



Das Weltklima gerät aus den Fugen

Ein »Ozonloch« über der Antarktis, drei globale Wärme-Rekorde im letzten Jahrzehnt, das Plankton der Meere als erste Lebensform betroffen - so lauten die Alarmmeldungen der Klimaforscher. Kommt es zum »Ozon-Drama«, zum Wärmestau auf der Erde? Ein US-Forscherteam brach zu Messungen am Südpol auf.

10.08.1986, 13.00 Uhr • aus **DER SPIEGEL 33/1986**



Überraschend war die Katastrophe nicht gekommen. Wissenschaftler hatten beizeiten gewarnt, Umweltschützer unermüdlich demonstriert. Schließlich hatten sogar die Politiker den Ernst der Lage erkannt - zu spät: Das Desaster, der weltweite Klima-GAU, war nicht mehr aufzuhalten.

Jetzt, im Sommer 2040, ragen die Wolkenkratzer New Yorks weit vor der Küste wie Riffs aus der See. Überflutet, vom Meer verschluckt, sind längst auch Hamburg und Hongkong, London, Kairo, Kopenhagen und Rom.

Das Vereinigte Königreich Großbritannien ist in einen Archipel zerfallen, in dem England, Schottland und Wales voneinander getrennte Inseln bilden. In Irland haben die steigenden Fluten des Atlantik die Nordprovinzen eingeschlossen; eine Meerenge trennt sie vom Südtteil der Insel.

An den Küsten aller Kontinente drängt sich das Meer in die Mündungstrichter der großen Ströme. Wo Nil und Ganges, Rhein und Amazonas in die See fließen, sind mächtige Buchten entstanden, die tief ins Binnenland reichen. Wertvolle Acker- und Weideflächen sind dabei für immer verlorengegangen.

Seit die Eiskappen an den beiden Erdpolen immer rascher abschmelzen, hat die See ganze Länder verschlungen. Dänemark, die Niederlande, Belgien und Bangladesch existieren nicht mehr. Überspült wurden weite Küstenregionen der USA, aber auch Chinas und Nordeuropas.

In den gemäßigten Breiten der nördlichen Hemisphäre, etwa in Kanada und Mitteleuropa, ist das Klima milder geworden. Bei subtropischer Witterung, langen und schwülen Sommerperioden, gedeihen im Alpenvorland Palmen, Pinien und Zypressen. Weiter südlich dagegen, rings um das Mittelmeer, herrscht eine ähnlich mörderische Dürre wie einst in der afrikanischen Sahelzone; alle Vegetation verdorrt, die Brunnen versiegen, und vielerorts breiten sich Wüsten aus.

Gewandelt hat sich aber auch das Klima in den Tropen; dort ist die Hitze noch drückender geworden. Der Tropengürtel mit seiner wuchernden Fauna wird

breiter; Löwen, Tiger und Elefanten trotten weiter nach Norden - turbulenten Zonen entgegen.

Immer häufiger toben in den subtropischen Breiten Stürme von früher unbekannter Wucht, begleitet von sintflutartigen Regenfällen. Die sturmgepeitschten Sturzfluten verwüsten Wälder und Ernten und legen immer aufs neue die Schifffahrt lahm.

Nirgendwo bläst der Wind mehr aus den seit Menschengedenken gewohnten Richtungen. In Asien bleibt der Monsunregen aus; Azoren-Hoch und Island-Tief, einst Westeuropas regierende Wettergötter, haben abgedankt.

Für die mehr als neun Milliarden Erdbewohner hat ein erbarmungsloser Kampf ums Überleben begonnen. Fast täglich flammen in den Krisenregionen lokale Kriege auf. Gekämpft wird um Trinkwasser-Reservoirs, um die letzten noch intakten Seehäfen oder um ein paar Quadratkilometer Ackerland.

Aus dem Lot ist schließlich auch die alte westöstliche Machtbalance. Die Sowjet-Union, lange Weltmacht Nummer zwei, ist beim globalen Klimawandel glimpflich davongekommen. Zwar hat auch sie, im Norden und in der Südukraine, viel Ackerland ans Meer verloren; doch in Sibirien sind ihr neue, riesige Anbauflächen zugewachsen, fruchtbarer, vormals im Dauerfrost erstarrter Boden, der nun aufgetaut ist und bewirtschaftet wird.

Dagegen sind in den USA die früher ertragreichsten Landstriche ausgetrocknet und zur Steppe geworden. Die Wirtschaft der seither darbenden Supermacht stagniert. Rund 16 Millionen US-Bürger mußten aus den Küstenstaaten ins Landesinnere umgesiedelt werden. Jetzt rüsten die Falken in der US-Regierung zum letzten Gefecht mit dem Sowjetreich, das mühelos, nur vom Klima begünstigt, Amerika überflügelt hat.

Alles nur Hirngespinnste, Ausgeburten einer schwarzen Phantasie? Vielleicht - doch was sich liest wie ein Drehbuch des Science-fiction-Filmers Stanley Kubrick, ist, Punkt für Punkt, Ergebnis wissenschaftlich fundierter Spekulationen: So gründlich derangiert, wie von planetarischen Fieberanfällen geschüttelt könnte die Welt schon in wenigen Jahrzehnten aussehen - falls die düsteren Prognosen der Klimaforscher Wirklichkeit werden.

Daß die Durchschnittstemperatur auf der Erde demnächst gefährlich steigen wird, ist für die Experten inzwischen kaum mehr umstritten. »Ein globaler Temperaturanstieg«, erklärte vorletzten Monat der Nasa-Meteorologe Robert Watson, sei »unausweichlich«; der Wärmeschub werde »die klimatischen Verhältnisse signifikant beeinflussen«.

