\cap$  geschaffen. Als Bundesbehörde wurde sie damit beauftragt, die meteorologischen Aufgaben im Rahmen des Gesundheitswesens wahrzunehmen. Die Medizinmeteorologie wurde der Abteilung Klimatologie im Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes unterstellt. In Bad Tölz, Feiburg, Tübingen, Bad Nauheim und Hamburg wurden medizinmeteorologische Forschungsstellen geschaffen. An einigen Universitäten, zum Beispiel München, Tübingen, Freiburg, Frankfurt, Bonn,

Göttingen, Hamburg und Berlin, setzten medizinische und meteorologische Institute und Arbeitskreise die Forschungstätigkeit fort. Dabei befaßte man sich neben bioklimatischen Fragestellungen mehr und mehr mit der Aufklärung wetterbedingter Befindensstörungen und krankhafter Reaktionen. Vornehmlich an Kliniken mit Langzeitpatienten wurden Untersuchungen durchgeführt und statistische Methoden entwickelt, um anhand einer Feinanalyse des Wetterablaufs und entsprechenden medizinischen Aufzeichnungen und Befunden, die zeitsynchron zugeordnet wurden, aussagekräftige Beziehungen zwischen Wettervorgängen und Reaktionen im körperlichen und seelischen Bereich ableiten zu können.

Bedingt durch den gesetzlichen Auftrag, Aufgaben im Gesundheitswesen wahrzunehmen, und durch das wachsende Umweltbewußtsein der Bevölkerung, hat die moderne Medizinmeteorologie heute hauptsächlich drei Aufgaben zu erfüllen:

- Sie soll den Einfluß des Wetters auf den menschlichen Organismus erforschen und die Ergebnisse im Rahmen der medizinmeteorologischen Informations-, Beratungs- und Warndienste der Allgemeinheit vermitteln.

- Sie soll die physiologischen Wirkungen einzelner Klimafaktoren und Klimate auf den Organismus erkennen, um herauszufinden, welche Krankheiten in einem geeigneten Klimamillieu günstig beeinflußt werden können; sie soll die wissenschaftlichen Grundlagen schaffen, die der Klimatherapie zu weiteren Fortschritten verhelfen können.

- Und sie soll Luftreinheitsmessungen in allen Erholungsorten, Luftkurorten, heilklimatischen Kurorten, Heilbädern und Kneippkurorten durchführen und die Ergebnisse in Gutachten darstellen, die maßgeblich für die Einordnung eines Ortes, zum Beispiel als Luftkurort sind. Zusätzlich soll sie zusammen mit den Ärzten den Einfluß von Luftverunreinigungen auf den menschlichen Organismus grundlegend erforschen.

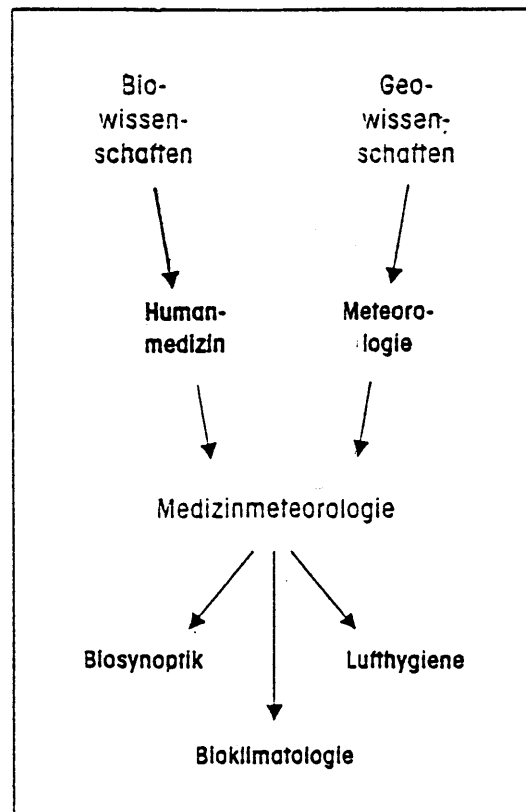
Neuerdings werden von den Luftverunreinigungen, die negative Auswirkungen auf den Menschen haben, nicht nur die festen Teile, zum Beispiel Staub und Ruß, sondern auch die gasförmigen, zum Beispiel Schwefeldioxid und Stickoxide, gemessen. Bis Herbst 1977 wurden diese Aufgaben von medizinmeteorologischen Forschungsstellen in Hamburg, Bad Nauheim und Freiburg mit Außenstellen in Bad Tölz und Tübingen wahrgenommen, die vom Referat Medizinmeteorologie im Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes betreut und koordiniert wurden." Diese regionale Gliederung wurde inzwischen aufgegeben. ...

Dafür wurde in Freiburg eine zentrale medizinmeteorologische Forschungsstelle für die gesamte Bundesrepublik Deutschland eingerichtet. Sie hat die Aufgabe, die in den letzten Jahrzehnten gewonnenen Erkenntnisse zu vereinheitlichen und durch Verwendung moderner technischer Hilfsmittel und geeigneter Untersuchungsmethoden zu erweitern und zu verbessern. Entsprechend dieser Aufgabenstellung gliedert sich die Freiburger Forschungsstelle in zwei Dezernate:

- Das Dezernat Biosynoptik erforscht die Zusammenhänge

zwischen Wettervorgängen und dem Organismus.

- Das Dezernat Bioklimatologie befaßt sich mit der Wirkung des Klimas auf den gesunden und kranken Menschen. Außerdem ist ihm ein Sachgebiet angegliedert, das alle Messungen zur Luftreinheit, die im Rahmen des Kurort-Klimadienstes in der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt werden, auswertet und begutachtet. Der Kurort-Klimadienst selbst der früher teilweise von den medizinmeteorologischen Forschungsstellen wahrgenommen wurde, ist generell den zuständigen Wetterämtern übertragen worden." (Trenkle 1989, S. 10-14)



#### 6.4.7 Der Einfluß von Wetter und Klima auf den Organismus

"Das Wetter umgibt uns rund um die Uhr, jahrein, jahraus. So ist es nicht verwunderlich, daß dem Wetter und Wetterveränderungen viele Unpäßlichkeiten, Befindensstörungen, Beschwerden und Krankheiten - leider allzu oft kritiklos - angelastet werden. Wetterbedingte Reaktionen des Organismus sind zunächst jedoch nichts anderes als der Versuch die physiologischen und seelischen Abläufe im Körper den Wetterbedingungen anzupassen. Der gesunde Organismus braucht für sein Wohlbefinden sogar eine Art Umwelttraining, eine ständige Anpassung an Witterungsreize. Zu den physikalischen und chemischen Vorgängen der Umwelt, die auf den menschlichen Organismus einwirken, zählen physikalische Faktoren wie Luftdruck, Wind, Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Sonnenstrahlung und chemische Faktoren wie Gase,

Nebel, Niederschläge und Stäube. Bewußt nehmen wir die Wetterfaktoren mit den Sinnesorganen wahr. Die Augen registrieren zum Beispiel, ob die Sonne scheint oder trübes, nebliges oder regnerisches Wetter herrscht, mit der Haut empfinden wir die Temperatur, Luftfeuchtigkeit und den Luftzug. Ferner spielen die Ohren, die beispielsweise über Regen, Wind und Donner informieren, und die Nase, mit der wir Gase und andere Stoffe in der Luft feststellen, bei der Wahrnehmung des Wetters eine gewisse Rolle. Praktisch wirken dabei immer mehrere Sinnesorgane zusammen. Einen Teil der Wittereinflüsse erkennt man allerdings nicht bewußt mit den Sinnen.

Der Einfluß von Wetter und Klima auf den menschlichen Organismus

Insbesondere die elektroklimatischen Verhältnisse in der Atmosphäre werden nicht bewußt registriert, sondern nur indirekt durch körperliche und seelische Reaktionen spürbar, die hauptsächlich auf Funktionsänderungen des vegetativen Nervensystems beruhen (siehe Abb. S. 72). Alle Lebewesen werden in ihrem Klimamillieu gleichstarken Witterungsreizen ausgesetzt. Unter Witterung faßt man den Wetterablauf mehrerer Tage zusammen. Unter Klima versteht man den charakteristischen Ablauf der Witterung für ein bestimmtes Gebiet. Normalerweise kann der gesunde Organismus die von den Witterungsreizen hervorgerufenen Wirkungen so regulieren, daß er in seinem Befinden nicht beeinträchtigt wird. Alterserscheinungen, Zivilisationskrankheiten, chronische Krankheiten und eine entsprechende Reaktionslage können jedoch den Organismus so schwächen, daß er in diesem Zustand die Antwort auf die Witterungsreize nicht mehr richtig regulieren kann. Er schießt oft über sein Ziel hinaus. Es kommt zu Befindensstörungen und krankhaften Reaktionen des Körpers und der Seele. ...

(Nach neuesten) Forschungsergebnissen teilt man die große Zahl der vom Wetter beeinflussbaren Menschen in drei Gruppen ein:

- Wetterreagierende: Ihr Organismus paßt sich unbemerkt den wechselnden Wetterbedingungen an. Sie verspüren in der Regel keine Beschwerden.

- Wetterfühlige: Diese Menschen fühlen, wenn sich das Wetter ändert. Sie reagieren mit Unwohlsein. Manche klagen über Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Müdigkeit Herzklopfen oder Blutdruckbeschwerden.

- Wetterempfindliche: Solche Menschen haben im Laufe ihres Lebens Krankheiten und Verletzungen erlitten, die sie gegenüber dem Wetter besonders empfindlich machen. So können beispielsweise alte Operationsnarben oder Knochenbrüche bei Wetteränderungen schmerzhaft Empfindungen hervorrufen. ...

Gesunde Menschen reagieren zwar seelisch (subjektiv) und körperlich (objektiv) auf das Wetter, aber ihr Organismus ist so trainiert, daß er mit dem Wetter fertig wird. Menschen, die geschwächt sind, deren Reizschwelle im vegetativen Nervensystem erniedrigt ist, nehmen die Wetterreize seelisch wahr und zeigen körperliche Reaktionen in Form von Befindensstörungen. Kranke Menschen reagieren auf Wetterreize nur körperlich. Der Verlauf ihrer Krankheit wird durch das Wetter zusätzlich beeinflusst. Ihr kranker Organismus kann die Mehrbelastung nicht verkraften. Er sendet Notsignale aus, die sich als Wetterempfindlichkeit bemerkbar machen.

Wie bereits erwähnt reagiert jedes Lebewesen in irgendeiner Form auf Wettervorgänge. So paßt sich unser Organismus beispielsweise den sich verändernden Umgebungstemperaturen an. Da die Körpertemperatur nur in geringem Umfang schwanken darf, ist der Organismus ständig gezwungen, durch Wärmeaufnahme oder Wärmeabgabe die Körpertemperatur konstant zu halten. Unter normalen Bedingungen - bei geringen Wetterreizen seitens des Temperatur-Feuchte-Milieus - reguliert der Organismus den Wärmehaushalt automatisch, ohne daß man viel davon bemerkt. Unter extremen Temperaturbedingungen jedoch steigert er die Regelfunktionen. Bei Kälte kommt es zum Kältezittern, bei

Hitze zum Schwitzen. Diese Reaktionen werden nur dann bewußt wahrgenommen, wenn sie stärkere Ausmaße annehmen. Vom Gesunden werden sie als normale Reaktionen eingestuft. Auch Befindensstörungen ohne Leidensdruck und Krankheitserscheinungen, die sich nicht erklären lassen, sind normale Reaktionen auf das Wetter.

Wetterstabile unterliegen aber andererseits auch jahreszeitlich bedingten Erkrankungen, sogenannten Saisonkrankheiten. ... Auf das Wetter zu reagieren, ist also etwas Natürliches, Ausdruck des Lebens und der Kraft des Organismus, mit den atmosphärischen Umweltreizen fertig zu werden." (Trenkle 1989, S. 15-18)

#### 6.4.8 Der luftchemische Wirkungskomplex: Wetterlagen und Gesundheit am Beispiel Smog

"Unsere Atemluft enthält in einem konstanten Verhältnis 21 Prozent Sauerstoff, 78 Prozent Stickstoff und insgesamt 1 Prozent an Edelgasen und Spurenstoffen. Der Sauerstoff ist für alle Verbrennungsprozesse im Organismus notwendig. Der Stickstoff geht unter normalen Bedingungen keine Verbindung mit anderen Bestandteilen unserer Atmosphäre ein.

Zu den natürlichen Luftbeimengungen gehören die gasförmigen radioaktiven Elemente des Radiumzerfalls, das in geringer Konzentration vorkommende Ozon, von der Meeresoberfläche in die Luft übergetretene Salzpartikel, die an den Küsten und auf Inseln therapeutisch genutzt werden, sowie das Jod, daß im Stoffwechsel- und Hormonhaushalt eine Rolle spielt. Auch Pollen aller Art müssen genannt werden, die von Frühjahr bis Herbst bei immer mehr Menschen Allergien hervorrufen. Gesunde vertragen die Blütenpollen ohne Reaktion. Beim Allergiker reagiert das Abwehrsystem überschießend darauf; zu den häufigsten Folgen gehören Heuschnupfen und Asthma. Die Ursachen der Pollenallergien sind erst teilweise geklärt. Neben anlagebedingten Faktoren stellen vor allem Umweltschad-

stoffe, die das Immunsystem schädigen, und Fehler der Ernährung und Lebensweise im Verdacht, deren Auftreten zu begünstigen.

Anthropogene, durch den Menschen bedingte Luftbeimengungen sind solche, die als Aerosole (zum Beispiel Ruß und Staub) oder als Gase von der Industrie, dem Gewerbe, den Haushalten und dem Straßen- und Luftverkehr an die Umwelt abgegeben werden. Sie werden in unserer Gesellschaft zu einem immer größeren Problem, dessen Bewältigung eine noch größere Herausforderung darstellt.

Staub wird vor allem auf der Haut und in den Lungen abgelagert. Von der Haut entfernt man ihn zwar beim Waschen, trotzdem kann es auch hier zu Reizungen und Entzündungen kommen. Viel gefährlicher aber ist der Staub in der Lunge. Er kann dort, abhängig von der Art des Staubes, Erkrankungen hervorrufen, die gut- oder bösartig verlaufen. Die Atmung wird zunehmend behindert, die Sauerstoffaufnahme erschwert, und es besteht chronischer Husten, mit dem der Körper versucht, den Staub zu entfernen.

Zu den wichtigsten, für den Menschen schädlichen Luftbeimengungen gehören:

- Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), ein farbloses, schweres Gas, das bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Verbindungen entsteht; in zu hoher Konzentration führt es zu Kopfschmerzen, Ohrensausen, Blutdruckerhöhung, Atemnot, in schweren Fällen Bewußtlosigkeit und Erstickungstod.

- Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ), ein geruch-, farb- und geschmackloses Gas, das unter anderem in den Autoabgasen enthalten ist; es erzeugt Kopfschmerzen, Schwindel, Ohnmachtsneigung, in schweren Fällen Tod durch Atemlähmung und Herzversagen.

- Methan ( $\text{CH}_4$ ), auch als Sumpfgas oder Grubengas bekannt, kommt in der Natur zum Beispiel in Kohlenflözen, Sümpfen und im Faulschlamm der Abwässer vor, außerdem, auch in den Darmgasen von Mensch und Tier; das farb- und geruchlose Gas wirkt betäubend und erstickend.

