

**Zeitschrift:** Zivilschutz = Protection civile = Protezione civile  
**Herausgeber:** Schweizerischer Zivilschutzverband  
**Band:** 46 (1999)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Die nächste Eiszeit kommt bestimmt = L'époque glaciaire reviendra = Arriverà di sicuro la prossima era glaciale  
**Autor:** Reinmann, Eduard  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-369124>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Führen Klimaveränderungen in die Katastrophe?

## Die nächste Eiszeit kommt bestimmt

**Nichts ist mehr so wie es einst war. Schon gar nicht das Wetter und erst recht nicht das klein- und grossräumige Klima. Eine weltweite Erwärmung, das dramatische Anwachsen des Ozonlochs, Überschwemmungen, Stürme und Dürren sind Stichworte, die uns nicht gleichgültig lassen können. Panik wäre allerdings fehl am Platz, denn Klimaschwankungen gab es seit eh und je. Und die nächste Eiszeit kommt bestimmt.**

EDUARD REINMANN

Das Jahr 1998 war nach Angaben der Welt-Meteo-Organisation das wärmste Jahr seit Beginn der koordinierten weltweiten Temperaturmessungen im Jahr 1860. Und am 6. Januar 1999 zeigte das Thermometer auf dem Weissfluhjoch (3000 m) auf 8 Grad Celsius. Noch nie sei es in den Schweizer Alpen zu dieser Jahreszeit so warm gewesen, wurde festgestellt. Seit dieser Meldung hat sich allerdings wieder einiges geändert. Rekordschneemengen in den Bergen, anhaltende Niederschläge in den tieferen Lagen, Lawenniedergänge und Erdbeben riefen nach Notmassnahmen. Ist tatsächlich nichts mehr wie es einmal war?

### Weltweiter Temperaturanstieg

In den zurückliegenden bald 140 Jahren sind die Durchschnittstemperaturen global um zirka 0,7 Grad gestiegen. In Anbetracht der äusserst sensiblen Reaktionen des Naturgeschehens auf kleinste Veränderungen ist dies eine sehr gewichtige Zahl. Dennoch muss sie relativiert werden. Der Beginn der systematischen Temperaturmessungen um 1860 fiel nämlich ziemlich genau mit dem Ende der «Kleinen Eiszeit» zusammen, die ungefähr ab dem 17. Jahrhundert (teilweise wird auch ein früherer Zeitpunkt angegeben) bis ins 19. Jahrhundert hinein eine starke Abkühlung brachte, der alsdann ein bis heute anhaltender Trend zur Erwärmung folgte. Auch zuvor gab es eine Wärmeperiode. Grönland war zu der Zeit, als es von den Wikingern besiedelt wurde, tatsächlich über weite Strecken grünes Land. Und auf der britischen Insel labten sich die Edlen an Wein aus eigenem Anbau.

Es muss uns auch bewusst sein, dass wir, über einen langen Zeitraum betrachtet,

seit rund 65 Millionen Jahren in einem Eiszeitalter leben, innerhalb demselben die Vergletscherung der Erde jedoch immer wieder von Warmzeiten (Interglaziale) unterbrochen wurde. Aber auch innerhalb der einzelnen Warmzeiten gab es kräftige Temperaturschwankungen, vom «Klimatischen Optimum» bis zur erwähnten «Kleinen Eiszeit». Die heutige Warmzeit (auch Flandrisches Interglazial genannt) setzte vor rund 10 000 Jahren ein und könnte nach allen bisherigen Erfahrungen allmählich zu Ende gehen.

Zwar hat die Klimaforschung noch längst nicht alle Rätsel gelöst und wird sie auch nie alle lösen. Zu komplex sind die Zusammenhänge. Eines ist indessen durch Forschungsergebnisse belegt: Klimaänderungen, seien dies nun periodische Schwankungen oder lange dauernde Zyklen, können sehr rasch eintreten, wenn einmal der entscheidende «Kick» gegeben ist. Sicher ist auch, dass Eingriffe des Menschen in das Gefüge der Natur zu nachhaltigen klimatischen Veränderungen führen können.

### Segen und Fluch des Treibhauseffektes

Als eine mögliche Ursache der weltweiten Erwärmung wird die Zunahme des Kohlendioxydgehaltes in der Atmosphäre und der damit verbundene Treibhauseffekt genannt. Die Atmosphäre enthält heute im Durchschnitt ungefähr 0,35 Promille Kohlendioxyd (vorindustrieller Wert 0,28 Promille), das nebst anderen Spurengasen von entscheidender Bedeutung für den

Wärmehaushalt der Erde ist. Es wurde errechnet, dass die Erdoberfläche ohne die Wirkung der natürlichen Treibhausgase um rund 33 Grad Celsius kälter wäre und unsere Erde somit ein unwirtlicher, froststarrer Planet. Umgekehrt schätzt man aufgrund von Erfahrungswerten und Berechnungen, dass eine Verdoppelung der atmosphärischen Kohlendioxyd-Konzentration eine globale Erwärmung von 4 bis 6 Grad Celsius bewirken würde. Mit verheerenden Konsequenzen, wie zum Beispiel dem Abschmelzen gewaltiger Mengen Eis an den Polkappen und dem damit verbundenen katastrophalen Ansteigen der Meeresspiegel. In unseren Breitengraden würden die Gletscher weiter abschmelzen und die Permafrost-Grenze in den Alpen immer höher steigen. Ansätze dazu sind bereits vorhanden. Erdbeben und Murgänge können die Folgen sein.