Ungewiß bleiben vorerst noch »Ausmaß und Tempo« (Watson) der zu erwartenden Erwärmung; von diesen beiden Faktoren hängt es ab, ob die weltweite Hitzewelle nur mittlere Schäden anrichten wird oder ob sie in eine verheerende Klimakatastrophe führt. Die Forscher-Voraussagen, lange Zeit vieldeutig, klingen neuerdings eher pessimistisch.

Weitgehend einig sind sich die Fachleute über die Ursachen des schleichenden Klimawandels: In der Stratosphäre, 15 bis 50 Kilometer über der Erdoberfläche, steigt seit langem stetig die Konzentration von sogenannten Spurengasen, die wie ein Thermostat die Temperatur in den tieferen, erdnahen Schichten der Atmosphäre regulieren.

Der zarte Gasschleier, bestehend aus Kohlendioxid (CO₂), dazu aus kleineren Anteilen anderer Substanzen wie etwa Ozon, Methan oder Stickstoffdioxid, wirkt auf zweifache Weise als Strahlenfilter: Er läßt die von der Sonne kommenden, kurzwelligeren Lichtstrahlen passieren, hält aber die von der Erde reflektierten, langwelligeren Wärmestraahlen zurück - es kommt, wie unter einem gläsernen Treibhausdach, in Erdnähe zu einem Wärmestau (siehe Graphik Seite 126).

Daß der im Grunde wohltätige Treibhauseffekt, der irdisches Leben überhaupt erst möglich macht, vielleicht schon bald zur Plage wird, ist der Tatkraft des Homo sapiens zuzuschreiben. Seit mehr als 150 Jahren stinken die Industriegesellschaften zum Himmel. Rund 180 Milliarden Tonnen CO₂ wurden seit anno 1800 beim Verheizen fossiler Brennstoffe in die Luft gepustet; bis hinauf in die Stratosphäre herrscht inzwischen dicke Luft.

Doch mit den möglichen Folgen für das Erdklima hatten sich die Wissenschaftler bis vor etwa 15 Jahren kaum ernsthaft beschäftigt. Mit klimatischen Reaktionen, glaubten sie noch vor kurzem, sei frühestens gegen Ende des nächsten Jahrhunderts zu rechnen - Zeit genug, um etwa auftretende Komplikationen zu meistern.

Inzwischen aber ist die Ruhe der Klimaforscher dahin wie der Schnee vom letzten Jahr. Der Klimaschock, so fürchten sie aufgrund ihrer neuesten Untersuchungsergebnisse, werde wahrscheinlich schon früher kommen und die Menschheit härter treffen als bislang angenommen. Seither schlagen die Gelehrten Alarm:

► Vor einer »weltweiten Klimakatastrophe« warnte Anfang dieses Jahres der »Arbeitskreis Energie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft« in einer Stellungnahme, die den aktuellen Forschungsstand zusammenfaßt. Wenn die Emission der »wärmeisolierenden Spurengase« nicht »ab sofort« drastisch verringert werde, so die Physiker, komme es »vermutlich schon in ein bis zwei Jahrzehnten« zu gravierenden Klimaveränderungen mit gefährlichen Folgen für die Erdbevölkerung.

► Es gebe »nunmehr zwingende Hinweise, daß sich die Zusammensetzung der Atmosphäre in globalem Maßstab ändere«, heißt es in einer unlängst erschienenen 2000-Seiten-Studie der Nasa. Bedrohlich, notieren die Verfasser, sei die Erkenntnis, daß der durch CO₂ erzeugte klimatische Heizeffekt durch andere, bislang weniger beachtete Spurengase noch erheblich verstärkt werde. »Wir sind«, so die Nasa-Forscher, »tief besorgt über einen Umweltwandel in dieser Größenordnung.«

► Mit Sorge registrieren die Wissenschaftler auch den fortschreitenden Abbau der Ozonschicht in der oberen Stratosphäre, die gefährliche Komponenten des Sonnenlichts weitgehend ausfiltert. Der Ozonverlust, ebenfalls verursacht durch industriell erzeugte Treibhaus-Gase, signalisiert ein weiteres Risiko: Durch die zusätzlich eindringende Sonnenstrahlung können Lebensvorgänge auf der Erde empfindlich gestört werden.

Auf einer Tagung, Ende Juni in San Diego, haben Experten das Ozon-Problem aus aktuellem Anlaß diskutiert: Seit längerem klafft, jeweils im arktischen Frühling, vor allem im September und Oktober, ein riesiges Loch im Ozonschild über dem Südpol, das von Jahr zu Jahr größer wird (siehe Graphik Seite 129). 1985 erreichte er die Ausdehnung etwa des nordamerikanischen Kontinents.

Gegenwärtig ist ein 13köpfiges US-Forscherteam, ausgerüstet mit 33 Meßballons, unterwegs zur amerikanischen Forschungsstation McMurdo Sound in der Antarktis, um zu untersuchen, wie fadenscheinig der Ozon-Schleier schon geworden ist.

»Vermutlich eine Kombination« mehrerer Einflußgrößen sei für den beängstigenden Ozon-Abbau verantwortlich, erklärte letzte Woche Professor Karin Labitzke, Leiterin der Abteilung Stratosphärenforschung am Berliner FU-Institut für Meteorologie. Die Forscherin hält es für »sehr wahrscheinlich«, daß auch die großen Vulkanausbrüche - Mount St. Helens (1980) in den USA und El Chichon (1982) in Mexiko - mit einem enormen Transport von Schwebstoffen in die Stratosphäre an der Entstehung des Ozonloches beteiligt sind.