- Stickoxide ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ) stören den Sauerstofftransport im Körper und erzeugen Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, Müdigkeit, Atemnot, Bewußtlosigkeit und Störungen des zentralen Nervensystems; die farblosen Gase kommen unter anderem aus den Auspuffanlagen der Kraftfahrzeuge.

- Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ), ein widerlich riechendes Gas, entsteht bei der Fäulnis organischer Stoffe und aus Kokerei- und Leuchtgasen; in zu hoher Konzentration erzeugt es Reizungen der Augen-, Nasen-, Rachenschleimhaut Kopfschmerzen, Schwindel, Atemnot und

schlimmstenfalls tödliche Atemlähmung.

- Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) tritt vor allem bei Smog in hoher Konzentration auf; das stechend riechende Gas reizt die Augen- und Bronchialschleimhaut stark, in hoher Dosis kann es durch Stimmritzenkrampf rasch zum Ersticken führen.

- Ozon ( $\text{O}_3$ ), ein je nach Konzentration farbloses bis blaues Gas, unterscheidet sich vom normalen Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) durch ein drittes Sauerstoffatom. Ozon kommt in unterschiedlicher Konzentration in der Luft vor. In höherer Konzentration reizt es die Augen und Atemwege, führt zu Müdigkeit und Kopfschmerzen und scheint auch zu den Föhnbeschwerden beizutragen.

Die genannten Luftschadstoffe werden in unterschiedlicher Menge an die Luft abgegeben und zeigen auch unterschiedliche Verbreitungsgebiete. Industrieunternehmen geben ihre Schadstoffe über hohe Schornsteine meist in 100 bis 300 Meter Höhe ab. So sorgen sie dafür, daß die Schadstoffe nicht in unmittelbarer Umgebung niedergehen, rasch weitertransportiert und verdünnt werden, tragen damit aber auch dazu bei, daß die Luft auch in industriefreien Gebieten verunreinigt wird. Dadurch ist die nahezu flächendeckende Ausbreitung und Anreicherung von Luftschadstoffen ein nahezu globales Problem geworden, das auch nur auf internationaler Ebene befriedigend gelöst werden kann.

Besonders schlechte Luft stellt sich bei der sogenannten Smog-Wetterlage ein (vgl. Kap. 6.3.4, S. 43). Die Bezeichnung Smog setzt sich aus den beiden englischen Wörtern

"smoke" (Rauch) und "fog" (Nebel) zusammen. Smog entsteht bei winterlichen Hochdrucklagen, die in Höhenlagen zwischen 500 und 1000 Metern Erwärmung bringen. Wenn die bodennahen Luftschichten in der Nacht sehr stark abkühlen, kommt es zu einer Umkehr der normalen Temperaturschichtung. Normalerweise nimmt die Lufttemperatur je 100 Meter um 0,7 Grad Celsius ab. Bei Smog dagegen nimmt die Temperatur oberhalb der bodennahen Kaltluftschicht stark zu. Man spricht dann von einer Inversion, die als Sperrschicht den Luftaustausch zwischen bodennahen Kaltluft und höheren Luftschichten vollkommen unterbindet. Das bedeutet, daß sich in der unteren Luftschicht auch die Schadstoffe anreichern. Die Konzentration der Schadstoffe ist besonders groß bei niedriger Inversionshöhe, bei starker Labilität und langer Andauer der Smog-Wetterlage. Die Luftverunreinigungen treten bei dieser Wetterlage oft auch in Verbindung mit Nebel auf. In den bodennahen Kaltluftschichten ist einerseits die Luftfeuchtigkeit genügend hoch, andererseits sind durch die Schadstoffkonzentration ausreichend Kondensationskerne, die zur Nebelbildung notwendig sind, anzutreffen. Von einer solchen Austauscharmen Wetterlage sind besonders ältere Menschen betroffen, die unter Erkrankungen der Atemwege und unter Herz-Kreislauf-Störungen leiden. Bei einer lange anhaltenden Smog-Situation in London im Winter 1952 stieg die Sterblichkeit älterer Menschen über 65 Jahre um die 3- bis 4fache gegenüber normalen Wetterlagen an.

Auch bei uns kam es in den vergangenen Wintern oft zu Smog. Vor allem in den Jahren 1981 und 1982 mußte in einigen Ballungs-

gebieten Nordrhein-Westfalens und in einigen Großstädten Smog-Alarm gegeben werden. Dafür zuständig ist der Smog-Warndienst der Bundesländer. Er überwacht anhand von Meßnetzen, die von den jeweiligen Landesanstalten für Umweltschutz betrieben werden, die Schadstoffkonzentrationen in der Luft. Wird bei der Messung die Überschreitung eines bestimmten Schwellenwertes für Schadstoffe registriert, sind die verantwortlichen Behörden angewiesen, Maßnahmen zu ergreifen, um eine weitere Anreicherung von Schadstoffen in der Luft zu vermeiden. Die Verursacher der Luftverschmutzung müssen die Abgabe von Schadstoffen einschränken oder dürfen überhaupt keine Schadstoffe mehr in die Luft abgeben. Dies kann zum Beispiel zu einer vorübergehenden Stilllegung des privaten Autoverkehrs führen und zu Warnungen an alte und kranke Menschen, besonders an solche, die unter Atemwegserkrankungen leiden, das Haus nicht zu verlassen.

... Oberhalb der Inversion herrscht schönes Wetter. Sonne, relativ hohe Temperaturen, reine Luft und oft eine gute Fernsicht erfreuen in den Mittelgebirgen und in den Alpen Winterurlauber, Urlaubsorte und Kurorte gleichermaßen.

Während die Reaktion des Waldes auf die Schadstoffbelastung Anlaß zu großangelegten Untersuchungen war, um die Ursache des Waldsterbens herauszufinden und Gegenmaßnahmen einleiten zu können, sind entsprechende Forschungsprojekte über die Wirkung von verschiedenen Luftschadstoffen auf den menschlichen Organismus erst vor wenigen Jahren in Gang gekommen. Ergebnisse liegen jedoch noch nicht vor."

(Trenkle 1989, S. 89-94)



## 6.4.9 Klima und Klimagefahren

### Klima: Definitionen

"Das 'Klima' wird wissenschaftlich definiert als ein 'Durchschnittswert aus der Gesamtheit aller atmosphärischen Zustände über einen längeren Mittelungszeitraum'. Man kann es auch anders erklären: Als Klima wird der mittlere Wert (Durchschnittswert) bezeichnet, der von einer statistischen Reihe verschiedener Meßwerte aller Wetterzustände errechnet wird, die über einen längeren Zeitraum, zumindest aber einen Monat lang, gesammelt wurden.

Das Klima ist eine Folge physikalischer Vorgänge, die in der Atmosphäre infolge der Sonneneinstrahlung in Gang gesetzt werden. Der Verlauf dieser Prozesse wird mitgestaltet durch sogenannte Klimafaktoren\*) wie geographische Breite, Verteilung von Festland und Meer, Meeresströmungen, Relief, Bebauung, Vegetation u.v.m.. Neben den atmosphärischen Zuständen (Mittelwerte der Temperatur, des Niederschlags, der Windstärke und Strahlung, Häufigkeit bestimmter Wetterlagen, Schichtungen in der Atmosphäre) sind auch chemische Prozesse für unser Klima von Bedeutung. Dieses 'chemische Klima' wird von Gasen wie Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Stickoxiden, Schwefelverbindungen, Ozon, Kohlenwasserstoffen, Aerosolen usw. bestimmt.

Das Wetter dagegen definiert man als einen beschriebenen Zustand der Atmosphäre zu einem konkreten Zeitpunkt oder -abschnitt, beispielsweise an einem Tag. Beschrieben und festgelegt wird 'das Wetter' mit in der Meteorologie verwendeten Maßeinheiten von Temperatur, Luftdruck, Strahlungsstärke, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit, Bewölkung, Niederschlagsstärke usw.. 'Das Wetter' ist also ein kurzfristiger, nur für einen bestimmten Zeitabschnitt geltender Zustand der atmosphärischen Erscheinungen, während das 'Klima' für langfristige, kontinuierliche Vorgänge steht. Alle eben aufgeführten Klima-Kenngrößen unterliegen natürlichen Schwankungen.

### Das Klimasystem

'Das Klima' entsteht aus den Wechselwirkungen innerhalb eines umfassenden Klimasystems, das in verschiedene Teilbereiche gegliedert wurde, nämlich in:

- Atmosphäre,
- Hydrosphäre (Gewässer),
- Kryosphäre (Eis, Schnee),
- Lithosphäre (Land, Boden) und
- Biosphäre (Mensch, Tier, Pflanze).

Diese Teilsysteme stehen durch physikalische Prozesse ständig in Wechselwirkung miteinander. Deswegen ergeben sich auch unterschiedlich große Schwankungen, denen die Systeme unterworfen sind: Rückkopplungs-

---

\*) Auf die Klimazonen kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Siehe hierzu D. Walch, E. Neukamp, 1989, S. 104ff.

Mechanismen können ablaufende Prozesse sowohl verstärken als auch abschwächen.

Außerdem greifen auch äußere Einflüsse in das System ein, wie Veränderungen bei der Sonneneinstrahlung (Änderung der Solarkonstante, kosmischer Staub), Erdbahnänderungen, Staub in der Atmosphäre durch Vulkanausbrüche und auch menschliche Aktivitäten. Durch die Auswirkungen der Siedlungstätigkeit, der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft sowie der gesamten Industrialisierung mit ihrer Schadstoff-Freisetzung werden die Zirkulation der Luft, die Wolkenbildung und Niederschlagstätigkeit, aber auch die chemische Zusammensetzung (und Reaktionen) der Atmosphäre nebst den Speichervorgängen massiv beeinflusst." ...

### **Klimaschwankungen, Klimaänderung**

"Trotz des komplexen Aufbaus der Atmosphäre ist ihre chemische Zusammensetzung von bemerkenswerter Stabilität. Sie hat sich in den letzten Tausenden von Jahren praktisch nicht geändert. Diese Stabilität läßt auf das Vorhandensein von funktionierenden Regelmechanismen schließen. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Zusammensetzung und Beschaffenheit der Biosphäre, denn die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und damit auch das Klima hängen davon ab.

Den ständigen Austausch physikalischer und chemischer 'Informationen' zwischen Biosphäre und Atmosphäre kann die Wissenschaft bis heute noch nicht vollständig beschreiben. Daher gibt es unterschiedlichste Thesen über dieses Zusammenspiel. So besagt eine These, daß die Biosphäre die Atmosphäre aktiv reguliert. Nach dieser Theorie ist die Stabilität des Erdklimas das Resultat dieser Regulierung: Die Biosphäre hält die Atmosphäre in einem chemischen Gleichgewicht und gleicht kurzfristige Störungen aus.

Aber: Diese Theorie scheint auf keinen Fall für langfristig anhaltende Störungen zu gelten, die die Bedingungen nachhaltig verändern. Ein Beispiel für eine 'hausgemachte' Umweltkatastrophe ist die Emission des Sauerstoffs in die Atmosphäre vor rund 1,5 Millionen Jahren. Die Atmosphäre war vorher frei von Sauerstoff. Sein Auftreten hat extreme Änderungen bewirkt - den Zustand unseres Planeten heute. Eine Zerstörung beispielsweise der Ozonschicht stört das chemische Gleichgewicht der Atmosphäre so stark, daß diese Umorientierung der Urzeit sich durchaus wiederholen könnte - allerdings mit negativem Vorzeichen.

Im übrigen bedeutet die relative Stabilität des Erdklimas noch lange nicht, daß die Biosphäre keinen Gefahren ausgesetzt ist." ...

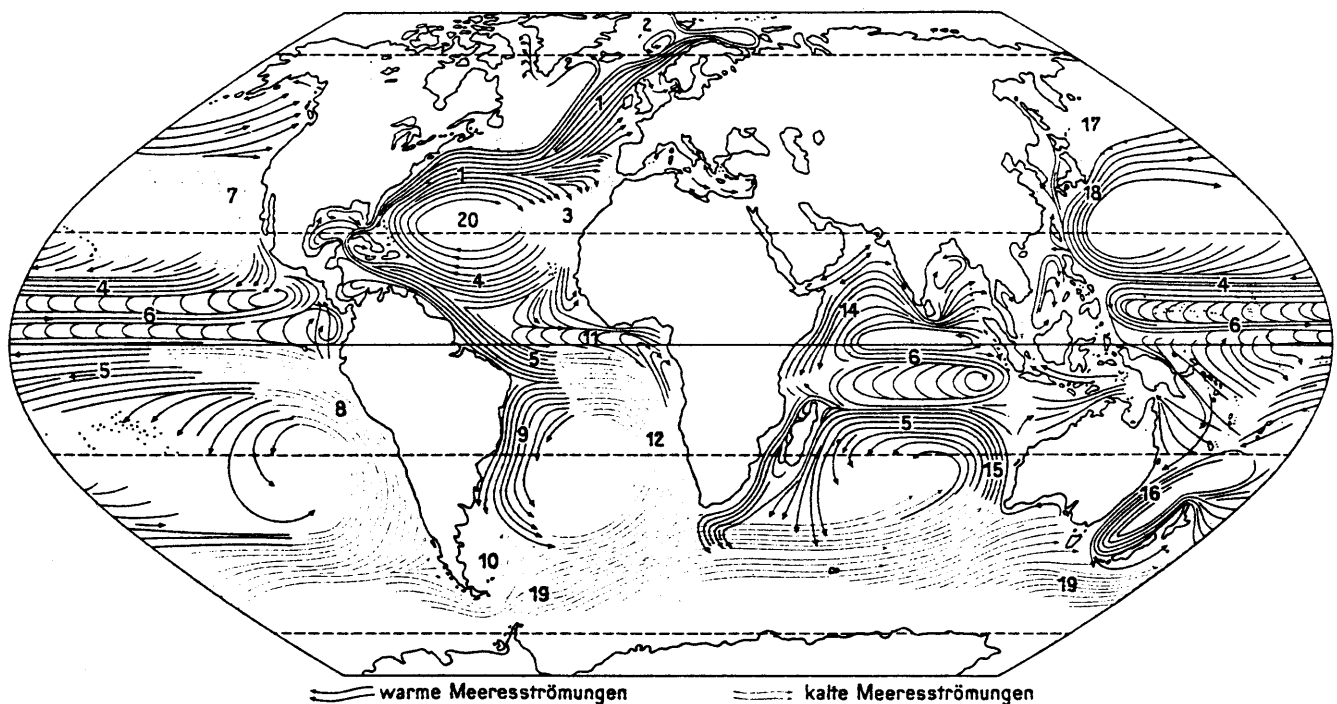
### **Klimaprobleme der Gegenwart**

"Es gibt eine Anzahl von natürlichen Ereignissen, die das Studium klimatischer Vorgänge erleichtert haben, weil sich Vergleichswerte gefunden haben. Anhand von ihnen konnte man die Verknüpfung der unterschiedlichen Klima-Teilsysteme studieren und Rückschlüsse auf andere Vorgänge ziehen.

## Das "El Nino"-Phänomen

Dies ist das heute wohl bekannteste 'Klimasignal'. Es findet im tropischen Pazifik statt. El-Nino-Ereignisse kehren in unregelmäßigen Abständen von etwa zwei bis sieben Jahren wieder. Das bisher stärkste trat in den Jahren 1982/83 auf.