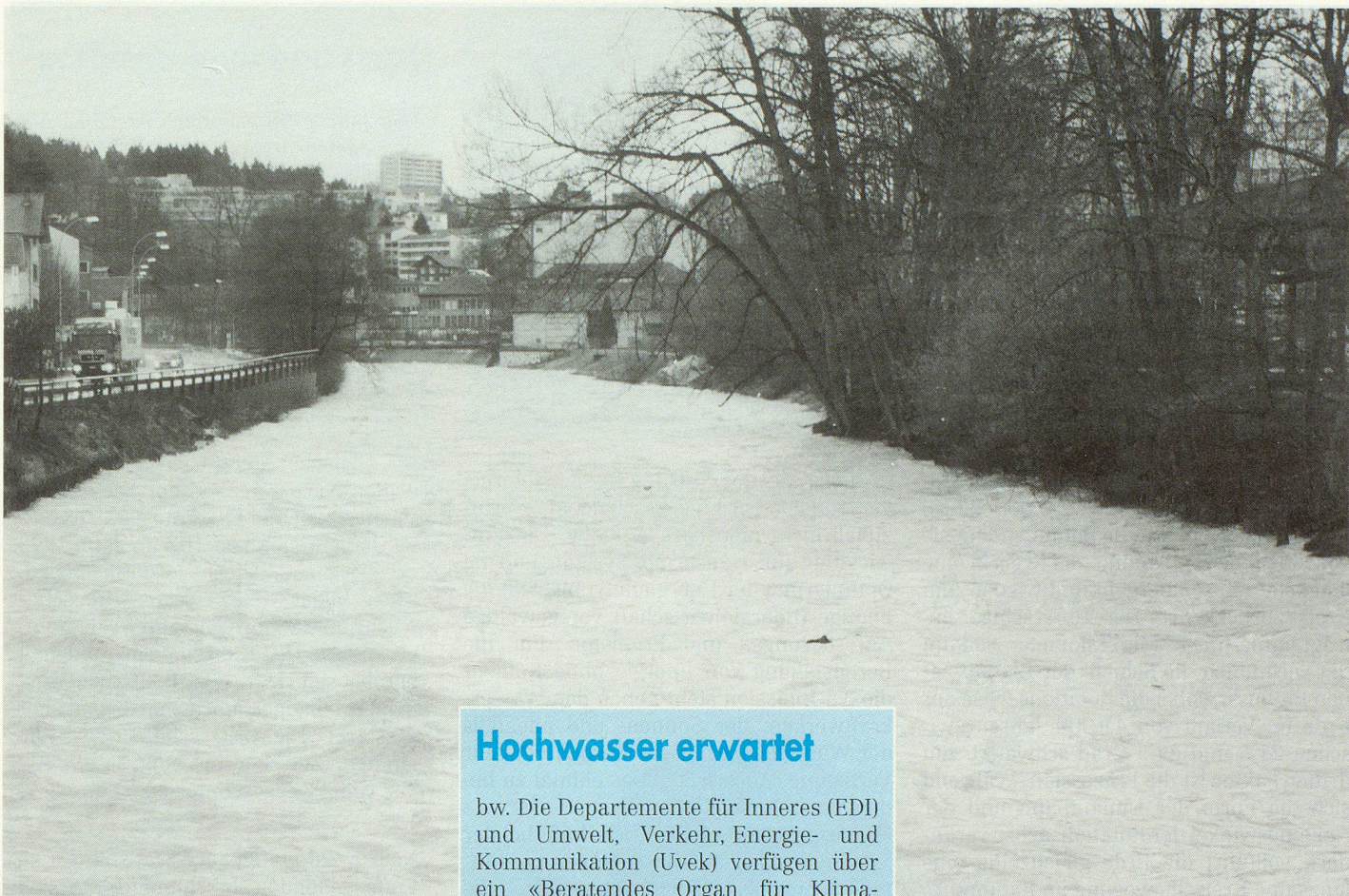
### Menschen «sündigen» mit

Seit Jahrzehnten nimmt die von Menschen gemachte Kohlendioxyd-Konzentration in der Atmosphäre zu. Und praktisch im Gleichschritt dazu verzeichnet die Statistik einen globalen Temperaturanstieg. Es kann durchaus als belegt gelten, dass Klimaveränderungen von Menschen mitverursacht werden und dass sich die Entwicklungen innerhalb einer bestimmten Bandbreite prognostizieren lassen.

In diesem Zusammenhang ist der Blick in eine Broschüre der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft aus dem Jahr 1989 überaus interessant. Vor zehn Jah-

## Grosse Unwetterereignisse in der Schweiz seit 1974

August 1974	Unwetter in Steffisburg BE
4.7.1985	Unwetter in Schwarzenburg BE
August 1987	Schwere Überschwemmungen im – Kanton Uri (Reusstal) – Kanton Tessin – Kanton Graubünden (Poschiavo)
27.2.1990	Föhnsturm im Berner Oberland BE
10.5.1991	Bergsturz bei Randa VS
24.9.1993	Unwetter in Brig und im Oberwallis VS
Oktober 1993	Überschwemmungen bei Locarno TI
August 1997	Unwetterereignisse in Schwarzsee FR und Sachseln OW
Juli/August 1998	Hagel über der Region Luzern und Unwetter im Tessin
Februar 1999	Erhebliche Schneemassen führen zu Lawenniedergängen auf der gesamten Alpen-Nordseite. Über 3000 Zivilschützer im Einsatz.



**Ein realistisches Gefahrenpotential:  
Ruhig dahin ziehende Flüsse schwellen  
zu reissenden Strömen an.**

ren wurde der mittlere globale Temperaturanstieg seit 1860 mit 0,5 Grad Celsius angegeben, wobei noch weitere Faktoren wie Vulkanausbrüche, Veränderungen von Sonnenparametern und Schwankungen der Ozeanzirkulation als mögliche Gründe für den Temperaturanstieg erwähnt wurden. Es wurde aber ausdrücklich darauf hingewiesen, dass durch die Wärmekapazität des Ozeans der globale Temperaturanstieg um etwa zwei Jahrzehnte verzögert wird und damit unter Berücksichtigung dieses Effektes höher sein müsste als die ermittelten 0,5 Grad. Heute sind wir soweit, nämlich bei 0,7 Grad. Das Verhalten des Ökosystems scheint berechenbar geworden zu sein.

### **... und unsere wärmende Mutter Sonne?**

Bei allem Respekt vor Forschung, Wissenschaft und statistischen Hochrechnungen: Ganz so unumstösslich ist gar nichts. Gerade in jüngster Zeit wurden die Auswirkungen des menschengemachten Treibhaus-

## **Hochwasser erwartet**

bw. Die Departemente für Inneres (EDI) und Umwelt, Verkehr, Energie- und Kommunikation (Uvek) verfügen über ein «Beratendes Organ für Klimaforschungsfragen» (OcCC). Die in diesem Gremium tätigen Wissenschaftler haben eine Publikation, den sogenannten Wissensstandbericht, veröffentlicht, der eine Zunahme der Hochwasser im Winter prognostiziert. Die Berechnungen beruhen auf Klimamodellen, welche aufzeigen, dass – nebst der globalen Erwärmung – auch eine Intensivierung der Wasserkreisläufe zu erwarten ist. Diese Modellvorhersagen werden durch «Beobachtungen der letzten hundert Jahre in der Schweiz bestätigt: Einerseits ist die mittlere Jahrestemperatur um bis zu ein Grad Celsius gestiegen, andererseits wurde eine Zunahme der Niederschläge im Herbst und Winter um bis zu 30 Prozent festgestellt». Die Forscher vertreten die Meinung, dass sich dieser Trend künftig noch verstärken wird; als Folge davon rechnen «die Experten mit häufigeren Hochwassern im Winterhalbjahr im Mittelland und der Südschweiz». Prognosen über die Ausmasse der daraus resultierenden Schäden können die Forscher nicht machen. Für die politisch Verantwortlichen geben sie mehrere Empfehlungen ab. Dazu gehören beispielsweise: Verbesserung der Forschung bezüglich Klima-, Wetterprognose- und Naturgefahrenmodelle, Überprüfen der Dekungsbeträge und der Entwicklung risikogerechter Prämien durch die Versicherungen sowie eine verstärkte raumplanerische Koordination auf Bundesebene. «Der Bund», 15.2.1999