Modellrechnungen von Chemikern führten zu dem Resultat, die Ozonschicht der Erde werde in den nächsten hundert Jahren um etwa die Hälfte reduziert. Von einem möglichen »Ozon-Drama« schrieb die Zeitschrift »Bild der Wissenschaft«. Schlimmstenfalls könnte die blasse Oktober-Sonne, wenn der Ozonfilter wegfiel, die Hautkrebsrate drastisch in die Höhe treiben - und mittlerweile sind solche Hiobsbotschaften der Klimaforscher auch bei den Politikern angekommen.

Vor dem Umweltausschuß des US-Senats trugen Fachleute vorletzten Monat alarmierende Berichte zur Lage vor - der Ausschußvorsitzende, Senator John H. Chafee, war beeindruckt: Es bestehe, resümierte er, »die sehr reale Möglichkeit, daß der Mensch, durch Ignoranz oder Gleichgültigkeit, die Fähigkeit der Atmosphäre, Leben zu erhalten, ein für allemal beeinträchtigt«.

Auf dem Senats-Hearing in Washington hatten die Klimaforscher dramatische Töne angeschlagen: »Im frühen 21. Jahrhundert«, erklärte etwa James E. Hansen vom Goddard Space Flight Center der Nasa, werde »die globale Temperatur höher liegen als irgendwann in den letzten 100000 Jahren«.

»Das Klima der Erde«, so auch das Resümee des jüngsten, Ende Juli erschienenen Reports aus dem Worldwatch Institute in Washington, »wird sich vermutlich in den nächsten 50 Jahren stärker ändern als in dem gesamten Zeitraum seit Beginn des Ackerbaus.«

Den »bedeutsamsten Klima- und Temperaturwandel« gar, »seit der Mensch auf diesem Planeten erschienen ist«, prophezeite für Anfang des nächsten Jahrhunderts Andrew Maguire vom World Resources Institute in Washington - eine Prognose, die nur für Laien übertrieben klingt.

Denn sicher ist: Die Durchschnittstemperatur auf Erden - gegenwärtig bei 15 Grad Celsius - hat sich Äonen hindurch als äußerst stabil erwiesen. Andererseits haben schon geringe Abweichungen das Erdklima allemal von Grund auf verändert.

So war es während der wärmsten Klima-Epoche innerhalb der letzten 700000 Jahre, im »Eem-Interglazial«, im globalen Durchschnitt nur 2 bis 2,5 Grad wärmer als jetzt, ein nur scheinbar kleiner Unterschied: In Europa herrschte ein Klima wie in Afrika. Durch die Wälder Südinglands etwa stampften Elefanten, Flußpferde planschten in der Themse, und am Ufer lümmelten sich Löwen - ihre Gebeine wurden bei Tiefbauarbeiten am Londoner Trafalgar Square ausgegraben.

Auskünfte über die Temperaturen früherer Erdzeitalter beschaffen sich die Forscher in der Antarktis: Sie zogen lange Bohrkern aus dem Packeis und

analysierten die dann eingeschlossenen, »historischen« Sauerstoff-Isotopen - eingefrorene Luftpartikel, die ihre Struktur in Jahrtausenden nicht verändert haben. An einer 2,1 Kilometer langen Eissäule, die sowjetische Fachleute 1985 zutage förderten, ließ sich die Temperaturentwicklung der letzten 150000 Jahre exakt ermitteln.

Die Eisproben verrieten den Experten aber auch den CO₂-Gehalt in der Atmosphäre archaischer Erdperioden; er schwankte stets im gleichen Rhythmus wie die globalen Temperaturwerte: Während der Eiszeiten war die CO₂-Konzentration jedesmal auf ein Minimum gesunken; mit dem Beginn der Warmzeiten stieg sie allmählich wieder an.

Auch gegenwärtig herrscht auf Erden eine Warmzeit, die schon seit etwa zehn Jahrtausenden anhält. Doch der kräftige CO₂-Aufwärtstrend, der sie kennzeichnet, ist nicht länger naturgegeben, sondern Menschenwerk. Um 25 Prozent ist die Kohlendioxid-Konzentration in den letzten 200 Jahren gestiegen, Folge vor allem der Verbrennung von Kohle, Erdöl, Erdgas und Benzin. Tendenz weiter steigend: Die Zunahmegeschwindigkeit des Treibhauseffektes ist in diesem Jahrhundert drei- bis zehnmal so hoch wie im 19. Jahrhundert.

Über mögliche Klima-Effekte der Luftverpestung hatte schon um 1900 der schwedische Forscher Svante Arrhenius nachgedacht. Bei einem Anstieg des CO₂-Gehalts auf das Doppelte der damals gemessenen Werte, so kalkulierte Arrhenius, müsse die Durchschnittstemperatur auf der Erde um vier bis sechs Grad Celsius steigen - ein bis heute unwiderlegtes Rechenexempel.

Gleichwohl waren die Untersuchungen des Schweden erst einmal in Vergessenheit geraten. Noch Ende der sechziger Jahre war in der Fachwelt von einem Wärmetrend keine Rede - im Gegenteil: Es sei, meinten viele Klimaforscher, in Kürze mit einer »neuen Eiszeit« zu rechnen.