El Nino wird für heiße Sommer und kalte Winter verantwortlich gemacht. Außerdem wird es von Naturkatastrophen und Wetterveränderungen auf der ganzen Welt begleitet. In früheren Studien wurde El Nino als ozeanisches Ereignis von lediglich lokaler Bedeutung gesehen, da es nur als Warme Strömung vor der peruanischen Küste aufzutreten schien. Doch genau wie die Luftzirkulation bestimmen auch kalte und warme Strömungen in den Weltmeeren das Klima. Heute weiß man, daß El-Nino-Ereignisse zu einer anormalen Erwärmung des gesamten tropischen Pazifiks führen und erhebliche Auswirkungen auf große Luftströmungen haben, denn das El-Nino-Phänomen steht in Verbindung mit globalen atmosphärischen Phänomenen. So hängt es mit der sogenannten Southern Oscillation zusammen und stört dadurch die zwei größten tropischen Zirkulationssysteme, die 'Hadley-Zelle' und die 'Walker-Zirkulation'. Die Folge sind verheerende Dürren in Afrika,



**Die großen Meeresströmungen.** Sie werden hauptsächlich von den vorherrschenden Luftströmungen an der Wasseroberfläche gesteuert und sind eine Funktion des Zusammenwirkens dieser Winde, der ablenkenden Kraft der Erdrotation und der durch Wasserstau und Wasserüberschuß, Dichte- und Salzgehalts- sowie Temperaturunterschiede des Wassers zwangsläufig eintretenden Gegenströmungen. Auf diese Weise stehen warmen Meeresströmungen aus äquatorialen Zonen fast stets kalte Gegenströme aus hohen, polaren Breiten gegenüber (warmer Golfstrom und kalter Grönlandstrom) oder es folgt auf einen warmen Oberflächenstrom ein aus der Tiefe des Meeres heraufquellender kalter Tiefenstrom (z. B. Peru- oder Humboldtstrom). 1 Golfstrom, 2 Grönlandstrom, 3 Kanarenstrom, 4 Nördliche Passatdrift, 5 Südliche Passatdrift, 6 Äquatoriale Gegenströmung, 7 Kalifornienstrom, 8 Peru-(Humboldt-)Strom, 9 Brasilienstrom, 10 Falklandstrom, 11 Guineastrom, 12 Benguelastrom, 13 Agulhässtrom, 14 Monsundrift, 15 Westaustralienstrom, 16 Ostaustralienstrom, 17 Kurilenstrom (Oya Schyo), 18 Kuro Schyo, 19 Westwinddrift, 20 Sargassosee.

Asien und Australien sowie Überschwemmungen und starke Niederschläge in südamerikanischen Küstenregionen. Daher ist El Nino ein klassisches Beispiel der Wechselwirkung zwischen Ozean und Atmosphäre.

Der Ablauf des Phänomens gleicht sich immer wieder: Im Jahr vor dem eigentlichen El-Nino-Ereignis ist es in Südamerika ungewöhnlich kalt, zum Jahresende hin steigt die Wassertemperatur des Pazifiks dann stark an. Diese Erwärmung (bis zu 7 Grad Celsius über dem Durchschnitt) bleibt das ganze El-Nino-Jahr bestehen. Das Jahr danach ist durch einen schnellen Temperaturrückgang charakterisiert.

### Klimaschwankungen durch Vulkane

Auch Vulkanausbrüche können zu einer Abkühlung auf der Erde führen. In den meisten grafischen Darstellungen der Temperaturentwicklung auf der Erde finden sich charakteristische Einbuchtungen in der Temperaturkurve (...): Die Ausbrüche des nordamerikanischen Mount St.Helens (Mai 1980) und des mexikanischen El Chichon (März 1982) hatten meßbaren Einfluß auf das Erdklima der jeweils folgenden drei bis vier Jahre. Allerdings gilt die Formel 'Vulkanausbruch = Abkühlung des Klimas' nur sehr eingeschränkt, da eine solche Eruption nur einen von vielen Klimafaktoren darstellt.

Als am 15. Juni 1991 auf den Philippinen der Vulkan Pinatubo ausbrach, wurden "rund 20 Millionen Tonnen Schwefelgase freigesetzt. Sie kondensierten in großen Höhen zu einer Art Nebel, der sich inzwischen um die Welt ausgebreitet hat.

Vor allem diese Schwefeltröpfchen beunruhigen nun die Ozonforscher. Denn diese sogenannten Aerosole können sich jahrelang in der Stratosphäre halten und damit die Ozongefahr über der Nordhalbkugel noch vermehren: Wenn im Frühjahr die Sonne über den Polarhorizont tritt, werden sich zwar die stratosphärischen Wolken auflösen, nicht aber die Schwefel-aerolsole - sie sind auch bei höheren Temperaturen noch stabil. So könnten sie im Frühjahr die zerstörerische Rolle übernehmen, die am Südpol die Stickoxide in den Stratosphärenwolken spielen."

Aus: Ozonfraß - Letzter Akt? Spiegel Nr. 7 vom 10.2.1992, S.210

Was bewirkt nun eine derartige Eruption?

Die von den Eruptionen in die Luft geschleuderten Schwebeteilchen (Aerosole) führen in der Stratosphäre zu einer Erwärmung, da sie UV-Strahlung absorbieren. Infolgedessen kann sich die Erdoberfläche nicht mehr so erwärmen wie vorher. Ein Indiz für die Richtigkeit dieser Theorie: Vier Monate nach Ausbruch des El Chichon lagen die Temperaturen in der Stratosphäre fast fünf Grad Celsius über dem Durchschnitt.

Schon im vorigen Jahrhundert bemerkte man die Wirkungen tätiger Vulkane: Nach dem Ausbruch des Tamboras (1815) in Indonesien sprach man 1816 in Europa und Nordamerika vom 'Jahr ohne Sommer'. An der amerikanischen Ostküste fiel im Juni Schnee, in England zerstörte im Juli ein Frost die Ernte.

### **Sonnenzyklen**

Die Sonnenaktivität ist periodischen Schwankungen unterworfen, die abhängig sind von der Häufigkeit von Sonnenflecken. Der Sonnenfleckenzyklus verläuft allerdings nicht streng periodisch, sondern kann zwischen neun und vierzehn Jahren dauern. Auch in anderer Hinsicht schwankt die Sonnenaktivität, denn die Stärke des Sonnenwindes sowie der Röntgen- und UV-Strahlung variieren. Auch kehrt sich die Richtung der solaren Magnetfelder von Zeit zu Zeit um und ergibt so den 22 Jahre währenden 'Haleschen Magnetfeldzyklus'. Die Wissenschaftler sind sich noch nicht darüber klar, wie stark sich Sonnenzyklen auf das Klima auswirken." (Gerosa 1987, S. 48-59)

### **Die Vernichtung der tropischen Regenwälder, der grünen Lungen der Erde.**

"Würden die (alten, d.V.) Bundesländer der Bundesrepublik Deutschland im Amazonasdschungel liegen und würde sich der Rückgang der tropischen Regenwälder auf ihr Staatsgebiet beschränken, so wäre sie innerhalb von acht Monaten vollständig entwaldet. Denn die tropischen Regenwälder sterben. Und sie sterben immer schneller. Innerhalb der letzten sechstausend Jahre ist ihre Fläche bereits um ein Drittel zurückgegangen. ... Bereits heute gibt es in den Tropen, in denen das Leben so üppig gedeihen kann, mehr als eine Milliarde Hektar Ödland. Bis zum Jahr 2000 soll eine Fläche von der Größe Westeuropas hinzukommen. ... Die Ursachen für diese Entwicklung sind ebenso vielfältig, wie die aktuellen Zahlen des Waldverlustes erschreckend sind.

Noch die insgesamt kleinste der wesentlichen Ursachen sind wirtschaftliche Großprojekte, wie etwa das Mahaweli-Bewässerungsprojekt in Sri Lanka oder der Itaipu-Staudamm in Paraguay und Brasilien. So positiv solche Vorhaben für die Wirtschaft der betroffenen Länder in mancher Hinsicht sein mögen - für den Tropenwald sind sie meist der Anfang vom Ende. Das ist vor allem deshalb der Fall, weil derartige Projekte fast immer mit Erschließungsmaßnahmen großen Ausmaßes verbunden sind. Nachfolgenden Projekten wird damit der Weg in den Tropenwald erleichtert. Besonders nachteilig wirkt sich dies aus, wenn unter dem Urwald verborgene Bodenschätze zur Ausbeutung einladen, wodurch fast unweigerlich Bergbau- und Verarbeitungsbetriebe an die Stelle der Urwald-Baumriesen treten.

Daß die Industrieansiedlung im Tropenwald - und nicht nur sie - zudem von staatlichen Rodungs- und Besiedlungsprogrammen gefördert wird, ist ein weiterer Grund für den erschreckenden Rückgang der Tropenwaldfläche. Erfüllen sich in aller Regel wenigstens die Hoffnungen der Bergbauingenieure, so kann davon bei landwirtschaftlichen Rodungsprogrammen kaum jemals die Rede sein. Die häufig angelegten Monokulturen von Zuckerrohr, Soja und Baumwolle sind nämlich auf den nährstoffarmen Böden, auf denen die

meisten Tropenwälder stehen, ebenso unsinnig wie eine Viehhaltung in größerem Maßstab.

Nicht weniger unsinnig und wohl noch Folgeschwerer als die Erschließung der Tropenwälder ist ihre Ausbeutung als Holzvorratsstätte. ... So wurde von den Wäldern an der Westafrikanischen Küste zwischen Guinea und Ostnigeria seit Anfang der achtziger Jahre alljährlich rund ein Zwanzigstel systematisch gerodet. Dies bedeutet, daß innerhalb von zehn Jahren nur noch die Hälfte der ursprünglichen Waldfläche erhalten sein kann. Vier Fünftel des weltweit ausgeführten Tropenhartholzes stammen aus fünf Ländern: von der Elfenbeinküste, aus Gabun, Malaysia, Indonesien und von den Philippinen. Nur in einem dieser Länder ist der Regenwald noch nicht unmittelbar bedroht - in Indonesien. Den Zustand der Wälder in den anderen Ländern bezeichnet die Weltbank, die die Entwicklung im eigenen Interesse im Auge behält, als 'kritisch'.

Daß fast das gesamte ausgeführte Holz aus diesen fünf Staaten stammt, darf bezüglich der übrigen äquatornahen Länder keineswegs beruhigend stimmen, denn die wichtigsten Entwaldungsursachen schlagen sich überhaupt nicht in der Holzhandelsbilanz nieder. Ein großer Teil des Tropenwaldes geht nämlich schlicht als Brennholz verloren. Die 'Food and Agriculture Organization of the United Nations', eine Sonderorganisation der UNO, hat ermittelt, daß weltweit rund zwei Milliarden Menschen auf Holz als Brennstoff angewiesen sind. In Trockengebieten, zu denen etwa in Afrika die Sahel-Zone gehört, wirkt sich diese Tatsache verheerend aus. Gerade dort, wo die Wälder ohnehin nur aus weit auseinanderstehenden Bäumen bestehen, wird das wenige Holz auch noch zum Heizen oder Kochen verbrannt.

Gleich den ganzen Wald zu verbrennen, ist ... die Hauptursache für das Sterben des Tropenwaldes. Man nennt es im Englischen 'shifting cultivation'. Zu deutsch etwa 'verschiebender Ackerbau'. Gemeint ist die in der dritten Welt weit verbreitete Brandrodung mit anschließendem Ackerbau, und verschoben wird vor allem das ökologische Gleichgewicht: mehr als 50 Prozent des Rückgangs der Tropenwälder ist auf Brandrodung zurückzuführen. ...

Denn das ist das schlimmste am Rückgang der Tropenwälder: Rückgängig machen läßt er sich nicht. Der Grund dafür ist neben der oft noch völlig unbekanntem und unerforschten, künstlich nicht wieder herzustellenden Artenvielfalt im Tropenwald die Tatsache, daß er sich selbst ernährt. Beziehen nämlich etwa die Wälder unserer Breiten ihre Nährstoffe aus dem Boden, so trifft das für den tropischen Wald keineswegs zu. Gedeihen und Vergehen vollziehen sich dort so schnell, daß abgestorbene Pflanzen ebenso wie tote Tiere noch über dem Boden in Nährstoffe zerlegt und diese von anderen Pflanzen aufgenommen werden. ...

Auch mit dem notwendigen Niederschlag versorgt sich der Dschungel selbst. Mehr als die Hälfte des Regens, der über irgendeinem Teil des fünf Millionen Quadratkilometer großen Amazonasbeckens niedergeht, ist vorher schon einmal im selben Gebiet gefallen. Die Verdunstung geht so schnell vor sich, daß der Regen oft überhaupt nicht den Boden erreicht.

Naturgemäß ändert sich dies schlagartig, sobald der Wald gerodet wird. Wo kein Baum mehr steht, kann nichts mehr die Sonnenwärme speichern, kann

sich die Luftfeuchtigkeit nicht mehr unter dem strahlendgrünen Kronendach des Urwaldes fangen. Das Klima ändert sich erheblich, und die Bewohner des Tropenwaldes, die auf sein Klima angewiesen sind, können nicht mehr überleben. Auch deshalb ist eine 'Wiederaufforstung' eines einmal zerstörten Tropenwaldgebietes unmöglich. ...

Die wahren Ursachen für die Vernichtung des tropischen Regenwaldes liegen indes tiefer. ... Dadurch nämlich, daß die meisten Länder in der Nähe des Äquators arm sind, greifen sie auf das wenige zurück, was sie besitzen. Und das ist eben oft nur das Holz ihrer Wälder. Im Inland wird so aus dem Urwald Brennholz, im Ausland wird sein Holz zu Devisen. Auf diese Weise werden im Tropischen Afrika 750.000 Hektar, in Lateinamerika 1,55 Millionen und in Süd- und Ostasien 2,1 Millionen Hektar blühender Urwald zu klingender ausländischer Münze: Jahr um Jahr! Das Abholzen geht um so zügiger vor sich, je größer der Einfluß ausländischer Betreiber in den betroffenen Ländern ist. ...

Angesichts der erschreckenden Zahlen über die Vernichtung der tropischen Regenwälder, der Grünen Lungen der Erde, nehmen sich die wenigen Versuche zu ihrer Rettung beinahe kläglich aus. Eines der bezeichnendsten Beispiele lieferte im Juli 1987 die US-amerikanische Umweltschutzorganisation 'Conservation International'. Sie erwarb bolivianische Schuldverschreibungen im Nennwert von 650.000 US-Dollar, für die sie dank des geringen Vertrauens der ursprünglichen Gläubiger in die bolivianische Staatskasse nur 100.000 Dollar bezahlen mußte. Die so erstandenen Schuldverschreibungen überließ die Umweltschutzorganisation Bolivien gegen die Zusage, dafür ein Urwaldgebiet von 15.000 Quadratkilometern Größe zu verschonen. Sollte Bolivien sich an seine Zusage halten, so könnte das Land noch vor dem Jahr 2050 das weltweit letzte Stück Tropenwald sein eigen nennen. Dann nämlich, so glauben Fachleute, wird das lange Sterben des tropischen Regenwaldes zu Ende sein. ...