effektes in Frage gestellt und kosmischer Strahlung verstärkte Bedeutung beigemessen. Ursache dafür könnte die Sonnenaktivität sein, genauer gesagt, das Auftreten und Verschwinden der Sonnenflecken in einem Zyklus von elf Jahren. Auf einen knappen Nenner gebracht: In Zeiten hoher Sonnenaktivität werden unter dem Einfluss der kosmischen Strahlung weniger Wolken gebildet, was wiederum die Temperaturkurve der Erde nach oben treibt und umgekehrt. Man muss allerdings wissen, dass die Sonnenfleckenaktivität nicht an einen «immerwährenden Kalender» gebunden ist. So waren die Sonnenflecken zwischen 1645 und 1715 ganz von der Sonnenoberfläche verschwunden – ein Zeitraum, den die Forscher später mit einer Klimaverschlechterung, der bereits erwähnten «Kleinen Eiszeit», in Verbindung brachten. Und wie verhält es sich mit den Sonnenereptionen, bei denen gewaltige Materieströme in den Raum hinausgeschleudert werden? Die Wissenschaft hat noch viele komplexe Fragen zu beantworten. Dass die Sonne oder vielmehr die Positionen der Erde zur Sonne auch längerfristig das Erdklima beeinflussen könnte, wird allerdings schon lange vermutet, denn die Erdbewegungen sind durchaus nicht in monotoner Gleichförmigkeit für alle Zeiten

## Und der Zivilschutz?

Man mag sich fragen, inwiefern zwischen der weltweit zu beobachtenden Klimaveränderung und dem Zivilschutz ein Zusammenhang besteht. Die Antwort liegt auf der Hand. Der Zivilschutz bzw. der zukünftige Bevölkerungsschutz haben den prioritären Auftrag, bei Katastrophen und Notlagen Hilfe zu leisten. Und die Not-situationen werden in Zukunft zunehmen. Dies nicht nur wegen der Klimaveränderung allein, sondern weil die Menschen immer weiter in Gebiete vorstossen, diese besiedeln und kultivieren, welche sie bis jetzt in Kenntnis der drohenden Naturgefahren gemieden haben. Der ungebrochene Glaube an die Möglichkeit baulicher und technischer Massnahmen ist eine der treibenden Kräfte. Gerade die letzten Jahre haben indessen bewiesen, dass auch diese ihre Grenzen haben. Die Natur ist stärker als der Mensch. Aber wenn Naturkräfte mit Urgewalt frei werden, braucht es Menschen, welche in Not geratenen Mitmenschen Hilfe leisten.

festgeschrieben. So verändert die Erde im Verlauf langer Zeiträume (100 000 Jahre) ihre Umlaufbahn um die Sonne, indem sie von einem fast vollkommenen Kreis in eine längliche Elipse übergeht und wieder zum Kreis zurückkehrt. Der Unterschied beträgt immerhin 18 Mio. Kilometer. Sodann hat vermutlich die Schiefe der Ekliptik einen Einfluss, wobei die Rotationsachse der Erde im Verlauf von 41 000 Jahren zwischen 21,5 und 24,5 Grad schwankt. Ein dritter Faktor ist die Präzession. Während sich die Form der Umlaufbahn und der Neigungswinkel der Rotationsachse verändert, vollführt die Erde gleichzeitig eine langsame Kreiselbewegung im Raum. Ihre Achse beschreibt einen Kreis, den sie alle 22 000 Jahre vollendet. Aus allen diesen Faktoren ergeben sich stetig neue Konstellationen.

## Herausforderung für alle

Unter den vorgenannten Aspekten ist es einleuchtend, dass die drohenden Klimaveränderungen eine globale Herausforderung darstellen. Die bisherigen Konferenzen von Rio haben diesbezüglich allerdings sehr bescheidene Resultate gebracht. Herausgefordert ist die Wissenschaft, die sich vor die Aufgabe gestellt sieht, das Wissen um die komplizierten physikalischen, chemischen und biologischen Mechanismen, die das System Erde steuern, zu vertiefen. Im speziellen gilt es, so rasch als möglich den Einfluss des Menschen auf die Temperatur möglichst genau zu erfassen, um diesen von den natürlichen Schwankungen zu separieren. Im Vordergrund steht dabei der Zusammenhang von Klima und Ökosystemen, der interdisziplinär mit modernen Methoden untersucht werden muss. Herausgefordert ist die Technik, wobei ein weitgehender

Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energie vordringlich ist. Eine epochale, aber prinzipiell nicht unlösbare Aufgabe. Die Entwicklung emissionsarmer Systeme und die Optimierung der Energienutzung stellt die heutige (Energie)wirtschaft vor gewaltige Anforderungen und Probleme. Für die Bereitstellung von Energie ohne Kohlendioxyd-Emission steht neben den Wasserkraftwerken, der Sonnen- und allenfalls der Windenergie nur die Kernenergie zur Verfügung. Auch das gilt es einmal zu bedenken.

Herausgefordert ist die Wirtschaft, bei der sich im Hinblick auf Massnahmen zur Entschärfung des Klimaproblems die Erkenntnis durchsetzen muss, dass der Weg des quantitativen Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum durch ein qualitatives Wachstum zu ersetzen ist.

Herausgefordert ist schliesslich auch die Gesellschaft. Eine wirksame Strategie zur bestmöglichen Verminderung von Klimaveränderungen erfordert nämlich, dass die wissenschaftlich-technischen Veränderungen von einer breiten Öffentlichkeit bereitwillig zur Kenntnis genommen und umgesetzt werden. ▀

## Facts und Denkanstösse

Das Jahr 1998 war nach Angaben der Welt-Meteo-Organisation (WMO) das wärmste Jahr seit Beginn der Temperaturmessungen im Jahr 1860. Weltweit lagen die Temperaturen im Schnitt um 0,7 Grad höher als Ende des 19. Jahrhunderts. Auch das Ozonloch über der Antarktis hielt 1998 eine Rekordausdehnung während mehr als 100 Tagen und war während 20 Tagen mehr als 25 Millionen Quadratkilometer gross.

Die Gletscher der Schweiz schmelzen weiter. Nach Angaben der Schweizerischen Akademie für Naturwissenschaften haben sich von 102 im Jahr 1998 vermessenen Gletschern deren 86 zurückgebildet. Nur sechs Gletscher wuchsen, die übrigen zehn blieben unverändert. Der Gletscherschwund hält bereits seit 150 Jahren an. Seit den frühen achtziger Jahren hat er sich aber verstärkt. Die UNO schätzt, dass die alpinen Gletscher bis zum Jahr 2100 fast völlig weggeschmolzen sind.