Amerikas Geheimdienst CIA, wieder mal auf dem falschen Dampfer, ließ sogar noch 1974 im Einklang mit »führenden Klimatologen« wissen, »daß die Welt einen Abkühlungstrend durchmacht«.

Doch da hatte sich das Blatt schon gewendet. Überall hatten die Wissenschaftler inzwischen damit begonnen, das Ausmaß der Umweltbelastung durch Emissionen genauer zu ermitteln und die Auswirkungen auf das Erdklima in Computer-Modellen zu simulieren. Seitdem häufen sich die Indizien, die dafür sprechen, daß sich über dem Planeten ein unheilvolles Hitzeklima zusammenbraut.

Schneller als zuvor gedacht, so zeigte sich, steigt in der Atmosphäre die CO₂-Konzentration; allein seit 1960 hat sie noch einmal um rund acht Prozent zugenommen. Schuld daran ist aber nicht nur der verschwenderische Einsatz fossiler Brennstoffe; auch die Vernichtung der tropischen Regenwälder trägt dazu bei - und das gleich auf doppelte Weise.

Rund 160000 Quadratkilometer Urwald werden in den Tropen jährlich brandgerodet, eine Fläche, doppelt so groß wie Österreich. An die 50 Prozent der vor 30 Jahren in Asien und Südamerika noch existierenden Regenwälder sind mittlerweile in Rauch aufgegangen - ein gigantischer CO₂-Schub.

Doch was womöglich noch verhängnisvoller ist: Die mit den üppigen Tropenwäldern untergegangene »Biomasse« fällt seither als »CO₂-Senke« aus - als

eine Art organischer Luftfilter, der riesige Kohlendioxid-Mengen durch Photosynthese an sich bindet. Ein großer Teil der Schwaden, die einst von den Urwäldern verschluckt wurden, wandert nach Ansicht der Forscher nun in die Stratosphäre und heizt den Treibhauseffekt dort weiter an.

Allerdings: Den Löwenanteil jener CO₂-Portionen, die aus der Luft herausgefiltert werden, nehmen die Weltmeere auf. Sie enthalten 50mal soviel Kohlenstoff wie die Erdatmosphäre. Etwa zwei Milliarden Tonnen CO₂ versinken pro Jahr im Ozean, ein enormes Quantum, doch nicht genug, um die irdische Kohlendioxid-Bilanz auszugleichen.

Denn fast sechs Milliarden Tonnen CO₂, dreimal mehr als die See bewältigen kann, werden jährlich allein beim Verheizen fossiler Brennstoffe in die Atmosphäre geblasen, bei einer jährlichen Zuwachsrate von zwei bis drei Prozent. Wenn die CO₂-Freisetzung aus Schloten und Auspuffrohren nicht bald scharf gedrosselt werde, meinen die Forscher, sei das Fassungsvermögen der Ozeane wohl in absehbarer Zeit erschöpft. Dann, fürchten sie, dürfte der Treibhauseffekt dramatisch ansteigen.

Inzwischen haben die Wissenschaftler erkannt, daß sie den klimatischen Heizeffekt der übrigen Treibhaus-Gase erheblich unterschätzt hatten. Zu den tückischen Substanzen, deren Rolle in der Chemie der Atmosphäre erst zum Teil erforscht ist, gehören unter anderem:

- ▶ bromhaltige Gaspartikel, die beispielsweise in Feuerlöschern enthalten sind;
- ▶ Stickstoffoxide, die durch den weltweiten Einsatz von Kunstdünger oder aus den Triebwerken Kerosin verbrennender Düsenflugzeuge massenhaft in die Luft gelangen;
- ▶ Methan, dessen Konzentration in der Atmosphäre jährlich um etwa ein Prozent zunimmt und das beim Brandroden von Wäldern und Savannen freigesetzt wird, über asiatischen Reisfeldern aufsteigt und schließlich dem Darmtrakt von 1,3 Milliarden Rindern (Welt-Rinderbestand) entweicht;
- ▶ chlorierte Kohlenwasserstoffe, zu denen auch die Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffe zählen, die als Treibgas in Spraydosen, aber auch als Kühlmittel in Eisschränken oder den Klimaanlage von Autos verwendet werden.

Als möglicherweise gefährliche Klima-Schädlinge waren zuerst die Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffe (CFK) in Verdacht geraten, bekannt auch unter den Markennamen »Freon 11« und »Freon 12«. Chemiker der Autofirma General Motors, auf der Suche nach nicht brennbaren und ungiftigen Kühlmitteln, hatten die Substanz 1928 synthetisiert und damit einen kommerziellen Volltreffer erzielt.

Sehr schnell erwiesen sich die »Freon«-Zwillinge als vielseitig verwendbar. Nachdem sie erst als universelles Kühlmittel, danach als Treibgas für Haarspray, Insektizide oder Putzmittel gedient hatten, wurden sie seit Mitte der fünfziger Jahre auch noch zum Aufschäumen von Kunststoffen benutzt, so zum Beispiel bei der Herstellung von Schalensitzen und Polyurethan-Polstern in Automobilen oder Flugzeugen.

Zwei Chemiker an der Universität von Kalifornien, Sherwood Rowland und Mario Molina, stellten sich 1972 die zunächst rein akademische Frage, wohin die bis dahin schon verbrauchten CFK-Mengen - einige Millionen Tonnen - wohl

entwichen sein könnten. Nach ersten Analysen stand die Antwort fest: Die chemisch außerordentlich stabilen, kaum wasserlöslichen und daher durch Regen aus der Luft nicht zu entfernenden CFK-Partikel waren in die Stratosphäre gelangt.