Seit 1978 der Satellit Skylab registrierte, daß allein in jenem Jahr Feuer rund 100.000 Quadratkilometer Regenwald vernichtete, haben Meteorologen und Klimaforscher auch diese ökologische Katastrophe in ihre Berechnungen aufgenommen. Nach dem Ölpreisschock von 1973 hatten sie bereits registriert, daß sich die Abgabe des von den Industriestaaten verursachten CO<sub>2</sub> fast halbierte, der Gasgehalt in der Atmosphäre jedoch weiter anstieg. Als Grund wurde schließlich herausgefunden, daß die 200.000 Quadratkilometer tropischer Regenwälder, die jährlich gefällt, verbrannt oder zur Verrottung liegen gelassen werden, mehr Kohlendioxid freisetzen als der Verbrauch aller fossilen Brennstoffe im selben Zeitraum. Denn nur lebende Bäume sind in der Lage, das Kohlendioxid der Atmosphäre zu binden. Rund 17600 Milliarden Tonnen Kohlenstoff sind, so lauten die Berechnungen der Wissenschaftler, in der Biosphäre gespeichert - und der größte Teil davon in den tropischen Regenwäldern unserer Erde; das Sauerstoff-Reservoir unserer Welt hängt im entsprechenden Maß davon ab."\*

(GEROSA 1987, S. 104-111)

---

\*) Neben der Vernichtung des tropischen Regenwaldes haben die Entwicklungen in der Landwirtschaft und des weltweiten Energieverbrauchs entscheidende klimatische Bedeutung (siehe GEROSA, a.a.O., S. 112ff).

#### 6.4.10 Aufruf der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft und der Deutschen Physikalischen Gesellschaft \*)

### **"Warnung vor drohenden weltweiten Klimaänderungen durch den Menschen"**

#### Warnung vor weltweiten Klimaänderungen

"Der Gehalt der Luft an Kohlendioxid und an weiteren klimawirksamen Spuren-Gasen wie Methan, Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffe, Distickstoffoxid und Ozon (dieses nur in der unteren Atmosphäre), steigt Weltweit bedrohlich an.

Verursacht wird der Anstieg

- an Kohlendioxid  
zum Großteil durch Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas, zum kleineren Teil durch Waldrodungen, Bodenerosion und Entwässerung von Feuchtgebieten,
- an Methan  
durch die Intensivierung von Reisanbau und Viehzucht, vornehmlich in tropischen Gebieten,
- an Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffen  
durch den Betrieb von Kühl- und Klima-Anlagen, die Verwendung von Spraydosen und durch Kunststoffverschäumung,
- an Distickstoffoxid  
durch mikrobielle Zersetzung von Kunstdünger und durch Verbrennung von organischen Substanzen,
- an Ozon in der unteren Atmosphäre (Troposphäre)  
durch Zusammenwirken von Sonnenlicht mit Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen.

Die genannten Gase, außer Ozon, lassen das Sonnenlicht fast ungehindert auf die Erde einfallen; sie alle behindern aber die Wärmeabstrahlung der Erde in den Weltraum nachhaltig (Treibhauseffekt).

Es besteht der begründete Verdacht, daß schon innerhalb der nächsten 100 Jahre die mittlere Temperatur an der Erdoberfläche durch Anreicherung

- an Kohlendioxid um 1,5 bis 4,5 °C,
  - an den anderen Spurengasen um annähernd weitere 1,5 bis 4,5 °C,
  - insgesamt also um etwa 3 bis 9 °C ansteigen wird,
- wenn die bisher beobachtete Zuwachsrates in etwa konstant und die Verzögerung durch die hohe Wärmekapazität des Ozeans gering bleibt.

Dieser Temperaturanstieg wäre regional und jahreszeitlich durchaus unterschiedlich hoch, in den Tropen etwa halb so hoch, im polaren Winter dagegen etwa zwei- bis dreimal so hoch wie im Mittel.

---

\* Bad Honnef, Juni 1987 (Auszüge)



Jede Temperaturänderung wird aber auch die Atmosphärische Zirkulation beeinflussen und daher Niederschläge umverteilen. Solche weitreichenden Klimaänderungen hätten sicherlich erhebliche, regional unterschiedliche Auswirkungen auf die Lebensbedingungen.

Um der Gefahr solcher drastischen Klimaänderungen rechtzeitig zu begegnen, muß bereits jetzt damit begonnen werden, die Emissionen der genannten Spurengase rasch einzuschränken. Wenn diese Einschränkungen aufgeschoben werden, bis in vermutlich ein bis zwei Jahrzehnten deutliche Klimaänderungen sichtbar werden, wird es aller Voraussicht nach für eine Eindämmung bereits zu spät zu sein.

#### Aufgerufen sind deshalb

- die Politiker,  
in weltweiter Koordinierung  
die Entscheidungen für eine Einschränkung der Emissionen aller genannten Gase auf ein insgesamt tolerierbares Maß zu treffen,  
in der Bundesrepublik Deutschland  
die diesbezüglichen Entscheidungen über die künftige Energieversorgung und den Gebrauch von Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffen und Kunstdünger voranzutreiben,
- Wirtschaft und Wissenschaft,  
die benötigten Verfahren und Anlagen für rationellere Energienutzung und stärkere Verwendung nichtfossiler Energien verfügbar zu machen,
- jeder einzelne Bürger,  
durch sein eigenes Verhalten zu sparsamerem Einsatz von Energie und damit zur Verminderung der Emission von klimawirksamen Spurenstoffen beizutragen. ...

### PROGNOSEN KÜNFTIGER, VOM MENSCHEN VERURSACHTER KLIMAÄNDERUNGEN

#### 1) Anstieg des Gehalts klimawirksamer Spurengase in der Atmosphäre

Seit etwa 1800 stieg der Kohlendioxid-Gehalt der Luft von damals ca. 280 ppm bis auf den heutigen Wert von 347 ppm stetig an, anfänglich um nur ca. 0,2 ppm pro Jahr, heute bereits um etwa 1,8 ppm pro Jahr, entsprechend etwa 3,5 Milliarden Tonnen Kohlenstoff pro Jahr.

Dieser Anstieg wird verursacht durch die künstliche Freisetzung von Kohlendioxid, heute überwiegend durch Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas in Höhe von rund 5 Mrd. t Kohlenstoff pro Jahr, aber auch durch die Zerstörung von Teilen der Biosphäre (Rodung von Wäldern, Bodenzerstörung) in Höhe von 1 bis 3 Mrd. t Kohlenstoff pro Jahr.

Vom künstlich freigesetzten Kohlendioxid sind innerhalb der letzten 100 Jahre nur ca. 40 bis 50 % in der Atmosphäre geblieben. ...

Mangels genauerer Kenntnis nehmen wir für die Abschätzung des künftigen Kohlendioxid-Gehaltes der Luft an, daß auch weiterhin wie bisher ca. 40 bis

50 % der künstlich freigesetzten Menge auf Dauer in der Atmosphäre bleiben:

Die Steigerungsrate der Kohlendioxid-Freisetzung betrug im Mittel der letzten 5 Jahrzehnte ca. 4 % pro Jahr, im letzten Jahrzehnt ca. 2 % pro Jahr.

Bei einer künftigen Steigerung von nur 1 % pro Jahr, wie sie derzeit allein schon von China aufgebracht wird, wüchse innerhalb von 50 bis 100 Jahren der Kohlendioxid-Gehalt der Luft auf ca. 500 bis 600 ppm an. Er würde dann bereits doppelt so schnell wie derzeit weiter steigen. ...

Hinzu kommt noch der steigende Gehalt der Luft an weiteren klimawirksamen Spurengasen; dies sind vor allem:

- Methan (durch die Intensivierung von Reisanbau und Viehzucht, vornehmlich in Tropischen Gebieten, aus Mülldeponien und bei der Handhabung von Erdgas sowie durch Verbrennung von organischen Substanzen), Zunahme: 1,2 % pro Jahr
- Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffe (aus Kühl- und Klima-Anlagen, aus Spraydosen und durch Kunststoffverschäumung), Zunahme: 4 - 5 % pro Jahr
- das Distickstoffoxid (durch mikrobielle Zersetzung von Kunstdünger und Verbrennung von organischen Substanzen), Zunahme: 0,3 % pro Jahr

- Ozon: ...

Während es in der Troposphäre also in den unteren 10-15 km der Atmosphäre, bei Sonnenlicht und bei Anwesenheit von erhöhten Konzentrationen an Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen zunimmt, kommt es im Gebiet maximaler Konzentration in der Stratosphäre oberhalb 20 km Höhe bei erhöhten Konzentrationen von Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden zu einer Abnahme, wodurch der weltweite Schutz vor schädlicher UV-Strahlung vermindert wird. Je nach Zunahme unten und Abbau oben, d.h. je nach vertikaler Verteilung, wirkt es als Treibhausgas unterschiedlich stark.

Zunahme: ca. 1 % pro Jahr in der unteren Troposphäre mittlerer Breiten der nördlichen Erdhälfte.

Die weitere Freisetzung der genannten Spurengase mit den heutigen Steigerungsraten würde innerhalb von 50 bis 100 Jahren im weltweiten Mittel einen Temperaturanstieg von vergleichbarer Höhe bewirken wie der Anstieg des Kohlendioxid-Gehaltes der Luft allein.

## 2) Abnahme der Waldflächen

Zum Höhepunkt der jetzigen Warmzeit, vor ca. 5000 Jahren, waren ungefähr 36 % aller Landflächen der Erde von Wald bedeckt, 1800 waren es noch 28 %, heute sind es nur mehr ca. 23 %.

Die weitere Abnahme durch Rodungen beläuft sich derzeit jährlich auf etwa 0,5 % des Bestandes. Diese starke Abnahme der Waldflächen wird vor allem

auf den Wasserhaushalt einwirken und auch den Kohlenstoffkreislauf ändern.

### 3) Vorhergesagte Klimaänderungen

... Der Anstieg des Gehalts der Luft an klimarelevanten Spurengasen innerhalb der vergangenen 100 bis 200 Jahre sollte Klimamodellrechnungen zufolge einen Anstieg der mittleren Temperatur auf der Erde um ca. 0,5 °C bewirkt haben. ...

Ein solcher Temperaturzuwachs deutet sich zwar an, er liegt aber innerhalb der natürlichen kurzzeitigen Temperaturschwankungen.

Bei einem weiteren Anstieg des Gehaltes der Luft an Kohlendioxid und anderen Spurengasen wie bisher könnten die dadurch bedingten Temperaturerhöhungen in etwa ein bis zwei Jahrzehnten ein Ausmaß erreichen, das deutlich über dem der natürlichen Schwankungen liegt, also klar erkennbar würde. ...

Noch spekulativer sind die Vorhersagen über mögliche damit verbundene Niederschlagsänderungen. So könnten beispielsweise

- die Niederschläge in den feuchten Tropen sich noch erhöhen,
- die heutigen Trockenzone im nördlichen Afrika, in Arabien, in Zentral-Asien und in den südlichen Teilen der USA sich um einige hundert Kilometer nach Norden verlagern und damit die heutigen dichtbesiedelten, fruchtbaren Winterregenzonen um das Mittelmeer, in den USA und in der südlichen UdSSR in subtropische Trockengebiete verwandeln.

Das zu erwartende teilweise Abschmelzen des Meereises verstärkt die Absorption der Sonneneinstrahlung im Polargebiet und damit die Temperaturzunahme. Dieser Effekt ist in den Klimamodellrechnungen berücksichtigt.

Der seit Beginn dieses Jahrhunderts beobachtete Anstieg des Meeresspiegels um ca. 10-20 cm wird wahrscheinlich weitergehen und könnte innerhalb der nächsten 50 bis 100 Jahre 0,3 bis 1,2 m erreichen.

## II) EMPFEHLUNGEN FÜR WIRTSCHAFTLICHES UND POLITISCHES HANDELN

...

### WEGE ZUR EMISSIONS-MINDERUNG VON SPURENGASEN

Die nötige Verminderung um beispielsweise 2 % pro Jahr beim Verbrauch von Kohle, Öl und Gas, d.h. Verminderung auf ein Drittel in 50 Jahren, wird sicher schwierig. Es ist zu bedenken, daß in dieser Zeit die Weltbevölkerung immer noch stark wachsen wird und die fossilen Brennstoffe jetzt noch fast 90 % des Energiebedarfs decken; der Rest ist Wasserkraft und Kernenergie. (Die großen Mengen an anderen Brennstoffen wie Brennholz und Dung, die in den Entwicklungsländern genutzt werden, sind in den Statistiken nicht erfaßt. Sie tragen außerdem, weil Teil des natürlichen Kreislaufes, nicht zum Anstieg des Kohlendioxidgehaltes bei).

Der Verbrauch fossiler Energieträger kann reduziert werden durch Verminderung des Bedarfs und durch vermehrte Nutzung nichtfossiler Energien. ...

- Verminderung des Bedarfs:
- z.B. durch bessere Wärmedämmung von beheizten Räumen und durch Reduktion des Treibstoffverbrauchs von Kraftfahrzeugen,
- durch Verbesserung des Wirkungsgrads bei der Umwandlung fossiler Brennstoffe zu Endenergie (Wärme, Strom, Treibstoffe) und bei deren Nutzung,
- durch verstärkten Einsatz von Fernwärme vor allem durch gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in Heizkraftwerken.
- Vermehrte Nutzung nichtfossiler Energien:
- Erneuerbare Energiequellen tragen in der Bundesrepublik Deutschland gegenwärtig durch Wasserkraft und etwas Brennholz mit 1,7 % zur Energieversorgung bei. Durch intensive Ausschöpfung aller Quellen (Wind Wasserkraft, Solarstrahlung, Biostoffe) könnte in wenigen Jahrzehnten eine Energiemenge in Höhe von mehr als 10 % des heutigen Bedarfs bereitgestellt werden.
- Kernenergie trägt gegenwärtig in der Bundesrepublik Deutschland mit 11 % zur Primärenergieversorgung bei. Sie wird derzeit fast nur zur Stromerzeugung eingesetzt, liefert aber im ersten Umwandlungsschritt Wärme und kann daher auch zur Erzeugung von Prozeßwärme und Fernwärme verwendet werden.

Die Vorräte an Kernbrennstoffen sind nach menschlichen Maßstäben unerschöpflich. Bei der Nutzung von Kernenergie muß das höchstmögliche Maß an Sicherheit nicht nur in der Bundesrepublik Deutschland, sondern weltweit angestrebt werden.

Ein Ersatz der Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffe durch in jeder Hinsicht weniger schädliche Stoffe als auch die Einschränkung des Einsatzes von Kunstdünger sollte keine unüberwindlichen Schwierigkeiten bereiten und ist daher uneingeschränkt zu fordern.

An weiteren vielleicht in Zukunft verfügbaren, großen Energiequellen sind zu nennen:

- Solarkraftwerke: Eine Gewinnung von Solarwärme in großem Umfang, dies bei Temperaturen von einigen Hundert °C, ist über lichtkonzentrierende Kollektoren in den sonnenscheinreichen Zonen der Erde erreichbar. Die Technologie von Solarkraftwerken wurde bislang nur im Megawattbereich erprobt. Ein wirtschaftlicher Betrieb wird erst für Anlagen von mindestens 100 Megawatt elektr. Leistung (entsprechen Kollektorflächen von mehreren Quadratkilometern) erwartet. Erst die Erfahrung mit Kraftwerken entsprechender Größe kann ihre Wirtschaftlichkeit erweisen.
- Photovoltaik-Solarkraftwerke: Eine direkte Umwandlung von Sonnenlicht in elektrischen Strom wird in Zukunft auch in größerem Umfang über Solarzellen möglich sein. Als Technologien werden heute u.a. kristalline und amorphe Siliziumzellen sowie Mehrschichtzellen aus diversen Halbleitermaterialien diskutiert.