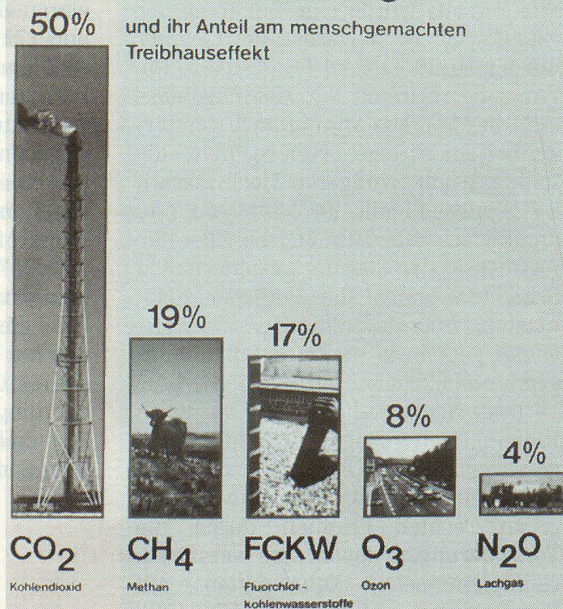
Nackte Zahlen aus der Statistik: Im zu Ende gehenden Jahrhundert hat sich die Weltbevölkerung mehr als verdreifacht – von 1,6 auf rund 6 Milliarden Menschen. In der gleichen Zeitspanne wurde jedoch die globale Wirtschaftsleistung 17mal grösser, während sich der Verbrauch an Energie und natürlichen Ressourcen verzehnfachte.

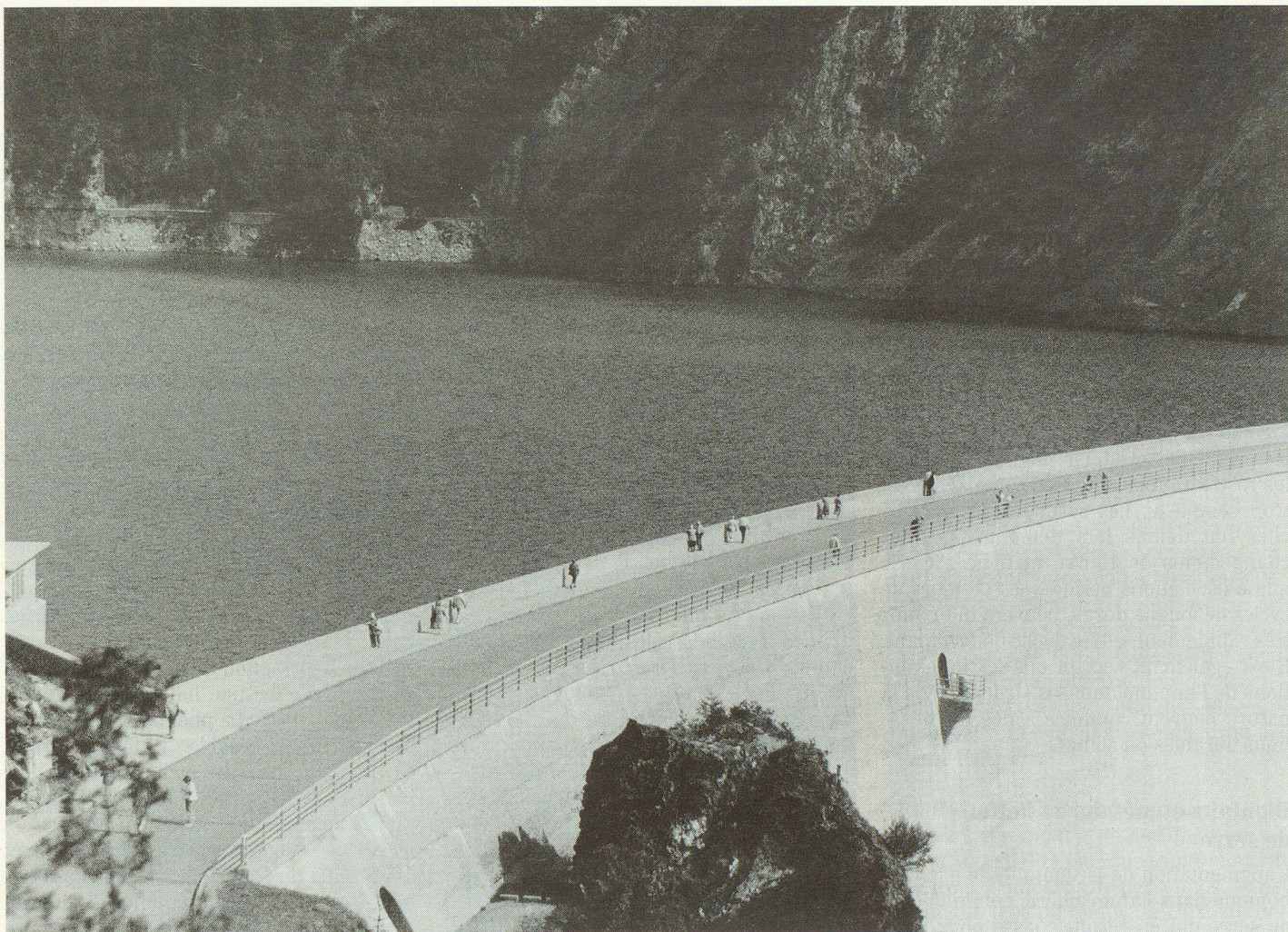
Die Zeitschrift «Umweltschutz» schreibt: Sollen die Länder des Südens auf klimapolitische Massnahmen verpflichtet werden, müssen die Industriestaaten vorgängig nachhaltige Produktions- und Konsumformen entwickeln. Eine aktive Klimapolitik der Entwicklungsländer ohne Aussicht auf einen angemessenen Lebensstandard ist unrealistisch.

Auch Pflanzen reagieren laut «Climate-Press» auf den höheren Kohlendioxyd-Anteil in der Atmosphäre. Das Pflanzenwachstum wird allgemein weniger stimuliert als anfänglich angenommen. Die einzelnen Pflanzenarten reagieren auch sehr unterschiedlich. Das hat zur Folge, dass begünstigte Arten sich auf Kosten anderer ausbreiten und damit die Artenzusammensetzung auch in unberührter Natur verändert wird.

## Die Treibhausgase

und ihr Anteil am menschengemachten Treibhauseffekt





La maîtrise et l'utilisation de la force hydraulique sont des conquêtes de la technique moderne. Combien de temps encore?

Les changements climatiques nous mènent-ils à la catastrophe?