Unbehelligt, ohne sich unterwegs mit anderen Stoffen zu verbinden, steigen die Gasmoleküle in der irdischen Lufthülle immer höher, durchdringen auch die 50 Minusgrade kalte »Tropopause«, die normalerweise die Stratosphäre vor emporgewirbelten Schwebstoffen schützt, und geraten schließlich in großer Höhe unter den Beschuß harter Sonnenstrahlung.

Damit kommt eine für das irdische Leben bedrohliche Reaktion in Gang: Chlor-Atome werden freigesetzt, die sodann das dreiatomige Ozon (O₃) zu gewöhnlichem zweiatomigen Sauerstoff (O₂) reduzieren. Rowland und Molina, die diese Erkenntnisse 1974 in der Fachzeitschrift »Nature« veröffentlichten, wiesen darauf hin, daß der Abbau von Ozon in der Stratosphäre beim Menschen die Hautkrebsrate steigern und Störungen im Prozeß der pflanzlichen Eiweißbildung auslösen könne.

Auch vor möglichen Folgen für das Weltklima warnten die beiden Wissenschaftler. Weil die verdünnte Ozonschicht mehr Sonnenlicht durchlasse, meinten sie, werde die Erdoberfläche stärker erwärmt, ein Befund, den andere Forscher bald darauf präzisierten: »Schon ein Prozent weniger Ozon«, so errechnete ein Experte an der Universität von Michigan, »bedeutet zwei Prozent mehr ultraviolettes Licht, das die Erdoberfläche erreicht.«

Inzwischen weiß man: Das Plankton der Meere und bestimmte Fischlarven wären als erste Lebensformen betroffen; Organismen, die sich in bis zu einem Meter Wassertiefe aufhalten, so letzten Monat das britische Fachblatt »New Scientist«, wären »der Änderung der Lichtqualität am empfindlichsten ausgesetzt«.

Die Studien der Ozonforscher erregten schon Mitte der siebziger Jahre beträchtliches Aufsehen. Ein Kongreßausschuß in Washington beschäftigte sich mit dem Thema, und die amerikanische Akademie der Wissenschaften legte einen Bericht vor, der die Warnungen für berechtigt erklärte, was dazu führte, daß »Freon« als Treibgas für Sprayflaschen 1978 in den USA verboten wurde.

Seither wehren sich die CFK-Hersteller erbittert gegen weitere Produktionsverbote. Der Chemie-Multi Du Pont, Amerikas größter CFK-Produzent, bestritt energisch die Zuverlässigkeit der von Rowland und Molina vorgelegten Untersuchungen: »Trotz höchst aufwendiger Analysen«, behauptete ein Firmensprecher, sei »ein Ozon-Rückgang niemals entdeckt worden«. Doch während die CFK-Emissionen mit einer jährlichen Wachstumsrate von drei bis fünf Prozent weiter anstiegen, wurde die Beweislast gegen die »Freon«-Gase immer drückender. So meldeten die Nasa-Wettersatelliten Nimbus 4 und Nimbus 7 zwischen 1970 und 1979 einen Ozonverlust von mehreren Prozent speziell aus jenen Stratosphäre-Schichten, in denen die höchste CFK-Konzentration vermutet wird.

Zu ähnlichen Ergebnissen kam 1982 ein Meßballon, der - bespöttelt als »größtes Jo-Jo der Welt« - an einer Leine 40 Kilometer hoch aufgestiegen war und dabei, immer wieder auf und ab schwebend, alle Etagen der Stratosphäre inspiziert hatte.

1983 registrierten die Klimaforscher überall auf der nördlichen Hemisphäre den stärksten jemals gemessenen Ozonschwund; das Minus betrug, je nach Lage der

Meßstation, zwischen fünf und acht Prozent.

Im März 1985 schließlich entdeckten britische Wissenschaftler das ominöse Loch im Ozonschild über der Antarktis - Grund genug auch für westdeutsche Politiker, sich zu Wort zu melden. Letzten Monat verlangten der Bund für Umwelt und Naturschutz (BUND) und Georg Gallus, Parlamentarischer Staatssekretär im Bundeslandwirtschaftsministerium, ein Verbot von Fluorkohlenwasserstoffen als Treibmittel in Spraydosen auch in der Bundesrepublik.

In den Augen der meisten Experten gilt das Ozonloch als ein Menetekel, das vom Näherrücken des Unheils kündigt. Davon zeugen, mehr und mehr, auch die Computer-Berechnungen der Klimaforscher. Neueste, schockierende Ergebnisse zeigen, daß die wärmeisolierende Wirkung von Spurengasen wie CFK, Stickoxid oder Methan weitaus größer ist, als die Fachleute angenommen hatten; so entwickelt ein CFK-Molekül einen 10000mal höheren Klima-Heizeffekt als ein CO₂-Molekül.

Innerhalb der nächsten Jahre, so haben die Wissenschaftler errechnet, werden die aggressiven Gas-Partikel zur Erwärmung der Erdatmosphäre ebensoviel beitragen wie das Kohlendioxid - was einer Verdoppelung der Treibhauswirkung gleichkommt.

Was ein derart vehementer Anstieg für den Planeten zu bedeuten hätte, glauben die Fachleute gleichfalls zu wissen: In Erdnähe würde die Durchschnittstemperatur schon in wenigen Jahrzehnten um zwei bis vier Grad Celsius steigen. So stark und in so kurzer Zeit, konstatieren die Wissenschaftler, sei die Atmosphäre nie zuvor in der Klimageschichte aufgeheizt worden.