In beiden Fällen könnte die elektrische Energie zur Speicherung für die dunklen Stunden durch Elektrolyse von Wasser zu Wasserstoff, einen relativ umweltfreundlichen Energieträger, umgewandelt werden (Wasserstoff verbrennt mit Sauerstoff zu Wasser).

- Kernfusion: Im Innern der Sonne wird Energie durch Kernfusion, vornehmlich durch die Verschmelzung von Wasserstoff zu Helium, freigesetzt und letztlich in Wärme umgewandelt. In verschiedenartigen Versuchsanlagen wird seit einigen Jahrzehnten darauf hingearbeitet, die Kernfusion zur friedlichen Energiefreisetzung zu nutzen. Selbst bei einer kurzfristigen Lösung aller noch ausstehenden Probleme einschließlich der Wirtschaftlichkeit könnten Fusionskraftwerke frühestens in etwa 50 Jahren gebaut werden. Die dabei zu erwartenden Schadensrisiken (bedingt z.B. durch den Umsatz großer Mengen des radioaktiven Kernbrennstoffs Tritium) sind heute im einzelnen noch nicht bekannt. ...

### ZUM SCHLUSS

Die von den Spurengasen bewirkten Klimaänderungen kündigen sich nicht spektakulär an, sondern treten im Verlauf von Jahrzehnten ganz allmählich in Erscheinung. Sind sie aber erst einmal deutlich sichtbar geworden, so ist keine Eindämmung mehr möglich.

Die Klimaänderungen sind - abgesehen von einem Krieg mit Kernwaffen - eine der größten Gefahren für die Menschheit, eng verknüpft mit

- der übermäßigen Ressourcen-Nutzung und Umwelt-Belastung, vor allem seitens der Industrie-Nationen
- und der Bevölkerungsexplosion der weniger entwickelten Nationen.

Die Klimaänderungen können nur eingedämmt werden, wenn weltweit alle Nationen bald alle die vielfältigen, immer einschränkenden Maßnahmen ergreifen, die zu einer rechtzeitigen, ausreichenden Minderung der Emission aller Spurengase insgesamt unumgänglich sind." ...

\* \* \*

### Was folgt(e)?

Nicht zuletzt durch den Aufruf "**Warnung vor drohenden weltweiten Klimaänderungen durch den Menschen**" angeregt, legte im Oktober 1990 die Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" ihren "Klima-Bericht" vor. Er bestätigte im wesentlichen die Fakten, die bereits in dem Aufruf genannt wurden: Die chemischen und biologischen Kreisläufe der Erde geraten ins Rutschen!

Im Dezember 1991 zieht Michael MÜLLER, Sprecher der SPD-Bundestagsfraktion in der Enquete-Kommission, sein ernüchterndes Fazit:

"So gut wie nichts ist geschehen!"

Er fordert: Endlich "Umweltpolitik zur Reformpolitik zu machen".

"... Die Energienachfrage verzeichnet 1991 wieder kräftige Wachstumsraten, die Zulassung von Autos sogar neue Rekordhöhen. Angesichts neuer Probleme läßt sich das Interesse an Umweltthemen nach, auch aus Resignation, oder weil eine gigantische Werbe- und Öffentlichkeitsarbeit den Eindruck wirksamer Gegenmaßnahmen zu vermitteln versteht. Die Gewöhnung an die alltägliche Naturzerstörung ist groß, denn sie vollzieht sich als gedehnte Katastrophe, längst nicht so zugespitzt wie die Gefahr, denn wenn alle Konsequenzen aus den globalen

Umweltzerstörungen real sind, bleibt nur noch die Anpassung an gründlich veränderte Lebensbedingungen.

Der überfällige Aufstand für die Natur wird nur dann zu erreichen sein, wenn die Anpassung an das endlose Verenden der Natur und das Folgenloswerden der Aufklärung durchbrochen wird. 'Basisinitiativen' bleiben dafür unverzichtbar, aber nur von begrenzter Wirkung, solange die Politik keine konkreten Utopien für den zukunftsverträglichen Umbau der Industriegesellschaft anbietet. ...

"Im Vertrauen auf die Vergeßlichkeit von Menschen praktizieren die FCKW-Hersteller noch während der letzten Jahre ihre Vernebelungspolitik. Obwohl beispielsweise das britische Umweltministerium ausdrücklich auf die 'seit 1984 bestehende Erkenntnis des kausalen Zusammenhangs zwischen Ozonzerstörung und FCKW' hingewiesen hatte, wiegelten die Herstellerfirmen immer wieder ab, nicht selten wider besseres Wissen. So hieß es

- im Januar 1987 beim britischen Chemiekonzern ICI: 'Die FCKW-Auswirkungen hängen vor allem von dem gewählten Zuwachsmo-  
dell ab. Ohne eine Erhöhung der FCKW-Emissionen gibt es auch keine Ozonveränderungen';
- im Mai 1987 beim US-Chemiegiganten DuPont: 'Wir glauben derzeit an keine (Ozon-)Krise, die eine gesetzliche Regelung erfordern würde';
- im März 1988 bei DuPont: 'Wissenschaftliche Erkenntnisse erfordern derzeit keine dramatischen Einschränkungen der FCKW-Emissionen';
- im September 1988 bei der britischen Chemiefirma ISC Chemicals UK: Die Aussage 'Es gibt ein sich ausweitendes Ozonloch über der Antarktis' sei reine Fiktion;
- noch im April 1990 bei ICI: 'Die FCKW-Auswirkungen auf die Ozonschicht sind überhaupt nicht leicht zu verstehen. Auch ist der kausale Zusammenhang noch nicht ganz geklärt'.

Den Hintergrund dieser industriellen Beschwichtigungskampagne in Europa und den USA erhellt eine EPA-Studie, wonach allein die amerikanischen FCKW-Hersteller in den 90er Jahren mit ihren Produkten einen Gewinn von 5,7 Milliarden Dollar erzielen würden.

Bis heute hinken auch die politischen Entscheidungen hinter den wissenschaftlich längst erkannten Erfordernissen hinterher."

Aus: Ozonfraß - Letzer Akt? In: Spiegel Nr. 7 vom 10.2.1992, S.211

Die Selbstverpflichtung versteht sich auch als ein Beitrag zur Remoralisierung der Politik. Damit hat sie bislang keinen Erfolg gehabt. Bis heute hat sich nichts an dem folgenlosen Ritual geändert, wenn sich die Regierungschefs auf internationalen Konferenzen versammeln, um den viel beschworenen 'Durchbruch' zu erreichen. Am Schluß dieser Zusammenkünfte steht eine dürre Verlautbarung, die nicht darüber hinwegtäuschen kann, daß wieder einmal nichts erreicht wurde.

Bereits heute wissen wir das Hundertfache dessen, was wir wissen müßten, um umzudenken und anders zu handeln. Was muß noch geschehen, damit endlich gehandelt wird? Gefangen in der Verfolgung ihrer Sachzwänge verkommt die Politik immer mehr zur Rhetorik, die ausgerechnet der Bundesumweltminister wie kaum ein anderer beherrscht, um im elektronischen Guckkasten den schlechten Eindruck einer schlechten Politik zu verwischen. Neil Postman hat diese desinformierende 'Als-ob-Politik' mit dem Showgeschäft verglichen: 'Wie im Showbusiness ist die Vorstellung von überragender Bedeutung. In erster Linie geht es darum, der Menge zu gefallen. Das wichtigste Werkzeug ist der Kunstgriff. Dann kommt es auch in der Politik nicht darauf an, Klarheit und Redlichkeit anzustreben, sondern darauf, den Eindruck zu erwecken, man täte es, aber das ist etwas völlig anderes.'

Die Verkümmern der Politik auf die Methode schlechter Unterhaltungsware verbindet sich mit der Verkürzung der Umweltpolitik auf ein nachträgliche Sanierung und ein effizientes Ökomanagement.

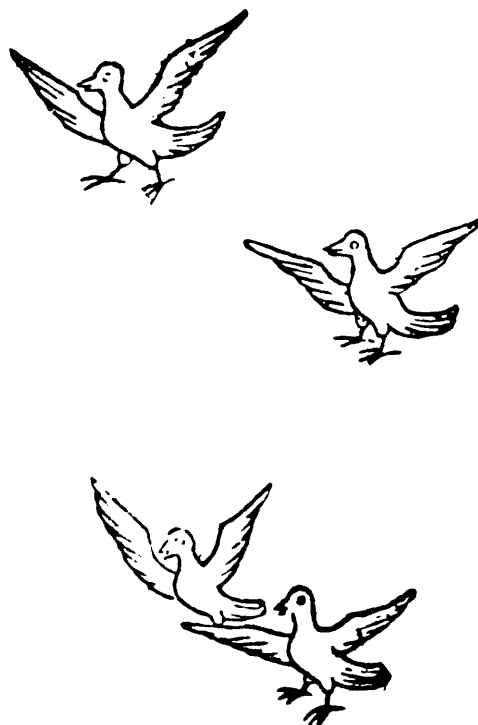
Beim Automobil ist das Zeitalter der technokratischen Kuren längst angebrochen: Ohne an den Kern der Sache, die intelligente Begrenzung von Motorkraft und Mobilität, zu gehen, werden Benzinverbrauch, Materialaufwand und Emissionen heruntergetrimmt und damit schnell die Grenzen der Öko-Technokratie erreicht. Denn die spezifischen Effizienzgewinne werden durch das ungebrochene Wachstum der Fahrzeuge, höhere Geschwindigkeiten und immer leistungsstärkere Motoren überkompensiert. Und solange das Diktat der Beschleunigung unsere Gesellschaft bestimmt, wird es bei der Fixierung auf das Tempomobil bleiben.

Seit der Veröffentlichung des Club of Rome über die 'Grenzen des Wachstums' wissen wir, daß die Abkehr von technisch-ökonomischen Allmachtsvorstellungen die Befolgung des ethischen Überlebensgrundsatzes vorausgesetzt, daß nicht alles, was ökonomisch und technisch machbar ist, auch verwirklicht werden darf. Doch die Weltgemeinschaft steuert geradewegs in die bedrohliche Alternative zwischen Überlebens-Technokratie oder Überlebens-Diktatur. Das Kernforschungszentrum Jülich bringt diesen Konflikt auf den Punkt: 'Wie stehen die Chancen für ein 'Regime zum Schutz der Atmosphäre'? ... Die politischen Risiken einer solchen Politik wären hoch, die erwünschten Ergebnisse keinesfalls selbstverständlich: Staaten wie China, aber auch Indien, potentielle Großmächte des 21. Jahrhunderts und auf die Nutzung fossiler Energien (insbesondere Kohlen) ausgerichtet, können von den Supermächten nicht ohne ein hohes Maß an Konfliktbereit-

schaft durch die 'Sanktionsspannen der Macht' zu durchgreifenden, sie wirtschaftlich schwer belastenden Vermeidungsmaßnahmen gedrängt werden.'

Nichts ist heute notwendiger als eine konkrete Theorie sozial-ökologischer Reformen. Dazu können weder Konservatismus noch Wirtschaftsliberalismus einen Beitrag leisten, sie haben keinen 'utopischen Überhang' zur Fortentwicklung der Gesellschaft hervorgebracht. Die ökologische Selbstverpflichtung ist auch ein Versuch, die Zukunftsfragen den Anpassungstechnokraten in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zu entreißen. Ökologische Politik ist keine Ergänzung einer ansonsten unveränderten Politik um mehr Umweltschutz, sondern die radikale Umgestaltung von Denkweisen und Strukturen. Mit der Einsicht, daß Umweltpolitik als Politik zur Reform der Gesellschaft konzipiert werden muß, kann eine Wende gelingen.

Für diese Aufgabe bietet sich ein Vergleich mit der Nachkriegszeit an: Auch der Sozialstaat, dem wir über lange Zeit die innere Stabilität unserer Gesellschaft verdanken, war mehr als der Ausbau der Sozialgesetzgebung. Er war ein politisches Prinzip zur Organisation und Interpretation der Gesellschaft. Heute muß die Sozialpflichtigkeit des Eigentums um die Naturpflichtigkeit des Eigentums ergänzt werden, um für eine nachhaltige Entwicklung soziale Verantwortung und Umweltverträglichkeit miteinander zu verbinden. Dazu muß die Machbarkeit ökologischer Politik konkret ausgetestet werden. Der Umbau der Energieversorgung als zentrales Feld im Spannungsverhältnis zwischen Ökonomie und Ökologie bietet sich hierfür an." (Müller 1991, S. 14)





## 6.4.11 Kernenergie und Schutz der Erdatmosphäre

- eine erste Einschätzung - \*)

1. Einleitung
2. Ozonschicht
3. Treibhauseffekt
4. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen
5. Die Kernenergie ist zu langsam
6. Die Kernenergie ist zu teuer
7. Die Kernenergie ist zu gefährlich
8. Die Alternativen zur Kernenergie für den Klimaschutz

### 1. Einleitung

Seit der Veröffentlichung des Memorandums der Deutschen Physikalischen Gesellschaft "Warnung vor der Klimakatastrophe" aus dem Jahre 1987, betreibt die Atomlobby eine Kampagne mit dem Ziel: der Ausbau der Kernenergie beseitigt die Klimakatastrophe.

Heute vertritt der Parlamentarische Staatssekretär Albert Probst aus dem Forschungsministerium in Werbeanzeigen von Kernenergiebefürwortern die These:

"Es gibt einen Weg, der drohenden Klimakatastrophe zu entkommen: Wir müssen die umweltfreundliche Kernenergie intensiver nutzen ...".

Das Vorstandsmitglied von Daimler-Benz, Heinz Dürr, behauptet in einem Interview in der ZEIT vom 09.11.1988:

"Denn wir haben zu wählen zwischen einer nach menschlichem Ermessen beherrschbaren Energieversorgung, nämlich der Kernenergie, und einer nicht mehr beherrschbaren, da global das gesamte Klima gefährdenden Energieversorgung durch fossile Brennstoffe. Die Wahl ist also zwischen einem Restrisiko und einem Hundert-Prozent-Risiko."

Richtig an diesen Aussagen ist nur: Die Befürchtung einer Weltklimakatastrophe ist begründet. Über die Ursachen besteht - so zuletzt die Weltklimakonferenz in Hamburg - Einigkeit unter den Experten. Falsch an den Aussagen von Probst und Dürr ist der Lösungsvorschlag.

Der weltweite Ausbau der Atomkraft

- wäre die größte ökologische Fehlinvestition der nächsten 30 Jahre;
- trüge von allen möglichen technischen Maßnahmen am wenigsten zum Klimaschutz bei;
- erhöhte die statistische Wahrscheinlichkeit einer Kernschmelze wie in Tschernobyl auf einmal alle 5 bis 7 Jahre.

Dieser Vorschlag ist deshalb ökonomisch unsinnig und ökologisch unververtretbar.