## L'époque glaciaire reviendra

**rei. Plus rien n'est comme jadis. Nous pensons avant tout à la situation météorologique générale et particulièrement au climat local et général. Le réchauffement du globe terrestre, la croissance dramatique du trou constaté dans la couche d'ozone, les inondations, les tempêtes et les sécheresses, voici quelques notions qui ne peuvent pas nous laisser indifférents. La panique ne serait cependant pas de mise car les changements de climat ne datent pas d'hier. Mais justement pour cette raison, il n'y a aucun doute quant à la venue d'une prochaine époque glaciaire.**

Selon les données de l'Organisation mondiale pour la météorologie, 1998 fut l'année la plus chaude depuis 1860, soit depuis le début des mesures coordonnées

de la température à l'échelon mondial. Le 6 janvier 1999, le thermomètre indiquait 8 degrés Celsius au Weissfluhjoch (3000 m). Dans les Alpes suisses, on n'a jamais mesuré une telle température à cette date. Il est vrai que depuis cette information, bien des choses ont encore changé. On apprend un record d'enneigement dans les montagnes, des précipitations tenaces en plaine, des avalanches et des glissements de terrain. Tous ces événements ont exigé des mesures d'urgence. Est-ce que tout a vraiment changé ces derniers temps?

### Augmentation de la température à l'échelon mondial

Durant les 140 années écoulées, la température moyenne du globe a augmenté d'environ 0,7 degré au total. Si l'on consi-

dère que les réactions de la nature sont particulièrement sensibles à la moindre modification, ce chiffre peut être considéré comme important. Il faut pourtant faire la part des choses. La mesure systématique des températures a débuté aux environs de 1860, soit à peu près à la fin de la «petite époque glaciaire». Celle-ci a débuté à peu près au 17<sup>e</sup> siècle (on nous indique même parfois une date antérieure) et jusqu'au 19<sup>e</sup> siècle, elle a apporté un net refroidissement. On a vécu dès lors une augmentation constante de la température, phénomène qui a duré jusqu'à nos jours. Notre petite époque glaciaire fut elle-même précédée d'une période chaude durant laquelle le Groenland, alors qu'il était peuplé de Normands, présentait effectivement un paysage verdoyant sur de grandes étendues. Il en fut de même sur les Iles Britanniques, où les nobles se délectaient du vin

de leurs propres vignes. Nous devons être conscients du fait que, vu dans un axe prolongé du temps, nous vivons dans une période glaciaire d'environ 65 millions d'années. Cette période a vu croître les glaciers de notre globe, mais ce phénomène a toujours été coupé par des époques chaudes (interglaciaires). Mais au cours de ces périodes chaudes elles-mêmes, des changements de température importants oscillent entre des records climatiques et les petites époques glaciaires. La période chaude actuelle (appelée aussi interglaciaire des Flandres) a débuté il y a 10 000 ans et pourrait bien toucher à sa fin prochainement. Il est vrai que la recherche climatologique est encore loin d'avoir résolu tous les problèmes et qu'elle ne pourra jamais les résoudre tous, car leur contexte en est trop complexe. Les résultats des recherches ont depuis lors démontré que les changements de climat, qu'il ne s'agisse que d'oscillations périodiques ou alors de cycles de longue durée, peuvent intervenir très rapidement, dès le déclic déterminant. Il est également certain que les interventions de l'homme dans les structures de la nature peuvent conduire à des modifications durables du climat.

### Bienfaits et méfaits de l'effet de serre

L'augmentation de la quantité de gaz carbonique dans l'atmosphère, comme l'effet de serre qui en résulte, passe pour l'une des causes possibles du réchauffement de notre globe terrestre. On trouve actuellement dans l'atmosphère une moyenne d'environ 0,35 pour mille de gaz carbonique (0,28 pour mille avant l'influence de l'industrie). Outre d'autres gaz, le gaz carbonique prend une importance déterminante lorsqu'on considère son influence sur la température de la terre. On a calculé que sans les effets des gaz naturels qui créent un effet de serre, la température de la surface du globe diminuerait de 33 degrés Celsius. Notre planète deviendrait ainsi inhospitalière et glacée. Une autre estimation permet au contraire d'affirmer sur la base de valeurs et calculs expérimentaux que la double quantité de concentration de gaz carbonique dans l'atmosphère mènerait à un réchauffement global de 4 à 6 degrés Celsius. Les conséquences en seraient affreuses. On verrait par exemple fondre les énormes masses de glaces polaires, ce qui conduirait à une élévation catastrophique du niveau des mers. Dans nos latitudes, les glaciers continueraient à fondre et la limite du permafrost dans les Alpes continuerait à monter. On observe déjà des précurseurs de ce phénomène, dont les signes en seraient les

glissements de terrain et les coulées de roches pourries.

### L'humanité et sa part active

Depuis des décennies, la part de concentration de gaz carbonique qu'apporte l'humanité dans l'atmosphère a augmenté. Pratiquement dans les mêmes proportions, les statistiques accusent une augmentation globale de la température, ce qui peut très bien être considéré comme une preuve que les changements de climat sont provoqués en partie par l'humanité et que les développements peuvent faire l'objet de pronostics, dans les limites d'une largeur de bande donnée. A ce propos, un coup d'œil dans une brochure qu'a éditée la Société suisse de physique en 1989 pourrait s'avérer intéressant. Il y a dix ans, on mentionnait une augmentation moyenne globale de la température de 0,5 degré Celsius en comparaison avec 1860. Notons que d'autres facteurs, tels que les éruptions volcaniques, les modifications des paramètres solaires et les oscillations des courants océaniques, entrent en considération comme raisons possibles pour cette augmentation de température. Cependant, la brochure mentionne expressément que la capacité calorifique des océans peut retarder d'environ deux

décennies l'augmentation moyenne globale de la température. Ainsi, si l'on prend en considération ce qui précède, la température aurait dû être supérieure au 0,5 degré constaté. Nous ne sommes arrivés qu'aujourd'hui à cette valeur de 0,7 degré. Il semblerait ainsi que le comportement du système écologique soit devenu calculable.

### Et le soleil, notre source de chaleur?

Sauf le respect que nous devons à la recherche, à la science et aux statistiques estimatives, rien n'est tout à fait inébranlable. Ces derniers temps justement, l'influence qu'exerce le comportement humain sur l'effet de serre a été remise en question dès que l'on a attribué une plus grande importance au rayonnement cosmique. L'activité solaire pourrait en être la cause et plus exactement l'apparition et la disparition des taches solaires dans un cycle de onze ans. Exprimé plus simplement, durant une activité solaire accrue, sous l'influence du rayonnement cosmique, la formation de nuages est réduite, ce qui provoque une hausse de température sur la terre. Le phénomène contraire est également valable. Il faut pourtant savoir que le cycle des taches solaires n'est pas lié à un calendrier immuable. Ainsi, les taches solaires ont totalement disparu de la surface de notre astre entre 1645 et 1715. Plus tard, des chercheurs ont associé ce laps de temps à la détérioration du climat durant la petite période glaciaire dont nous avons parlé. Mais qu'en est-il des éruptions solaires durant lesquelles des puissants courants de matière sont propulsés dans l'espace? La science devra encore répondre à beaucoup de questions complexes.