Vorerst, meint der amerikanische Ozeanograph Roger Revelle, bleibe ziemlich ungewiß, wie das »gigantische geophysikalische Experiment« ausgehen werde, das die Menschheit leichtsinnig begonnen habe. Experten in aller Welt arbeiten inzwischen an verbesserten Computer-Modellen, mit denen sie die klimatischen Folgen des Temperaturanstiegs vorhersagen wollen.

Immer deutlicher zeigt sich, daß das Weltklima einem höchst empfindlichen Organismus gleicht, der auf Außenreize mit schier endlosen Reaktionsketten antwortet. Nicht selten verheddern sich die Computer im weitverzweigten Dickicht der Entscheidungsmöglichkeiten.

Beispiel: Was passiert, wenn sich der Ozean unter der Treibhausglocke immer mehr erwärmt? Er wird sich, nach physikalischen Gesetzen, in eine dickere Wolkendecke hüllen. Wird der Wasserdampf nun wie ein zweites Treibhausdach wirken, den Ozean also noch stärker aufheizen? Oder wird die Wolkenschicht, Schatten spendend, das Meer wieder abkühlen? Die Antwort weiß bislang nur der Wind.

Doch trotz der Mängel, die das Weltklima-Modell noch aufweist, zweifelt kein Forscher mehr an der Treibhaustheorie - auch wenn der laut Berechnung schon seit Jahren überfällige Temperaturanstieg von einem Grad Celsius immer noch nicht nachgewiesen wurde.

Ein Zuwachs in dieser Größenordnung, erklären die Fachleute, gehe bedauerlicherweise im statistischen »Hintergrundrauschen« unter, soll heißen: Die

jährlichen Temperaturunterschiede, die leicht um den säkularen Normwert schwanken, sind vorerst größer als der Treibhauseffekt.

Kein Grund, sich beruhigt zurückzulehnen: Ein von Fehlerquellen bereinigter globaler Temperaturvergleich für die zurückliegenden 130 Jahre, von britischen Forschern vorletzte Woche in dem Fachblatt »Nature« publiziert, konstatiert »rapide Erwärmung« seit Mitte der siebziger Jahre: die wärmsten drei Jahre des gesamten Berichtszeitraums fielen ins letzte Jahrzehnt.

Gehört auch die Dürre, die Amerikas Farmer von Alabama bis Pennsylvania gegenwärtig heimsucht, in diese Meßreihe? Die extreme Trockenperiode im Süden der USA, die schwerste seit den dreißiger Jahren, ist schon die vierte innerhalb von sieben Jahren: annähernd 15 Prozent Ernteeinbußen sind zu erwarten, im Gegenwert von zwei Milliarden Dollar, wie Ende Juli US-Landwirtschaftsbeamte mitteilten.

Ein langfristiger Temperaturanstieg könnte sich allerdings auch mit Verzögerung einstellen. So könnte der Ausbruch des mexikanischen Vulkans El Chichon, der gewaltige Staubmassen in die Atmosphäre schleuderte, die Globaltemperatur der folgenden zwei, drei Jahre herabgedrückt haben. Möglich ist auch, daß die thermisch trägen Weltmeere, die das Erdklima stets antizyklisch beeinflussen, als eine Art »Wärmepuffer« den Beginn der Hitzeperiode noch hinausschieben.

Die Wissenschaftler jedenfalls sind auf der Lauer, sie warten auf ein, wie sie es nennen, »Signal": eine steile Fieberzacke in der Temperaturkurve des Planeten. Ein solch unmißverständliches Zeichen, da sind sich die Gelehrten einig, wird spätestens Anfang der neunziger Jahre auftauchen, alles Weitere dann Schlag auf Schlag folgen.

Bis dahin zeichnen die Experten weiter an ihren Klima-Szenarien, die mehr und mehr einem apokalyptischen Bilderbogen gleichen. »Mit ziemlich hoher Wahrscheinlichkeit«, schätzt die »Deutsche Physikalische Gesellschaft« (DPG) in ihrer Denkschrift, sei davon auszugehen, daß »sich die Wärmeisolationwirkung der Atmosphäre innerhalb von 100 Jahren mehr als verdreifacht« - die Welt wäre nicht mehr wiederzuerkennen.

Zunächst einmal, so kalkulieren die Forscher, werde die Temperatur an den beiden Erdpolen wesentlich stärker steigen als am Äquator, in den Tropen um ein bis zwei, in Polnähe um sechs bis acht Grad Celsius. Dabei würden vor allem die Polarmeere aufgeheizt, ein Vorgang, der rasch das ganze Weltklima aus den Fugen brächte.

Denn wenn sich der Temperaturunterschied zwischen polarem Kaltwasser und äquatorialem Warmwasser ändert, verschiebt sich auch das globale System der Meeresströmungen, die in vielen Erdregionen das lokale Klima mitbestimmen; zugleich geraten auch die großen Windströme aus den vertrauten Bahnen, was wiederum das weltweite Niederschlagsmuster durcheinanderbrächte.

Denkbar ist, daß sich dann die heutigen Dürrezonen in Zentralasien, Nordafrika und im Süden der USA ein paar Hundert Kilometer nach Norden ausbreiten und auch die Regenfälle weiter polwärts niedergehen. Große Regionen mit fruchtbarem Ackerland würden zur Wüste, andere vom Regen überschwemmt werden.

Schmelzen gar die Polareiskappen ab, so käme es in vielen Weltgegenden zu einer Sintflut. Um rund 70 Meter dürfte der Meeresspiegel steigen, wenn sich die

gesamte irdische Polareismasse in Wasser auflöst.