Ich will das begründen:

Unsere Erdatmosphäre wird - vereinfacht gesprochen - durch zwei Entwicklungen bedroht:

- Zerstörung der Ozonschicht,
- Zunahme des Treibhauseffektes.

### 2. Zerstörung der Ozonschicht

Seit einigen Jahren wachsen die Löcher in der Ozonschicht mit dramatischer Geschwindigkeit. Wesentliche Ursache hierfür sind die Emissionen von Fluorchlorkohlenwasserstoffen. Die FCKW müssen deshalb verboten und durch andere Stoffe ersetzt werden. Der weitere Ausbau der Kernenergie kann keinen Beitrag zur Lösung dieses Klimaproblems liefern.

### 3. Zunahme des Treibhauseffektes

Ich setze hier Ursachen und Wirkungen des Treibhauseffektes als bekannt voraus.

Um abschätzen zu können, wo überhaupt Kernenergie zum Klimaschutz beitragen könnte, muß man wissen:

Die wichtigsten Treibhausgase und ihr Anteil am Treibhauseffekt sind:

Kohlendioxid (50 %),

Methan (19 %),

Fluorchlorkohlenwasserstoffe (17 %),

\*) Von: Harald B. Schäfer. Vervielfältigtes Manuskript, Bonn, den 18.11.1988. Zitiert aus: StromDiskussion. Dokumente und Kommentare zur energiewirtschaftlichen und energiepolitischen Diskussion. (IZE, Postfach 700529, 6000 Frankfurt/M. 70)

troposphärisches Ozon (8 %),

Distickstoffoxid (4 %).

Seit Mitte des 18. Jahrhunderts ist der CO<sub>2</sub>-Gehalt weltweit um ca. 25 % gestiegen, die jährliche Zuwachsrate beträgt 0,4 %. Beim Methan (CH<sub>4</sub>) haben wir eine jährliche Zuwachsrate von 1,5 %. Die Hauptursache für die Methanemission (CH<sub>4</sub>) liegt im Reisbau und in der Massentierhaltung. Der höchste Konzentrationsanstieg ergibt sich bei den Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) mit zur Zeit 5 % pro Jahr. Die weltweite Produktion von FCKW liegt heute bei ca. 1 Million Tonnen, davon stammen ca. 120.000 Tonnen aus der Bundesrepublik. Die Verweildauer der FCKW in der Atmosphäre liegt bei 60 - 100 Jahren. Beim Distickstoff (N<sub>2</sub>O) haben wir einen jährlichen Anstieg von 0,25 % pro Jahr. Die Verweilzeit dieses Gases in der Atmosphäre beträgt 160 Jahre. Ihre Hauptverursacher liegen im zunehmenden Einsatz von Kunstdünger in der Landwirtschaft und in der Verbrennung von Biomasse. Beim Ozon (O<sub>3</sub>) stellen wir einen jährlichen Zuwachs von 0,5 % fest. Ozon entsteht aus Stickstoff-Sauerstoffverbindungen unter Einwirkung der Sonne, hier sind die Hauptverursacher: der Straßenverkehr, die Großfeuerungsanlagen, die Düngemittelproduktion und die chemische Industrie.

Die relative Klimawirksamkeit der verschiedenen Treibhausgase ist sehr unterschiedlich. Die Klimawirkung eines Moleküls der FCKW liegt ca. 15.000 mal höher als beim CO<sub>2</sub>-Molekül. Beim Distickstoffoxid ist die Klimawirkung eines Moleküls noch 150 mal höher als beim CO<sub>2</sub>-Molekül und bei Methan liegt die Wirkung eines Moleküls 32 Mal höher als beim vergleichbaren CO<sub>2</sub>-Molekül. Dies ist bei den o. g. Verursacheranteilen berücksichtigt.

Zum Treibhauseffekt tragen ferner bei: die Vernichtung und Verbrennung der tropischen Regenwälder. In den letzten 30 Jahren sind mehr als 50% aller Regenwälder der Erde vernichtet worden. Dadurch wird zusätzlich eine große Menge an CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> in die Atmosphäre gebracht.

Ich konzentriere mich auf zwei Verursacher des Treibhauseffektes:

- FCKW mit einem Anteil von 17 %,
- Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) mit einem Anteil von 50%.

Durch ein weltweites Verwendungsverbot von FCKW's kann innerhalb weniger Jahre der Treibhauseffekt um 17 % gemindert werden. Das ist technisch machbar und die wichtigste politische Sofortmaßnahme.

Da die Bundesrepublik mit 12 % an der Weltproduktion von FCKW's beteiligt ist, würde allein ein nationales Verbot den weltweiten Treibhauseffekt um ca. 2 % mindern.

Kommen wir zu den bisher bekannten Abschätzungen über die Kohlendioxid-Emissionen.

#### 4. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen

Der gesamte weltweite CO<sub>2</sub>-Ausstoß betrug 1986 ca. 20,5 Mrd t CO<sub>2</sub>, die Bundesrepublik ist an diesem CO<sub>2</sub>-Ausstoß mit ca. 4 % oder 743 Mio t beteiligt. 78 % des weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes entstammen aus der industrialisierten Welt Europas, Nordamerikas, Asiens und Australiens. 90 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen bei der Verbrennung und Umwandlung der fossilen Energierohstoffe: Steinkohle, Braunkohle, Erdgas und Erdöl.

H. J. Wagner und M. Walbeck aus der Kernforschungsanlage Jülich, haben 1987 (siehe Zusammenfassung der Daten in "Energiewirtschaftliche Tagesfragen", Heft 2, Februar 1988) folgende regionale und sektorale Abschätzungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegeben:

	Steinkohle	Braunkohle	Erdöl	Erdgas	Σ	%
Westeuropa (ohne Ostblockländer)	807	172	1704	473	3156	15,4
Nordamerika	1725	81	2852	1103	5761	28,0
Mittel-/Südamerika	83	—	705	151	939	4,6
Afrika	254	—	269	42	565	2,8
Naher Osten	48	—	394	76	518	2,6
Süd-/Ostasien/ Australien	875	117	1306	173	2471	12,0
Ostblockländer ohne China	1119	713	1410	1212	4454	21,6
China	2186	29	426	33	2674	13,0
	7097	1112	9066	3263	20538	100,0
	%	34,6	5,4	44,1	15,9	100

Tabelle 1: Jährlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß nach Energieträger und Ländergruppen 1985, in Mio. t CO<sub>2</sub> und in %

Hier wird deutlich: der Haupt-CO<sub>2</sub>-Emittent ist das Erdöl. Was erklärlich ist, da Erdöl der Hauptenergieträger der weltweiten Energieversorgung ist.

Für die Bundesrepublik schätzen Wagner und Walbeck:

	Stein- kohle	Braun- kohle	Erdöl	Erdgas	Σ	%
Konversion:						
Kraftwerke	109	116	10	23	258	34,7
Raffinerie, Hochofen, Übrige	69	—	9	—	78	10,4
Haushalte und Kleinverbraucher	13	6	122	39	180	24,2
Industrie	7	—	60	33	100	13,5
Verkehr:						
Pkw	—	—	86	—	86	11,6
Lkw/Bahn	—	—	28	—	28	3,8
Schifffahrt/Luft	—	—	13	—	13	1,8
	198	122	328	95	743	100
	%	26,7	16,4	44,1	12,8	100

Tabelle 2: Jährlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß nach Energieträger und Verursachergruppen – Mittelwerte 1980–85, in Mio. t CO<sub>2</sub> und in %

Bei Umrechnung auf denselben Heizwert betragen die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Tonne SKE:

Erdgas: 1,50 t CO<sub>2</sub>/t SKE

Erdöl: 2,30 t CO<sub>2</sub>/t SKE

Steinkohle: 2,68 t CO<sub>2</sub>/t SKE

Braunkohle: 3,25 t CO<sub>2</sub>/t SKE.

Der Vergleich macht deutlich, daß die Nutzung von Erdgas nur etwa gut die Hälfte des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes gegenüber der Nutzung von Kohle und Öl ausmacht. Das Erdgas hat aber unter Klimagesichtspunkten den Nachteil, daß bei nicht vollständiger Verbrennung Methan emittiert wird, das zum Treibhauseffekt beiträgt.

Die Nutzung von Kernenergie und erneuerbaren Energiequellen (außer Biomasseverbrennung) ist CO<sub>2</sub>-frei.

Ich komme zur Kernfrage:

Wo liegt und wie hoch ist das Substitutionspotential von fossilen Energien durch Kernenergie?

Die erste Feststellung lautet:

Im Verkehrssektor, der in der Bundesrepublik zu rund 17 % zur CO<sub>2</sub>-Emission beiträgt, könnte mit Atomstrom etwa eine CO<sub>2</sub>-Minderung von 1 % - bei voller Elektrifizierung der Bahn - des deutschen Anteils von 4 % erzielt werden. Das ist sehr, sehr wenig.

Die zweite Feststellung lautet:

Im Wärmemarkt ist Atomstrom einsetzbar, jedoch auf absehbare Zeit völlig unwirtschaftlich und deshalb keine Alternative.

Das hat Klaus Traube jüngst im SPIEGEL vom 14.11.1988 nachgewiesen:

- atomarer Wärmestrom kostet bei Neuinvestition etwa 30 Pf/kWh
- Heizöl kostet derzeit für die privaten Haushalte 3 Pf/kWh, für die Industrie 2 Pf/kWh.

Würden wir die derzeit im deutschen Wärmemarkt eingesetzten fossilen Energieträger durch Atomstrom ersetzen, schätzt Klaus Traube die jährlichen Mehrkosten auf 300 Mrd. DM.

Die dritte Feststellung lautet:

Wenn man fossile Energieträger durch Kernenergie ersetzen will, bleibt nur der eigentliche Strombereich zur Erzeugung von Licht und Kraft. Ein wichtiges Zwischenergebnis ist deshalb: Mit Kernenergie lassen sich niemals alle Kohlendioxid-Emissionen vermeiden.

Wir können deshalb nicht einmal theoretisch den 50 %igen Anteil des CO<sub>2</sub> am Treibhauseffekt mit Atomstrom substituieren, sondern höchstens etwa 21 %, denn das ist nach Wagner/Walbeck der CO<sub>2</sub>-Emissionsanteil, der durch die weltweite Stromerzeugung verursacht wird.

Die vierte Feststellung lautet:

Die Kernenergie kann in der Stromerzeugung aus Kostengründen und aus Gründen der technischen Sicherheit nicht zur Spitzenlastabdeckung eingesetzt werden. Deshalb kann sie nur maximal 70 % der Stromerzeugung - also die Grund- und Mittelast - abdecken. Beträgt der Anteil der Weltstromerzeugung an den Welt-CO<sub>2</sub>-Emissionen 21 %, so könnte die Kernenergie technisch maximal die gesamte Welt-CO<sub>2</sub>-Emissionen um 15 % und damit den Treibhauseffekt um allerhöchstens 7,5% mindern.

Zum Vergleich: Das weltweite Verbot von FCKW würde den Treibhauseffekt um 17 % mindern. Das läßt sich binnen zehn Jahren erreichen. Der maximal erreichbare Minderungseffekt durch einen Kernenergieausbau läge bei 7,5 %. Das läßt sich aber weder finanziell noch technisch erreichen.

Die fünfte Feststellung lautet:

wie es Prof. Wilfrid Bach, Mitglied der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Schutz der Erdatmosphäre" gesagt hat:

"Die Kernenergieausbaustrategie ist zu langsam, zu teuer und zu gefährlich."

### 5. Die Kernenergie ist zu langsam

1986 hatte Kernenergie einen Anteil von 16 % am Weltstromverbrauch von 10.030 Terawattstunden (TWh). Dazu wurden 274 Gigawatt Leistung eingesetzt.

Das Deutsche Atomforum, eine Institution zur Förderung der Kernenergie, rechnet in seiner Stellungnahme von September 1988 "Die Rolle der Kernenergie im Kontext der weltweiten Energieversorgung" als Obergrenze des weltweiten Kernenergieausbaus für das Jahr 2000 mit einer Kernenergieleistung von 440 Gigawatt. Mit dieser Leistung könnten dann im Jahre 2000 bei einem gestiegenen Weltstromverbrauch auf 13.000 TWh, statt bisher 16 %, nunmehr 19 % aus Kernenergie gedeckt werden.

Bezogen auf den weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 20,5 Mrd. t pro Jahr könnten, selbst nach der optimistischen Aussage der Atomlobby, die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch einen Zubau von Atomkraft bis zum Jahr 2000 nur um 2,3 % (470 Mio t CO<sub>2</sub>) zusätzlich gemindert werden. Der gesamte Treibhauseffekt würde sich um 1,15 % vermindern.

### 6. Die Kernenergie ist zu teuer

Der vom Atomforum geschätzte Zubau von 120 Kernkraftwerken weltweit bis zum Jahr 2000 wird - bei 5 Mrd. DM pro 1.300 Megawatt-Kraftwerk (260 Mio DM pro 1 Megawatt Atomstrom) 600 Milliarden DM kosten.

Wenn wir - wie oben dargestellt - den technisch weltweit möglichen Anteil der Atomkraft an der Stromversorgung erreichen wollen, könnten wir den Treibhauseffekt maximal um 7,5 % vermindern.

Zeitlich und technisch läßt sich eine solche Strategie - wenn überhaupt - nur bis zum Jahr 2020 verwirklichen.

Bis dahin müßte sich die Struktur der Stromversorgung wesentlich verändert haben.

Ich gehe von folgenden Annahmen aus:

Neben der Kernenergie gibt es in der Stromerzeugung nur die Wasserkraft und die erneuerbaren Energiequellen, die CO<sub>2</sub>-freie Energieträger sind. Nehmen wir an, die Wasserkraft kann weltweit ihren heutigen Anteil von 22 % an der Stromversorgung bis zum Jahre 2020 halten, da es noch unausgeschöpfte Potentiale, vor allem in der Dritten Welt, gibt. Nehmen wir an, die erneuerbaren Energiequellen, wie die Solarenergie und Windenergie, schaffen einen Anteil an der Stromversorgung bis zum Jahre 2020 von 8 %.

Unter diesen Annahmen werden 30 % des Weltstromverbrauchs im Jahre 2020 durch CO<sub>2</sub>-freie nicht-nukleare Energieträger gedeckt. Die restlichen 70 % des Strombedarfs können aus zwingenden technischen Gründen nur zu 70 % durch Kernenergie gedeckt werden. Es verbleibt bis zum Jahre 2020 ein maximal-technisch mögliches Potential der Kernenergie an der Weltstromversorgung von ca. 50 %.

Schreibt man die weltweite Wachstumsrate des Stromverbrauchs von knapp 2 % bis zum Jahre 2020 fort, so besteht für das Jahr 2020 ein Strombedarf von ca. 18.000 TWh, davon könnte die Kernenergie maximal 9.800 TWh decken. Pro Jahr müßten weltweit 50 Kernkraftwerke mit jährlichen Kosten von 250 Mrd. DM zugebaut werden. Insgesamt benötigte die Welt 8.000 Mrd. DM für diese Ausbaustrategie an Atomkraft.

Zugespitzt gesagt: Man benötigt einen Finanzaufwand von weltweit 8.000 Mrd. DM, um, durch eine Substitutions-Strategie Kernenergieausbau, den Treibhauseffekt bis zum Jahr 2020 um ganze 7,5 % zu mindern. Es ist offensichtlich, daß dies schon ökonomisch sinnlos ist.