Depuis longtemps déjà, on suppose que le soleil, ou bien mieux la position de la terre en rapport avec le soleil, pourrait aussi influencer à long terme le climat terrestre. Les mouvements de notre planète ne sont certainement pas fixés pour l'éternité sous une forme égale et monotone. Au cours de longues périodes (100 000 ans) la terre change de trajectoire autour du soleil, c'est-à-dire qu'elle décrit un cercle presque parfait, pour parcourir ensuite une longue ellipse, puis revenir au cercle initial. La différence entre ces trajectoires est malgré tout de 18 millions de kilomètres. La courbe de l'ellipse joue probablement son rôle, alors que l'axe de rotation de la terre varie entre 21,5 et 24,5 degrés en l'espace de 41 000 ans. Un troisième facteur est la précision. Pendant que la forme de la trajectoire et l'angle d'inclinaison de l'axe de rotation varient, la terre décrit simultanément un mouvement circulaire lent dans l'espace. Son axe décrit un cercle

### Et la protection civile?

On pourrait se demander en quoi il existe un rapport entre les changements de climat à l'échelon mondial et la protection civile. La réponse coule de source. La protection civile, ou plutôt la future protection de la population, a pour mission prioritaire l'aide en cas de catastrophe et dans d'autres situations extraordinaires. Le nombre de ces situations extraordinaires va croître à l'avenir. Nous ne pensons pas seulement aux changements climatiques mais aussi au fait que l'être humain veut, pour les occuper et les cultiver, pénétrer dans des régions qu'il a évitées jusque-là, à cause des dangers naturels qu'il y craignait. Les possibilités qu'offrent les mesures de construction et la technique engendrent une confiance inébranlable qui sert de force motrice. Mais ces dernières années, on a eu la preuve que ces mesures, elles aussi, ont leurs limites. La nature est plus forte que l'être humain, et lorsque les forces naturelles se déchaînent dans toute leur puissance, on a besoin de personnes qui apportent l'aide nécessaire à ceux qui en ont besoin.



Un ruisseau, normalement inoffensif, a fait des ravages.

qui se ferme tous les 22 000 ans. Tous ces facteurs engendrent continuellement de nouvelles constellations.

### Un défi pour chacun

Les aspects vus ci-dessus permettent aisément d'admettre que les changements de climat qui nous menacent représentent un défi global. Jusqu'à présent, les Conférences de Rio n'ont abouti qu'à des résultats très modestes dans ce domaine.

Défi à la science: elle se trouve confrontée à une tâche qui consiste à approfondir la connaissance des mécanismes compliqués qui régissent le système terrestre, qu'ils soient physiques, chimiques ou biologiques. Il s'agit en l'occurrence de déterminer aussi rapidement et aussi précisément que possible quelle est l'influence humaine sur les températures, influence qu'il faut discerner si l'on veut déterminer les oscillations naturelles. Il faut mettre au premier plan les rapports qui existent entre le climat et les systèmes écologiques, problème qui doit être examiné de façon multilatérale, en faisant appel à des méthodes modernes.

Défi à la technique: il faut renoncer en toute priorité et à grande échelle, à l'utilisation de l'énergie minérale. C'est une tâche qui incombe à notre génération et qui pourra certainement trouver sa solution. Le développement de systèmes pauvres en émissions et l'optimisation de la consommation d'énergie confronte l'industrie énergétique actuelle à d'énormes exigences et problèmes. Si l'on veut mettre à disposition une énergie qui n'engendre pas de gaz carboniques, on ne dispose plus, outre les usines hydrauliques, l'énergie solaire et, à la rigueur, l'énergie des vents, que de l'énergie nucléaire. Ici aussi, nous avons matière à réflexion. Défi à l'économie: en considérant les mesures qui pourraient mener plus aisément à résoudre le problème du climat, il faut faire admettre que la croissance quantitative de l'économie et de la population doit être remplacée par une croissance qualitative. Défi enfin à la société: une stratégie efficace, propre à diminuer le plus possible les modifications climatiques, consisterait à faire admettre par un large public les modifications qu'apporte la technique scientifique. ▀

## Faits et idées

Selon les données de l'Organisation mondiale de la météo (OMM), 1998 fut l'année la plus chaude depuis le début des recensements de températures en 1860. A l'échelon mondial, les températures moyennes sont montées de 0,7 degré en comparaison avec celles de la fin du 18<sup>e</sup> siècle. Aussi, le trou constaté dans la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique a atteint une surface record pendant plus de 100 jours, et pendant 20 jours, il s'est étendu sur plus de 25 millions de kilomètres carrés.

En Suisse, les glaciers continuent à fondre. Selon les données de l'Académie suisse des sciences naturelles, sur les 102 glaciers qui ont été observés en 1998, 86 se sont retirés, six seulement ont augmenté de volume alors que les dix derniers sont restés inchangés. La diminution des glaciers dure déjà depuis 150 ans. Depuis le début des années 80, cette diminution s'est accentuée. L'ONU estime que les glaciers alpins auront totalement fondu jusqu'en l'an 2100.

Chiffres empruntés aux statistiques: durant le siècle qui touche à sa fin, la population mondiale a plus que triplé, passant de 1,6 à 6 milliards de personnes. Dans le même laps de temps, la capacité industrielle globale est devenue 17 fois plus importante alors que la consommation d'énergie et des ressources naturelles a décuplé. La revue «Protection de l'environnement» nous dit: si l'on voulait obliger les pays du Sud à prendre les mesures politiques qu'exige le climat, les Etats industriels devraient auparavant développer des formes de production et de consommation durables. Il ne serait pas réaliste d'attendre des pays en voie de développement qu'ils adoptent une politique active en matière de climat s'ils ne voient pas leur chance d'atteindre un standard de vie acceptable.

Selon «Climate-Press», même les plantes réagissent lorsque la quantité de gaz carbonique augmente dans l'atmosphère. De manière générale, la croissance des plantes est moins stimulée qu'on ne le pensait d'abord. Chaque sorte de plante a ses propres réactions. Ainsi, certaines sortes privilégiées se développent aux dépens d'autres sortes. Les plantes privilégiées pourraient alors se propager au désavantage des autres pour modifier la composition de la flore, même dans des contrées vierges.

È possibile che i mutamenti climatici portino alla catastrofe?

## Arriverà di sicuro la prossima era glaciale

**rei. Niente è più come prima, tutto è cambiato: prima di tutto il tempo e poi anche il microclima e il macroclima. Un innalzamento della temperatura su tutto il pianeta, il drammatico ingrandimento del buco dell'ozono, le inondazioni, le tempeste e le siccità sono fattori che non possono lasciarci indifferenti. In ogni caso è meglio evitare il panico perché le oscillazioni climatiche ci sono sempre state. E arriverà sicuramente anche la prossima era glaciale.**

Secondo i dati dell'Organizzazione mondiale di meteorologia, il 1998 è stato l'anno più caldo dal 1860, da quando cioè ha avuto inizio la misurazione della temperatura coordinata in tutto il mondo. E il 6 gennaio 1999 sul Weissfluhjoch (3000 m) il termometro ha fatto segnare 8 gradi Celsius. Nelle Alpi svizzere non è mai stato così caldo in questa stagione. Dopo questa notizia però, la situazione è improvvisamente cambiata: enormi quantità di neve in montagna, continui rovesci a più basse quote, valanghe e frane hanno richiesto l'attuazione di misure d'emergenza. Ma è veramente tutto cambiato rispetto a prima?