Das allerdings würde wohl Jahrhunderte dauern; doch einen mittelfristigen Anstieg der Meereshöhe um drei bis vier Meter halten viele Forscher für möglich, falls etwa größere Eismengen in der Antarktis plötzlich ins Meer rutschen sollten.

Noch schlimmer könnte es kommen, wenn das Erdklima »umkippen« würde. Tatsächlich dürfte sich der Temperaturanstieg, jenseits einer kritischen Grenze, katastrophal beschleunigen. Da die Weltmeere bei steigenden Wärmegraden immer weniger CO₂ aufnehmen und, bei schrumpfenden Polareisflächen, immer weniger Sonnenstrahlung in den Weltraum zurückgespiegelt wird, heizt sich das Treibhausklima am Ende selber an.

»Bleibt dabei die natürliche Regelfähigkeit noch erhalten«, fragen die Verfasser der DPG-Denkschrift, »oder kippt das Klima, in einen Zustand um, der die Lebensfähigkeit auf der ganzen Erde bedroht oder gar vernichtet?«

Immerhin: Die Hälfte der jetzt lebenden Menschheit würde die von den Wissenschaftlern vorhergesagte Klimakatastrophe noch erleben. Die deutschen Physiker, stark beunruhigt, haben ihrer alarmierenden Studie ein paar Ratschläge angehängt, die helfen sollen, das Schlimmste noch rechtzeitig zu verhüten.

Mit ihren Vorschlägen - Kernpunkt: »Ab sofort eine Verminderung aller Emissionsraten um zwei Prozent pro Jahr, dies weltweit« - wollen sie »den globalen Temperaturanstieg auf maximal ein Grad Celsius« begrenzen. Zusätzlich fordern sie neue Techniken zur Energieversorgung, die weniger Abwärme freisetzen. Für den Übergang empfehlen sie (Tschernobyl kam ein paar Wochen später) den Einsatz »sicherer« Kernkraftwerke.

Andere Wissenschaftler, etwa der Stockholmer Klimatologe Bo Doos, wollen die tropischen Regenwälder in Malaysia und Brasilien wieder aufforsten oder die Wüsten bewässern, damit auch dort Grünflächen entstehen. Einige, offenbar pessimistischer, schlagen vor, in besonders gefährdeten Zonen schon jetzt Deiche gegen die Große Flut zu bauen, riesige Überlaufbecken auszuheben oder auch Pflanzen zu züchten, die den demnächst veränderten Klimabedingungen standhalten können.

Um wirksame Vorsorgemaßnahmen durchzusetzen, das wissen auch die Gelehrten, wären internationale Abmachungen nötig. Einen ersten Vorstoß unternahm, im März 1985 in Wien, die Uno-Umweltorganisation Unep; sie legte eine »Wiener Konvention zum Schutz der Ozonschicht« vor, die von 20 Nationen (43 waren vertreten) spontan unterzeichnet wurde.

Doch die Ozon-Charta sieht lediglich einen wissenschaftlichen Informationsaustausch vor. Zwar haben die Unterzeichner gelobt, in ihren Heimatländern für einen Rückgang der CFK-Produktion zu sorgen, doch das dürften Lippenbekenntnisse bleiben. Die »Freon«-Lobby ließ wissen, ein gleichwertiger, ungefährlicher Ersatz für die Industriegase sei nicht in Sicht.

Senator Chafee, der im US-Senatsausschuß die alarmierenden Lageberichte der Klimatologen entgegennahm, will dennoch erreichen, daß die Klimakrise auf die Tagesordnung des nächsten Weltwirtschaftsgipfels kommt und auch beim bevorstehenden Treffen zwischen Präsident Ronald Reagan und Michail Gorbatschow erörtert wird.

Daß daraus nichts wird, ist so gut wie sicher. Was die Star-Wars-Regierung in Washington von den Expertisen der Klimaforscher hält, hat schon vor drei Jahren George A. Keyworth, damals Reagans Wissenschaftsberater, knapp so formuliert: »Unnötige Angstmacherei.«

Andere Politiker verlangten, etwa auf der Wiener Ozon-Konferenz, weitere und vor allem detailliertere Untersuchungen - nicht selten lassen Detailstudien die Klimaänderungen in freundlicherem Licht erscheinen.

So hat an der Universität von Michigan der Biologe David Gates am Computer ein regionales Klima-Modell ausgetüftelt, das die Folgen des Großwetter-Wandels im amerikanisch-kanadischen Grenzland ermitteln soll.

Die Ergebnisse klingen erfreulich: Im künftigen Treibhaus-Klima, so heißt es in einer Verlautbarung der Hochschule, werde in der Region mehr Hartholz wachsen, was »den Rang der kanadischen Holzindustrie heben und die Bauholzproduktion im Norden der USA steigern« könne.

Ozon-Forscher Rowland dagegen, rangältester Prophet der Klimakatastrophe, hat resigniert. Nach zwölf Jahren vergeblicher Warnungen glaubt er, daß es für eine rettende Umkehr zu spät sei. Die in der Stratosphäre schon versammelte Masse zum Teil extrem langlebiger Gaspartikel, taxiert er, werde wohl unaufhaltsam fortfahren, die Ozonhülle aufzulösen.