### 7. Die Kernenergie ist zu gefährlich - Das Risiko der Kernenergie

Bei einer einzigen Kernkraftkatastrophe muß durch die Freisetzung von Teilen des radioaktiven Materials mit Tausenden von Toten und mit kaum abschätzbaren gesundheitlichen Risiken und Schäden für Hunderttausende von Menschen gerechnet werden. In Tschernobyl wurde nur ein kleiner Teil - weit unter 10 Prozent - des radioaktiven Inventars freigesetzt. Das Ausmaß der Folgen hätte noch erheblich größer sein können. Tschernobyl war die letzte Warnung. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit einer Katastrophe sehr klein sein mag, kann der Schaden bei der Kernenergie unermesslich groß sein. Die großflächige radioaktive Strahlenbelastung, der sich niemand entziehen kann und die ganze Kontinente überzieht, ist nach Tscherno-

byl keine abstrakte Risikoabschätzung mehr, sondern für unzählige Menschen lebensbedrohende Wirklichkeit geworden.

Mit jedem neuen Kernkraftwerk wächst das Risiko eines Unfalls. Wenn ich die konservativen Risikostudien als Maßstab nehme, muß bei dem hier angenommenen massiven Kernenergieausbau, der dann im Jahre 2020 bei ca. 1.600 Kernkraftwerken läge, statistisch alle 5 bis 7 Jahre mit einer Katastrophe wie in Tschernobyl gerechnet werden. Dies sind Wahrscheinlichkeiten auf Grund von abstrakten Sicherheitsstudien. Eine Katastrophe kann aber morgen passieren.

Die Katastrophe von Tschernobyl hat bisher 22 Mrd. DM gekostet. Nach Schätzungen aus der Sowjetunion können sich die Folgekosten auf 66 - 88 Mrd. DM summieren.

#### - Das weltweite Entsorgungsproblem

Wir müssen heute schon bei einem nationalen Ausbau der Kernenergie auf 24 Gigawatt Kernkraftwerkskapazität ca. 200.000 m<sup>3</sup> radioaktive Abfälle entsorgen. Wenn wir von den jetzigen Abfallmengen in der Bundesrepublik ausgehen, so stellt sich weltweit folgendes Problem: Bis zum Jahre 2000 wird bei 440 Gigawatt Kernkraftleistung weltweit ein Atommüllberg von 3,6 Mio m<sup>3</sup> entstanden sein. Dieses entspricht einem Güterzug mit 16.000 Güterwaggons mit einer Länge von 320 km. Der Zug würde bis zum Jahre 2020 weit über 1.000 km lang sein und für diesen Zug gäbe es kein sicheres Endlager. In der Bundesrepublik wird ein Endlager in tiefen Salzformationen untersucht und frühestens im Jahre 2010 werden wir, wenn alles gut geht, ein Endlager haben. Dies setzt die Eignung von Gorleben voraus. Diese Eignung ist aber umstrittener denn je zuvor.

#### - Das weltweite Proliferationsproblem

Die zivile Nutzung der Kernenergie eröffnet die Möglichkeit zum Bau der Atombombe. Wenn wir die technisch-maximale Kernenergiekapazität ausbauen wollen, müssen wir bei der hier angenommenen Entwicklung davon ausgehen, daß weit über 20 Staaten und einige Terroristengruppen in der Lage wären, die Atombombe zu bauen. Skrupellose Geschäftsmacher, dies hat der Untersuchungsausschuß zum Hanauer Atomskandal bewiesen, haben keine Hemmungen, diese gefährliche Technik an jeden weiter zu geben, der dafür hohe Preise zahlt.

#### Ich fasse zusammen:

Jeder, der den Ausbau der Kernenergie zur Lösung des Klimaproblems anbietet, unterschlägt, daß dies nicht finanzierbar, mit untragbaren Risiken belastet ist und zur Verminderung des Treibhauseffektes nur marginal beitragen kann.

Weder Albert Probst noch Heinz Dürr werden die Kernenergie mit dem Verweis auf die drohende Klimakatastrophe wieder hoffähig machen können.

Diese neue Kampagne für die Kernenergie ist ein gigantischer und unverantwortlicher Wiederbelebungsversuch einer sterbenden Technik.

#### 8. Die Alternativen zur Kernenergie für den Klimaschutz

Es gibt jedoch politisch verantwortbare, technisch interessante und auch finanzierbare Wege aus der Gefahr der Klimakatastrophe.

An erster Stelle steht ein neuer weltweiter Anlauf zur rationellen und sparsamen Energieverwendung. Alle Studien und Berichte, wie beispielsweise der "Brundtland-Report" und auch der Zwischenbericht der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Zum Schutz der Erdatmosphäre" kommen zu dem Ergebnis, daß uns nur eine Politik der sparsamen und rationellen Energieverwendung die "Luft" verschafft, die wir benötigen, um den Schutz der Erdatmosphäre wirksam zu verbessern.

Im übrigen rechnet sich die Verbesserung der Energieeffizienz.

Das World Watch Institute hat 1988 berechnet, daß infolge der weltweiten Erhöhung des Nutzungsgrades der Energie von 20 bis 30 % zwischen 1973 und 1985 heute allein in den Industrienationen ein Wert von jährlich 250 Mrd. US-Dollar = 425 Mrd. DM, an Öl, Gas, Kohle und Kernenergie ersetzt wird.

Bei den heutigen weltweiten Aufwendungen für Energie von etwa 2.500 Mrd. DM werden Energiekosten von 17 % jährlich vermieden.

Durch die seit 1985 um 70 % gefallenen Weltenergiepreise ist die Fortsetzung der rationellen Energienutzung aber ins Stocken geraten.

Die SPD hat deshalb vorgeschlagen, den Energieverbrauch massiv zu besteuern, um die ökologi-

sche Umorientierung der Energieversorgung drastisch zu beschleunigen. Ich schätze, daß für eine ökologisch wirksame Energiesteuer die Energiepreise von derzeit 2 % auf etwa 4 % des BSP - das liegt noch unter dem Wert von 1984 mit 6 % des BSP - steigen müssen.

Wir wollen das Aufkommen an die Energieverbraucher zur Entlastung bei Lohn-, Einkommens- und Unternehmenssteuern grundsätzlich zurückgeben, damit wieder verstärkt in Energieeinsparung und rationelle Energieverwendung investiert wird.

Diese Maßnahmen sind nicht nur risikolos, sondern auch wesentlich kostengünstiger als der Ausbau der Kernenergie.

Ich stelle hier die These auf:

Investitionen in die Energieeffizienz in den Industrieländern sind dreimal wirksamer für den Klimaschutz als der Ausbau der Kernenergie.

Wir hatten festgestellt, der Ausbau der Kernenergie kostet weltweit bis zum Jahr 2000 600 Mrd. DM und bringt 2,3 % CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung.

Die Gegenrechnung lautet für die westeuropäischen Industrieländer:

- Heute muß der Verbraucher durchschnittlich etwa 250 DM pro Tonne SKE für fossile Energien bezahlen.
- Demgegenüber schätze ich den Aufwand zur Einsparung einer Tonne SKE auf etwa 800 DM.
- Dadurch würden etwa 2 Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden, d. h. zur Vermeidung einer Tonne CO<sub>2</sub>-Emissionen brauchen wir 400 DM.
- Wenn wir von 20,5 Mrd. Tonnen jährlicher CO<sub>2</sub>-Emissionen 2,3 % vermeiden wollen, müssen wir rund 470 Mio t CO<sub>2</sub>-Emissionen vermeiden.
- Das würde bei 400 DM pro Tonne 188 Mrd. DM - also knapp 190 Mrd. DM kosten. Das ist ein Drittel des Aufwandes für einen Ausbau der Kernenergie von 600 Mrd. DM.
- Dies ist technisch ohne weiteres bis zum Jahr 2000 erreichbar, denn um die CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung zu erreichen, müßten die Industrieländer ihren fossilen Energieverbrauch nur zwischen 7 und 10 % bis zum Jahr 2000 verringern.

Dies ist noch eine erste vorsichtige Schätzung, die ich nach Gesprächen mit Energieexperten wage. Sie muß noch näher durch wissenschaftliche Untersuchungen abgesichert werden.

Studien für die USA haben ermittelt, daß die Wirksamkeit von Investitionen im Bereich der sparsamen und rationellen Energieverwendung, die siebenfache Wirkung für die Substitution von CO<sub>2</sub> entwickelt, als wenn sie in den Ausbau der Kernenergie ginge.

Die absoluten Einsparpotentiale liegen vor allem in Nordamerika und im Ostblock noch wesentlich höher. Der Pro-Kopf-Verbrauch in Nordamerika lag 1985 bei 11.300 kg/SKE, in der UdSSR bei 7.150 kg/SKE, in Westeuropa bei 5.390 kg/SKE. Zum Vergleich: In den Entwicklungsländern lag der Pro-Kopf-Verbrauch 1985 bei 690 kg/SKE.

Auch diese Zahlen machen deutlich, wo hauptsächlich anzusetzen ist, wenn wir die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den nächsten 30 Jahren entscheidend reduzieren wollen. Wir müssen weltweit eine Strategie entwickeln, Investitionskapital in die rationelle und sparsame Energieverwendung zu stecken. Sie ist der beste Klimaschutz.

Auch die Förderung und Entwicklung für die erneuerbaren Energiequellen müssen weltweit verstärkt vorangetrieben werden. Es geht dabei vor allem um drei Bereiche:

- Solarenergie - Photovoltaik
- Windenergie
- Wasserkraft.

Die Sonnenenergie ist mit weitem Abstand die größte Energiequelle, die wir haben.

"Würde man langfristig wenige Prozent der Landfläche der Erde, d. h. einige Millionen km<sup>2</sup> für eine Energieumwandlung der Solarstrahlung... und zusätzlich einen Teil des technisch nutzbaren Potentials der Wasser- und Windkraft nutzen, so ließe sich das Zwei- bis Dreifache des heutigen globalen Primärenergiebedarfs mit regenerativen Energien decken", so lautet die Abschätzung im Zwischenbericht der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Zum Schutz der Erdatmosphäre".

Der Kapitalaufwand zur Nutzung dieses Potentials ist noch sehr groß. Aber schon heute sind Windenergieanlagen beispielsweise in den USA sowie Wasserkraftwerke wirtschaftlich nutzbar. Die Photovoltaik steht in Einzelanwendungen an der Schwelle der Wirtschaftlichkeit. Was fehlt, ist die breite Marktanwendung.

Eine Investitionssumme von 30 Mrd. DM im nächsten Jahrzehnt - das entspricht in etwa der Fördersumme für die Kernenergie in der Bundesrepublik - würde die Ausschöpfung der vorhandenen Potentiale an erneuerbaren Energiequellen wesentlich verbessern.

- Die Kapitalinvestitionen in umweltfreundliche Kohletechnologien, bei denen sich wesentlich höhere Wirkungsgrade erzielen lassen, sind ebenfalls unter CO<sub>2</sub>-Minderungsgesichtspunkten günstiger zu bewerten als weitere Investitionen in den massiven Ausbau der Kernenergie. Heute liegen die Wirkungsgrade bei modernen Kohlekraftwerken bei ca. 38 %. Dieser Wirkungsgrad läßt sich in sogenannten Kombiprozessen auf maximal bis zu 55 % erhöhen. Das CO<sub>2</sub>-Minderungspotential liegt dabei zwischen 5 - 10 % vor allem deshalb, da die Brennstoffmengen, die zum Einsatz kommen, bei gleicher Leistung erheblich reduziert werden.

Außerhalb des Energiebereichs ergeben sich zur Minderung des Treibhauseffektes Strategien, die ich hier nur erwähnen möchte, die aber sehr wichtige Beiträge zur Lösung des Treibhauseffektes leisten können:

- der Umbau des Verkehrssektors,
- das Verbot des Einsatzes von Fluorchlorkohlenwasserstoffen,
- die Veränderung der Entwicklungspolitik,
- die Veränderung der landwirtschaftlichen Produktion.

Die Maßnahmen in diesen Bereichen können alle einen größeren, schneller wirkenden, gefahrloseren Beitrag zur Lösung des Klimaproblems leisten als der Ausbau der Kernenergie.

## Thesen zur Kernenergie und zum Schutz der Erdatmosphäre

1. Seit der Veröffentlichung des Memorandums der Deutschen Physikalischen Gesellschaft "Warnung vor der Klimakatastrophe" aus dem Jahre 1987 betreibt die Atomlobby eine Kampagne mit dem Ziel: der Ausbau der Kernenergie beseitigt die Klimakatastrophe.

### 2. *Meine These ist dagegen:*

Ein weltweiter Ausbau der Atomkraft:

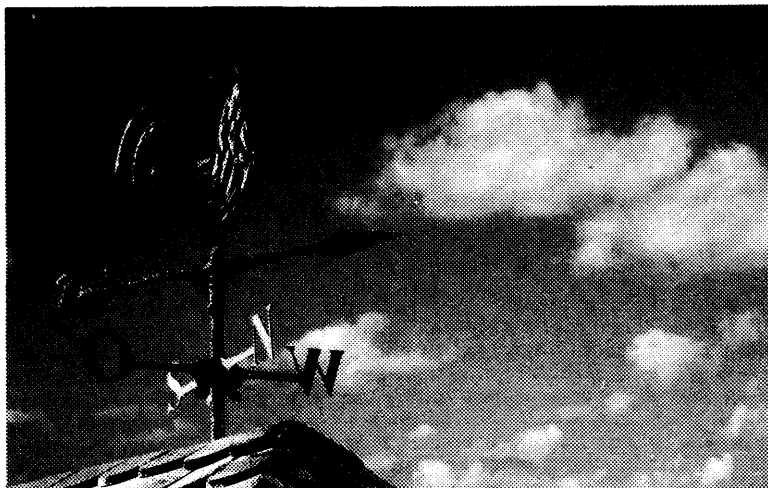
- trüge von allen möglichen technischen Maßnahmen am wenigsten zum Klimaschutz bei,
- wäre die größte ökologische Fehlinvestition der nächsten 30 Jahre,
- erhöhte die statistische Wahrscheinlichkeit eines Reaktorunfalls wie in Tschernobyl auf einmal alle 5 - 7 Jahre.

3. Um eine Minderung des Treibhauseffektes von ca. 1 % zu erreichen, müßten weltweit bis zum Jahr 2000 120 Kernkraftwerke zugebaut werden, was 600 Mrd. DM kosten würde.
4. Das technisch maximal erreichbare Minderungspotential durch den Ausbau der Kernenergie liegt etwa bei 7,5 %. Dazu wären 8.000 Mrd. DM nach heutigen Preisen zu bezahlen.
5. Demgegenüber könnte der Treibhauseffekt durch ein weltweites Verbot von FCKW bis zum Jahr 2000 bereits um 17 % gemildert werden.
6. Eine gezielte Strategie zur rationellen und sparsamen Verwendung fossiler Energien ist dreimal so wirksam für den Klimaschutz wie der Ausbau der Kernenergie.
7. Weitere Klimaschutzmaßnahmen lassen sich über den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien erreichen.