### Aumento della temperatura in tutto il mondo

Negli ultimi 140 anni le temperature medie sono aumentate globalmente di circa 0,7 gradi. Si tratta di una cifra molto significativa, viste le gravissime reazioni della natura a più piccoli cambiamenti. È comunque un dato relativo: l'inizio della misurazione sistematica della temperatura (1860) coincise praticamente con la fine della «piccola era glaciale», che più o meno a partire dal 17° secolo (a volte è indicata una data anteriore) fino al 19° secolo provocò un forte calo della temperatura, al quale seguì una tendenza al riscaldamento che dura a tutt'oggi. Anche prima c'era stato un periodo caldo: all'epoca in cui venne occupata dai Vichinghi, la Groenlandia era infatti una terra in gran parte verde e nelle isole britanniche i nobili potevano dedicarsi alla viticoltura. Dobbiamo renderci conto che – in un'ottica temporale più ampia – da circa 65 milioni

di anni viviamo in un'epoca glaciale all'interno della quale la glaciazione della terra è stata spesso interrotta da periodi caldi (interglaciali). Ma anche all'interno dei singoli periodi caldi ci sono state importanti oscillazioni della temperatura che passava da un «optimum» climatico alla già menzionata «piccola era glaciale». L'attuale periodo caldo (chiamato anche interglaciale delle Fiandre) è iniziato circa 10 000 anni fa e – secondo le esperienze fatte finora – potrebbe gradualmente volgere alla fine. La ricerca sul clima non ha certo ancora risolto tutti gli enigmi e non potrà mai risolverli tutti, perché le relazioni al suo interno sono troppo complesse. I suoi risultati hanno comunque dimostrato che i cambiamenti climatici – sia che si tratti di oscillazioni periodiche sia che si tratti di cicli di lunga durata – possono insorgere improvvisamente non appena è scattato il «clic». È anche sicuro che gli interventi dell'uomo

### E la protezione civile?

Ci si può chiedere in che misura esiste una correlazione tra i mutamenti climatici constatati e la protezione civile. La risposta è semplice: la protezione civile o meglio la protezione della popolazione futura ha il compito prioritario di prestare aiuto in caso di catastrofi e di situazioni d'emergenza. In futuro le situazioni d'emergenza aumenteranno, e questo non solo a causa dei mutamenti climatici, ma perché l'uomo continua a penetrare, ad occupare e a coltivare settori che prima evitava nella consapevolezza della minaccia rappresentata dai pericoli naturali. La fede intatta nelle possibilità dei provvedimenti tecnici ed edilizi è una delle forze motrici di questo processo. Proprio gli ultimi anni hanno invece dimostrato che anche questi provvedimenti hanno dei limiti. La natura è più forte dell'uomo, ma se questa scatena le sue forze primigenie, c'è assolutamente bisogno di uomini che aiutino il loro prossimo nelle situazioni di necessità.

sulla struttura della natura possono provocare cambiamenti climatici duraturi.

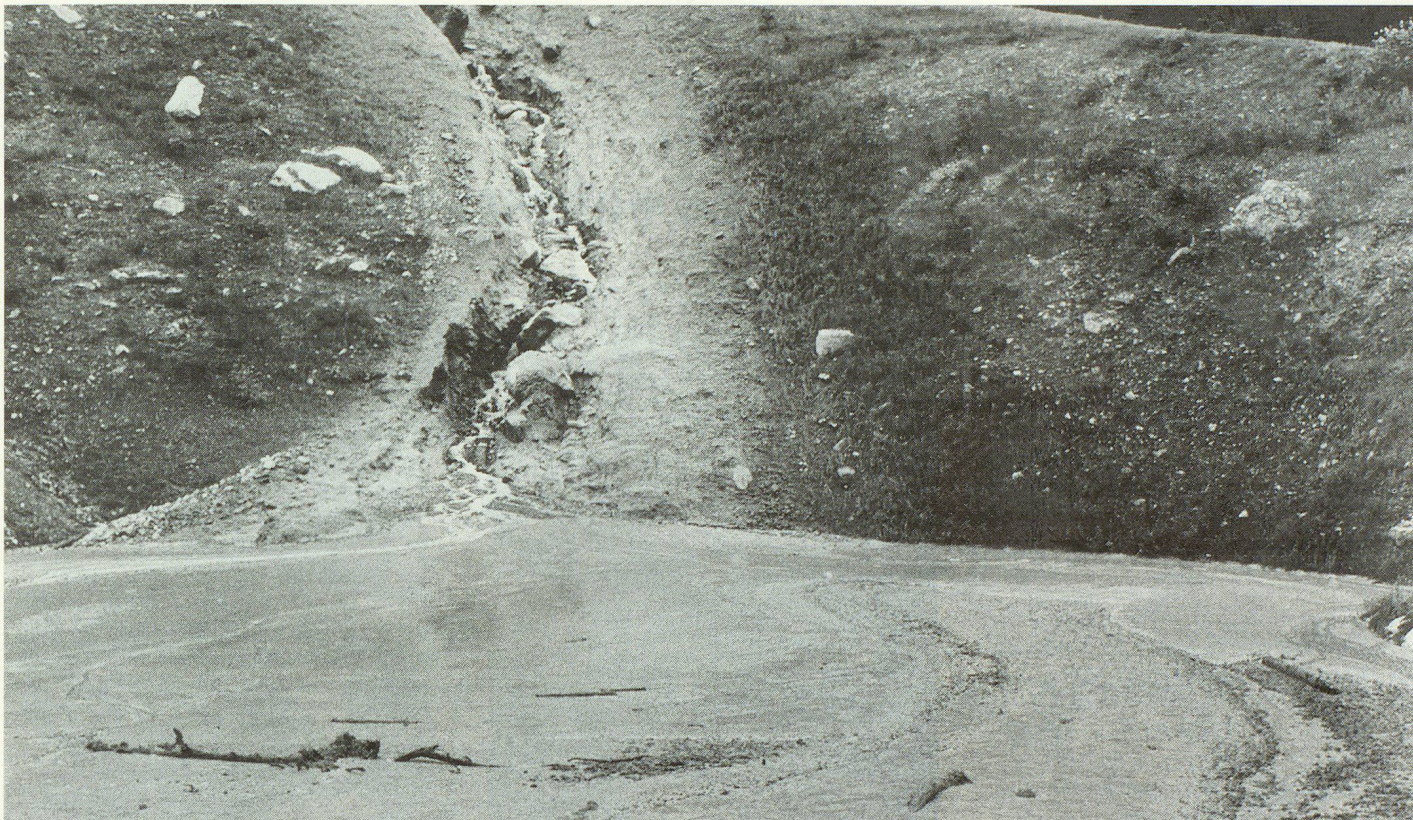
### Vantaggi e svantaggi dell'effetto serra