»Was nützt eine Wissenschaft«, klagt Rowland, »die hinlänglich zuverlässige Vorhersagen machen kann, wenn alle nur herumstehen und warten, daß die Prognosen auch eintreffen?«

Nach uns die Sintflut? Nicht unbedingt, glaubt US-Karikaturist Mike Peters, der ein probates Mittel gegen die Klima-Kalamitäten entdeckt hat - den atomaren Schlagabtausch der Supermächte: Der sich anschließende »nukleare Winter« mit seinen mächtigen Staubwolken, schätzt der Spaßvogel, werde die erhitzte Mutter Erde schon wieder abkühlen.

[Grafiktext]

Globales Treibhaus Auswirkungen von CO₂ und anderen Spurengasen auf den Wärmehaushalt der Erde (schematische Darstellung) Stratopause Einfallendes kurzwelliges Sonnenlicht Langwellige Wärmeabstrahlung der Erde Stratosphäre bis 50 Kilometer Troposphäre bis 15 Kilometer Wälder Ozeane Seit Beginn des Industriezeitalters wird mit dem steigenden Einsatz fossiler Brennstoffe der Gaskreislauf in der Natur immer nachhaltiger gestört. Nur noch ein Teil des freigesetzten CO₂-Gases wird von den Wäldern und Ozeanen aufgenommen. Die von der Sonne einfallenden (kurzwelligen) Strahlen können nach wie vor die mit CO₂ angereicherte Erdatmosphäre passieren. Aber ein immer größerer Teil der (im langwelligen Bereich) rückstrahlenden Erdwärme wird mit höherer CO₂-Konzentration zur Erde reflektiert. Dieser Treibhauseffekt wird noch durch andere Spurengase wie die in Sprays verwendeten Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffen sowie die Stickoxide aus Autoabgasen und Industrieanlagen verstärkt. Über dem Südpol - ein Loch in der Hülle Ozondichte im Antarktischen Frühling von 1979 bis 1985 (Meßergebnisse amerikanischer Beobachtungssatelliten) Quelle: Bild der Wissenschaft Ozondichte: = weniger als 200 Dobson-Einheiten = weniger als 170 Dobson-Einheiten Afrika Australien Antarktis Südamerika Die den Planeten in einer Höhe von 15 bis 50 Kilometer umgebende Ozon-Schicht schützt Pflanzen,

Tiere und Menschen vor der gefährlichen ultravioletten Strahlung der Sonne. Ozon filtert genau jene Strahlen aus, die das Erbmateriale DNS in Zellen schädigen und so Krebs und Mutationen verursachen können. Seit 1979 ist für jeweils einige Wochen im antarktischen Frühling - zwischen August und November - die Ozon-Schicht über dem Südpol aus bisher ungeklärter Ursache merklich dünner geworden. Dabei wuchs die Größe des »Ozon-Lochs« von Jahr zu Jahr beträchtlich. 1985 hatte es bereits eine Größe erreicht, die der Gesamtfläche der Vereinigten Staaten entsprach. Die Schichtdicke des Ozonmantels wird in »Dobson-Einheiten« gemessen. Die normale Schichtdicke liegt bei 300 bis 400 Dobson-Einheiten. 1985 lag sie in einem großen Bereich unter 170 Dobson-Einheiten.

[GrafiktextEnde]

*Aus dem Science-fiction-Film »Der jüngste Tag«, 1951.**Computer-Umsetzung der spektrometrisch gemessenen Ozondichte in der Lufthülle. **S**

[Diskutieren Sie mit >](#)

[Feedback](#)

Mehr lesen über

[Antarktis](#)

[Erde](#)

[USA](#)

[Washington](#)

[Nasa](#)

Kostenlose Online-Spiele >

[mehr Spiele](#)

[Kreuzworträtsel](#)

[Solitär](#)

[Sudoku](#)

[Mahjong](#)

[Bubble-Shooter](#)

[Jackpot](#)

[Snake](#)

[Exchange](#)

Serviceangebote von SPIEGEL-Partnern

Gutscheine

[Top Gutscheine](#) [Alle Shops](#)

Auto

[Bußgeldrechner](#)
[Firmenwagenrechner](#)

Job

[Brutto-Netto-Rechner](#)
[Jobsuche](#)
[Kurzarbeitergeld-Rechner](#)
[Studienfächer erklärt](#)

Finanzen

[Gehaltsvergleich](#)
[Immobilienbewertung](#)
[Studium und Finanzen](#)
[Versicherungen](#)
[Währungsrechner](#)

Freizeit

[Bücher bestellen](#)
[Eurojackpot](#)
[Ferientermine](#)

[GlücksSpirale](#)
[Gutscheine](#)
[LOTTO 6aus49](#)

[Seniorenportal](#)
[Spiele](#)
[Das tägliche Quiz](#)

[Alle Magazine des SPIEGEL](#)

[DER SPIEGEL](#)

[SPIEGEL GESCHICHTE](#)

[SPIEGEL WISSEN](#)

[SPIEGEL START](#)

[SPIEGEL GELD](#)

[SPIEGEL](#)

SPIEGEL Gruppe

[Abo](#) [Abo kündigen](#) [Shop](#) [manager magazin](#) [Harvard Business manager](#) [buchreport](#) [Werbung](#) [Jobs](#) [MANUFAKTUR](#) [SPIEGEL Akademie](#)
[SPIEGEL Ed](#)

[Impressum](#) [Datenschutz](#) [Nutzungsbedingungen](#) [Teilnahmebedingungen](#) [Cookies & Tracking](#) [Newsletter](#) [Kontakt](#) [Hilfe](#)
[Text- & Nutzungsrechte](#)

 [Facebook](#)  [Twitter](#)  [Wo Sie uns noch folgen können](#)