6.4.12 Treibhaus.

Anzeige in der Frankfurter Rundschau vom 11.5.92

# Wir ersparen der Umwelt 140 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>. Jährlich.



**Auf der ganzen Welt wächst die Sorge um den Zustand unserer Erde. Manche Wissenschaftler sagen Klima-Katastrophen voraus. Sie befürchten, daß es auf unserem Globus immer wärmer wird. Eine Folge des Treibhauseffektes, der unter anderem durch Kohlendioxid verursacht wird.**

**Wir alle sind aufgerufen, unseren Beitrag zur Verminderung dieser Gefahr zu leisten.**

**Auch die deutschen Stromversorger leisten ihren Beitrag, indem sie den Ausstoß von CO<sub>2</sub> durch sparsamen Umgang mit den Energiequellen mindern. Zum Beispiel erzeugen wir heute doppelt soviel Strom aus der gleichen Menge Kohle wie Anfang der fünfziger Jahre. Darüber hinaus schonen wir die Umwelt und Rohstoffe, indem wir mehr als ein Drittel des deutschen Stroms aus Uran herstellen. Ohne die bei der Verbrennung von Kohle, Öl und Gas entstehenden Schadstoff-Emissionen. Allein dadurch wird jährlich die Freisetzung von rund 140 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> vermieden.**

**Unsere Kernkraftwerke gehören zu den umweltschonendsten Anlagen zur Stromherstellung. Und für ihre Sicherheit wird heute mehr getan als in jedem anderen Industriezweig. Ohne Kernkraft müßten wir uns um die Zukunft der Erde gewiß größere Sorgen machen.**

**Ihre Stromversorger**

## C O U P O N

Ich bin an ausführlichen Informationen zum Thema Kernenergie interessiert. Senden Sie mir bitte kostenlos das Buch „Kernenergie: Fragen und Antworten“ von Jürgen Seidel. Info-Service STROM, Postfach 19 26 20 19, 5308 Rheinbach.

Name \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_

PLZ/Ort \_\_\_\_\_





### 6.4.13 Auch Atomkraft erzeugt CO<sub>2</sub>

Wenn man einem Atomkraft-Lobbyisten die Vorteile des Solarstroms erläutert, fragt er zurecht nach den vor- und nachgelagerten Problemen dieser Technologie. Beispielsweise will er den Energieaufwand und die Emissionen bei der Herstellung der Solarzellen mitberücksichtigt wissen, wenn er schon zugeben muß, daß die solare Stromerzeugung schadstofffrei erfolgt. Doch wenn es um die Atomkraft geht, interessiert ein solch umfassender Denkansatz meist nicht mehr. Noch immer lassen sich viele gutgläubige Mitmenschen vormachen, daß die Elektroheizung die sauberste Heizung sei - und verursachen so ein Vielfaches der bei anderen Heizsystemen entstehenden Schadstoffe. Nur eben ein paar Kilometer weiter draußen, nämlich im Kohlekraftwerk.

Um den Bewußtseins-Horizont zu einem globalen Denken etwas zu weiten, wurde vom Öko-Institut ein Computerprogramm entwickelt, das die gesamten Emissionen von der Primärenergiegewinnung bis hin zur Nutzenergie berücksichtigt. Dieses, aus Mitteln des Hessischen Ministers für Wirtschaft und Technik geförderte Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS) bezieht alle im Zusammenhang mit der Bereitstellung von Wärme und Elektrizität wesentlichen Elemente mit ein, also auch den Materialaufwand zur Herstellung von Energieanlagen. ●●●

Für die Einordnung der Ergebnisse ist zu beachten, daß ausschließlich Neuanlagen untersucht wurden. Weiterhin sind nicht nur die Energiesysteme betrachtet worden, die Brennstoffe umsetzen (Heizungen, Kraftwerke etc.), sondern auch alle relevanten Anlagen, die zur Bereitstellung dieser Brennstoffe dienen (z.B. Bergwerke, Öltanker, Gaspipelines). Die Anlagen, die "vor" der eigentlichen Energienutzung stehen, werden unter dem Begriff vorgelagerte Prozeßkette zusammengefaßt, wobei diese bis zur Primärenergiegewinnung reicht. Auch Anlagen, die im Ausland betrieben werden, sind berücksichtigt, was leider immer noch nicht selbstverständlich ist.

Eine wichtige Fragestellung im GEMIS-Projekt war, wie Strombereitstellungssysteme unter Emissionsgesichtspunkten zu beurteilen sind, wobei auch regenerative Energieträger sowie Heizkraftwerke (HKW) einbezogen wurden. Die Einbeziehung der Heizkraftwerke ist deshalb wichtig, da hier die bei der Stromerzeugung anfallende Abwärme über ein Nah- oder Fernwärmenetz zur Beheizung genutzt wird. Man nennt diese Kombination gleichzeitiger Wärme- und Stromerzeugung Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Während die gewöhnlichen Atom- und Kohlekraftwerke nur bescheidene 30 bis 35 Prozent Primärenergienutzungsgrad erreichen, kommt ein KWK-System auf über 80 Prozent!

Bei den HKW interessiert die Emissionsbilanz unter stromseitigem Blickwinkel:

- Das GEMIS-Programm rechnet zunächst die gesamten Emissionen des Kraft-Wärme-Kopplungs-Systems der Stromerzeugung zu und
- schreibt für die bereitgestellte Wärme die ersparten Emissionen eines Heizsystems (Ölheizung) gut, denn diese Heizsysteme würden stillgelegt, wenn die Wärmeversorgung durch die KWK als Fern- oder Nahwärme erfolgt!

Gas-KWK-Systeme erzielen demnach (bei Grundlastbetrieb) geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen als Atomstrom! Dabei muß für die Stromerzeugung aus Atomkraftwerken beachtet werden, daß für die vorgelagerten Emissionen bei der Uran-Anreicherung mit den Emissionen des deutschen Grundlast-Kraftwerksparks gerechnet wurde. Würden die vorgelagerten Emissionen für amerikanische oder sowjetische Bedingungen betrachtet, wären die Emissionen höher, für Frankreich ergäben sich geringere Werte.

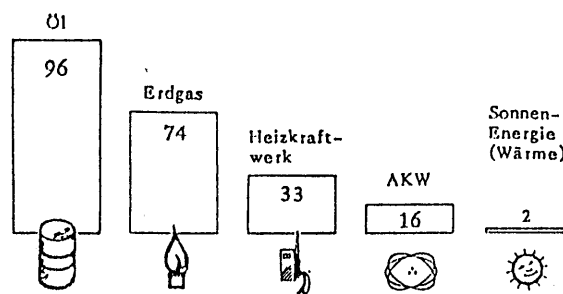
Beachtlich sind auch die niedrigen Emissionen der Stromsysteme mit regenerativen Energien, die um rund eine Größenordnung unter Atomstrom bzw. zwei Größenordnungen unter fossilen Nicht-KWK-Stromsystemen liegen. Schließlich bleibt festzustellen, daß die umweltfreundlichste Energieoption in der "Einspar"-Energie besteht: Die mit der Herstellung von Einsparteknik verbundenen Emissionen sind noch geringer als die bei erneuerbaren Energien. Das heißt, die Produktion eines Windkraftwerks zur Raumheizung gegenüber der Wärmedämmung ist mit höheren Emissionen verbunden, wenn man den selben Nutzen - warme Wohnung - zugrundelegt.

Fazit: Umfassend betrachtet ist die Stromerzeugung aus Atomkraftwerken mit größeren CO<sub>2</sub>- und SO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden als diejenige aus Erdgas-Kraft-Wärme-Kopplung oder aus regenerativen Energiequellen.

Uwe Fritsche, Öko-Institut  
Redaktion Werner Rathgeb

### Stromerzeugung ist das größte Übel

CO<sub>2</sub>-Emissionen von verschiedenen Energienutzungs-Systemen



(t CO<sub>2</sub>/TJ\*)

\*Nutzenergie in TJ; TJ = 10<sup>11</sup> Joule

## Schadstoffbilanzen von Stromsystemen

(für 100 MWh Strombereitstellung frei Netz)

System		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Staub	CO <sub>2</sub>
		- Kilogramm -			
Braunkohle-Kraftwerk	Standort	64	84	10,5	115.600
	Global	0	0	0	0
	Material	1	1	0,1	500
	Total	65	85	10,6	116.100
Steinkohle-Kraftwerk	Standort	68	61	8,5	89.500
	Global	6	7	0,6	2.700
	Material	1	3	0,2	700
	Total	75	71	9,3	92.900
Atomkraftwerk	Standort	0	0	0	0
	Global	2	10	0,6	4.900
	Material	1	3	0,2	500
	Total	3	13	0,8	5.400
Steinkohle-Heizkraftwerk, Entnahme-Kond. <sup>1</sup>	s	77	70	9,7	101.600
	g	-55	-37	-1,1	-55.200
	m	-3	-5	-0,5	-2.700
	t	19	28	8,1	43.700
Erdgas-Gasturbine Heizkraftwerk	s	0	91	4,6	60.400
	g	-62	-34	-1,6	-55.200
	m	-2	-3	-0,3	-2.000
	t	-64	54	2,7	3.200
Erdgas-Gasmotor, Blockheizkraftwerk <sup>1</sup>	s	0	75	1,9	66.400
	g	-74	-42	-2	-66.500
	m	-2	-3	-0,3	-2.100
	t	-76	30	-0,4	-2.200
Solarzelle	s	0	0	0	0
	g	0	0	0	0
	m	3	3	0,5	3.000
	t	3	3	0,5	3.000
kleines Wind- kraftwerk	s	0	0	0	0
	g	0	0	0	0
	m	1	3	0,2	1.100
	t	1	3	0,2	1.100
kleines Lauf- wasserkraftwerk	s	0	0	0	0
	g	0	0	0	0
	m	1	1	0,1	200
	t	1	1	0,1	200

**1 = Strombezogene Nettoemission  
(Wärmegutschrift über Öl-Heizung)**

**s = Standort, bei der Endenergienutzung**

**g = global, alle vorgelagerten Stufen, incl. Stromgutschrift**

**m = Material, anteilige Emissionen durch die Herstellung**

**t = total, Summe der vorgenannten Komponenten**

**Aus: GLOBUS-Begleitheft 9/89 zur Sendung vom 12.11.1989**

## 6.4.14 Klima-Gefahren und kein Ende ...

### Vögel zieht es nicht mehr weg

Klimawechsel verändert genetisch festgelegtes Wanderverhalten

... "Die Artenvielfalt der heimischen Vogelwelt nimmt langsam ab. Die Ornithologen stellen einen Schwund bei den Zugvögeln fest. Ein Großversuch der Vogelwarte Radolfzell am Bodensee des Max-Planck-Instituts für Verhaltensphysiologie hat ergeben, daß durch eine Erwärmung des Klimas die Zahl der Standvögel zunehmen wird. Typische Teilzieher, die in milden Wintern gar nicht oder nur wenig ziehen, wie Amseln, Rotkehlchen, Stare, Feldlerchen oder Singdrosseln werden sich zu Standvögeln entwickeln.

Die Wissenschaftler fanden heraus, daß sich das erblich festgelegte Wanderverhalten der Singvögel innerhalb von nur drei bis sechs Generationen vollständig ändern kann. Eine derart rasche Änderung einer genetisch gesteuerten Verhaltensweise sei bislang an freilebenden Wirbeltieren noch nie beobachtet worden, teilte die Max-Planck-Gesellschaft am Dienstag in München mit. Für derart große Schritte der Mikroevolution seien bei Wirbeltieren

bislang Zeitspannen von Jahrhunderten oder mindestens mehreren Jahrzehnten angenommen worden.

Milde Winter begünstigen die 'Sitzbleiber' unter den Teilziehern. Sie besetzen im Frühjahr, ehe die Zugvögel zurückkommen, die besten Territorien und beginnen früher mit dem Brüten. Durch diesen 'Heimvorteil' vermehren sich die Standvögel stärker als die Zugvögel. Bei den Meisen hat sich im letzten Jahr eine explosionsartige Vermehrung ergeben, aus Osteuropa fand eine regelrechte 'Blaumeisen-Invasion' statt.

Der Ornithologe Peter Berthold von der Vogelwarte Radolfzell sieht in diesen Veränderungen Anzeichen dafür, daß für die Vögel die Klimaänderung bereits begonnen hat. Noch gebe es keinen sicheren Beleg dafür, dennoch sei unter den Weistrecken-Zugvögeln ein erheblicher Rückgang zu verzeichnen."

(Aus: Frankfurter Rundschau vom 14.03.1990, S. 1)

# Klimaveränderung nicht zu stoppen

Forscher: Selbst bei konstantem FCKW-Ausstoß Folgen unvermeidlich

BONN, 10. März (dpa). Selbst wenn es gelänge, den Anteil von Umweltgiften wie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) in der Atmosphäre konstant zu halten, muß nach Ansicht internationaler Experten mit Klimaveränderungen gerechnet werden. Von diesen Veränderungen erwarten Wissenschaftler vor allem Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und die Küstenregionen. Nach einer zweitägigen Anhörung in Bonn forderte am Dienstag Wolfgang Seiler, Sachverständiger der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ im Bundestag, nicht nur über die Verringerung der Schadstoffe nachzudenken, sondern „schon jetzt Anpassungsstrategien zu entwickeln“.

Auch wenn es in diesem Winter noch nicht zu dem befürchteten Ozonloch über Europa gekommen sei, sei der sofortige Ausstieg aus der FCKW-Produktion „dringend erforderlich“, betonte Klaus Lippold (CDU), der Vorsitzende der Kommission. Es sei sehr wahrscheinlich, daß sich in den kommenden Jahren der bisher beobachtete Abbau der Ozonschicht

verstärken werde. Als „wissenschaftlich unhaltbar“ bezeichnete Lippold Presseberichte, die das Gefahrenpotential der FCKW in Frage stellten.

Als Indiz für eine drohende Klimaveränderung werteten die Wissenschaftler Lippold zufolge die Zunahme großer Naturkatastrophen. Ihre Zahl sei seit den 80er Jahren um das Vierfache gestiegen. Bei einer Erwärmung der Erde würde die Schneegrenze in den Bergen um 170 Meter pro Grad Celsius steigen. Die Folge wären nach Ansicht der Experten Hochwasser im Winter und geringe Wasserführung in den Sommermonaten. Daraus seien Probleme für die Binnenschifffahrt und die Energiewirtschaft zu erwarten, aber auch eine Veränderung des Grundwasserspiegels und eine Verschlechterung der Trinkwasserqualität. Da die Gebirgsgletscher bisher Gesteinsmassen festhielten, seien in den Bergen außerdem Steinschlag und Erdbeben in großer Zahl zu befürchten.

Noch sei es schwierig, die regionalen Auswirkungen einer Klimaveränderung

genau zu bestimmen, sagte Monika Gansforth (SPD). Allerdings habe auch der bisherige Wissensstand verdeutlicht, daß es „nur Verlierer“ geben werde. Für die Bundesrepublik bedeute dies, daß etwa die Insel Sylt kaum zu retten und die Wattzonen sehr gefährdet seien. Weltweit würden beim Anstieg des Meeresspiegels um einen Meter nach bisherigen Schätzungen Deichbaukosten in Höhe von 500 Milliarden Dollar anfallen. Für zahlreiche Regionen, etwa Bangladesch, wäre selbst durch technische Maßnahmen kein Schutz vor Überschwemmungen zu erreichen. Als Folge befürchtet die Kommission „Ströme von Umweltflüchtlingen“.

Aus: Frankfurter Rundschau vom 11.3.1992, S. 28