Una delle possibili cause del riscaldamento a livello mondiale è considerato l'aumento del contenuto di anidride carbonica nell'atmosfera e quindi il cosiddetto «effetto serra» ad esso collegato. Oggi l'atmosfera contiene in media circa lo 0,35 per mille di anidride carbonica (valore pre-industriale 0,28 per mille), che – insieme ad altri gas traccia – è d'importanza decisiva per l'equilibrio termico della terra. È stato calcolato che senza l'effetto dei gas serra naturali la superficie terrestre sarebbe più fredda di circa 33 gradi e quindi la terra sarebbe un pianeta gelido e inospitale. Invece, sulla base di valori e calcoli empirici, si ritiene che un raddoppiamento della concentrazione atmosferica di anidride carbonica comporterebbe un riscaldamento totale da 4 fino a 6 gradi Celsius, il che avrebbe conseguenze gravissime, come ad esempio la fusione di enormi quantità di ghiaccio sulle calotte polari e quindi il catastrofico aumento del livello del mare. Alle nostre latitudini i ghiacciai continuerebbero a sciogliersi e il limite del permagelo nelle Alpi salirebbe sempre di più. Qualche segnale di una tale situazione è già evidente e le conseguenze potrebbe essere frane e morene.

### L'umanità «commette anch'essa molti peccati»

Da alcuni decenni la concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera è sempre in aumento e parallelamente le statistiche fanno registrare un aumento globale della temperatura. È praticamente dimostrato che i cambiamenti climatici sono provocati anche dall'uomo e che gli sviluppi all'interno di una certa intensità si possono prevedere senza grandi difficoltà. A questo proposito può risultare interessante dare uno sguardo ad un opuscolo della Società svizzera di fisica del 1989. Dieci anni fa si parlava di un aumento globale medio della temperatura dal 1860 di 0,5 gradi Celsius e alcune delle cause possibili venivano individuate nelle eruzioni vulcaniche, nelle modifiche dei parametri solari e nelle oscillazioni della circolazione oceanica. Si diceva però espressamente che, con l'assorbimento termico dell'oceano, l'aumento globale della temperatura veniva ritardato di circa due decenni e che quindi – tenuto presente questo effetto – sarebbe dovuto essere più alto dello 0,5 gradi indicato. Oggi si parla infatti di





Una frana come effetto dei mutamenti climatici.

0,7 gradi e il comportamento dell'ecosistema sembra ormai più prevedibile.

### ... e il nostro amico sole?

Con tutto il rispetto per la ricerca, la scienza e i calcoli statistici: non c'è niente che sia veramente irrevocabile. Proprio di recente sono state messe in discussione le conseguenze dell'effetto serra e si è attribuita maggiore importanza all'irradiazione cosmica. La causa potrebbe essere l'attività solare o, per meglio dire, l'apparizione e la scomparsa delle macchie solari in un ciclo di undici anni. Per ridurre il tutto a un denominatore comune: nei periodi di elevata attività solare, sotto l'effetto dell'irradiazione cosmica si formano meno nuvole, il che fa salire nuovamente la curva della temperatura verso l'alto e viceversa. Bisogna comunque sapere che l'attività delle macchie solari non è legata a un «calendario continuo». Ad esempio tra il 1645 e il 1715 le macchie solari erano completamente scomparse, un periodo di tempo che i ricercatori in seguito collegheranno sempre a un peggioramento del clima, cioè alla già menzionata «piccola era glaciale». E che ne è delle eruzioni solari durante le quali vengono scaraventati nello spazio enormi flussi di materia? La scienza deve ancora rispondere a molte complesse domande.

Già da molto tempo si presume che il sole,

o meglio le posizioni della terra rispetto al sole, a lungo termine potrebbero influire sul clima terrestre perché i movimenti della terra non sono definiti una volta per tutte con la stessa monotona uniformità. Infatti nell'arco di lunghi periodi di tempo (100 000 anni) la terra modifica la sua orbita intorno al sole passando da un cerchio quasi perfetto a un'ellisse un po' allungata per tornare poi di nuovo alla forma di un cerchio. La differenza ammonta a 18 milioni di chilometri. Probabilmente influisce l'inclinazione dell'ellisse, mentre l'asse di rotazione della terra nell'arco di 41 000 anni oscilla tra 21,5 e 24,5 gradi. Un terzo fattore è la precessione. Mentre la forma dell'orbita e l'angolo d'inclinazione dell'asse di rotazione variano, la terra compie contemporaneamente un lento movimento circolare nello spazio. Il suo asse descrive un cerchio che essa completa ogni 22 000 anni. Da tutti questi fattori risultano sempre nuove costellazioni.

### Una sfida per tutti

Alla luce degli aspetti fin qui descritti è evidente che gli incombenti cambiamenti climatici rappresentano una sfida globale. Le Conferenze di Rio tenutesi fino ad oggi hanno dato risultati deludenti. Si tratta di una sfida per la scienza che deve affrontare il compito di approfondire le conoscenze con i complessi meccanismi fisici, chimici e

biologici che dirigono il sistema Terra. In particolare è necessario individuare precisamente e il più rapidamente possibile l'influsso dell'uomo sulla temperatura per separarlo dalle oscillazioni naturali. In primo piano c'è la correlazione tra il clima e gli ecosistemi che deve essere studiata con metodi moderni e interdisciplinari. Si tratta di una sfida per la tecnica nella quale si impone l'abbandono dello sfruttamento dell'energia fossile. È un compito sicuramente decisivo, ma non irresolubile. Lo sviluppo di sistemi con scarse emissioni e l'ottimizzazione dello sfruttamento d'energia pone all'attuale politica energetica grossi problemi e notevoli esigenze. Per la preparazione di energia senza emissione di anidride carbonica è disponibile – oltre alle centrali idriche, all'energia solare ed eventualmente all'energia eolica – solo l'energia nucleare. Anche questo è un punto da considerare. Si tratta di una sfida anche per l'economia nella quale – in vista delle misure da adottare per alleviare i problemi – deve affermarsi la necessità di sostituire il sistema della crescita quantitativa dell'economia e della popolazione con una crescita qualitativa. Si tratta infine di una sfida anche per la società. Una strategia efficace per l'attenuazione dei cambiamenti climatici richiede infatti che i mutamenti scientifici e tecnici siano accettati e realizzati da un'ampia parte dell'opinione pubblica. ▣