

**Zeitschrift:** Energie & Umwelt : das Magazin der Schweizerischen Energie-Stiftung SES

**Herausgeber:** Schweizerische Energie-Stiftung

**Band:** - (1988)

**Heft:** 1: Ausstieg offiz. mögl.

**Artikel:** Der Treibhauseffekt und die Atomkraft oder wie Argumente sich verflüchtigen

**Autor:** [s.n.]

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-586033>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

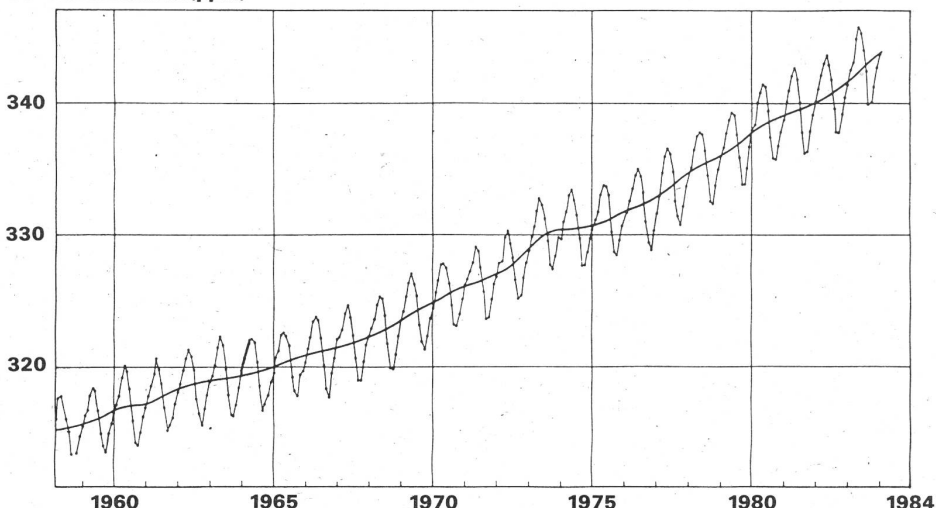
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 06.08.2025

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

Grafik 1

CO<sub>2</sub>-Konzentration (ppm)



Grafik 1. Anstieg der Kohlendioxid-(CO<sub>2</sub>-)Konzentration in der Atmosphäre, gemessen 1958 bis 1984 auf dem Mauna Loa, Hawaii USA. Jeder Punkt gibt den monatlichen Durchschnittswert an. Das jahreszeitliche Wachstum der Pflanzen schlägt sich im Kurvenverlauf nieder: Er fällt jeweils vom Frühjahr bis zum Herbst zurück – durch die pflanzliche CO<sub>2</sub>-Bindung – und steigt im Winter wieder an. ppm: parts per million (Volumenanteil CO<sub>2</sub> pro Million Teile Luft). Keeling 1983

Grafik 2. (Un-)Genauigkeit heutiger Klimamodelle. Dargestellt ist die Differenz zwischen der nach Modell berechneten und der beobachteten mittleren zonalen Temperatur für verschiedene Höhen (diese sind als «Druck» angegeben). Mittlere zonale Temperatur: durchschnittliche Temperatur aller Orte auf der Erdkugel mit gleicher geografischer Breite. Angaben in Grad Celsius.

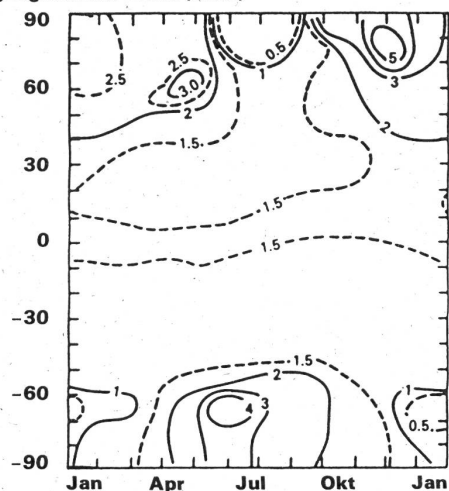
Grafik 3. Erhöhung der Oberflächentemperatur der Luft aufgrund einer stetigen Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf das Doppelte (nach der Modellrechnung). Der Effekt variiert mit der geografischen Breite und der Jahreszeit. Die eingezeichneten Temperaturen sind zonal gemittelt (siehe Grafik 2). Angaben in Grad Celsius.

In letzter Zeit hört und liest man immer mehr und immer wieder vom «CO<sub>2</sub>-Problem» – globaler Temperaturanstieg, Abschmelzen der Polkappen und was der Schlagworte mehr sind. Was hat es mit diesem Phänomen auf sich, wo bewegen wir uns auf dem Boden gesicherter Erkenntnis, wo beginnt die Spekulation, und – last but not least – kann die Atomenergie einen Beitrag zur Milderung des CO<sub>2</sub>-Problems leisten, wie die Atomwirtschaft behauptet? Diese Fragen hat Mathias Rotach, Atmosphärenphysiker und Mitglied des SES-Ausschusses, untersucht.

Normales Fensterglas hat die Eigenschaft, kurzwellige elektromagnetische Strahlung (Sonnenlicht) praktisch ungestört passieren zu lassen, während es für langwellige (infrarote) Strahlung wie eine «Barriere» wirkt. Diese Tatsache wird beim Bau von Treibhäusern genutzt, indem die langwellige Ausstrahlung der Erde durch das Glasdach zu einem beträchtlichen Teil absorbiert wird (und damit zur Temperaturerhöhung beiträgt), während die für die Photosynthese wich-

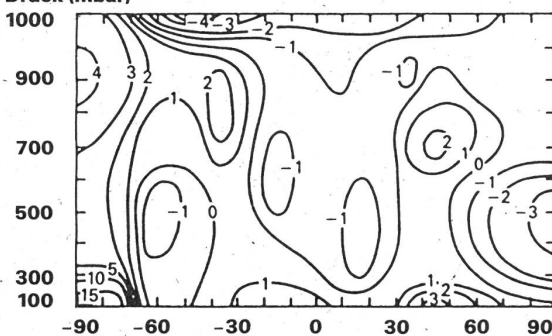
tige kurzwellige Sonnenstrahlung trotzdem «ungehindert» eindringen kann. In diesem Sinne können wir das System Erde-Atmosphäre als gigantisches Treibhaus bezeichnen. Die Rolle des Glases spielen hier einige semipermanente Bestandteile der Atmosphäre (Kohlendioxid, Wasserdampf und Spurengase wie Methan, Lachgas, Ozon), wobei das Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) aufgrund seiner relativen Häufigkeit für etwa die Hälfte der beobachteten Temperaturerhöhung verant-

Grafik 3 geografische Breite (Grad)



Grafik 2

Druck (mbar)



geografische Breite (Grad)

# Der Treibhauseffekt und die Atomkraft oder wie Argumente sich verflüchtigen

wortlich ist. Dieser Treibhauseffekt trägt wesentlich zu den Klimaverhältnissen auf der Erde und damit zu unserem Wohlbefinden bei, zeigt doch eine einfache Rechnung, dass ohne die Treibhausgase die mittlere Oberflächentemperatur der Erde bei etwa  $-18$  Grad Celsius liegen würde – statt der beobachteten  $+15$  Grad!

Durch seine Aktivität greift der Mensch entscheidend in den Haushalt der strahlungsaktiven Bestandteile der Atmosphäre («Treibhausgase») ein. Durch das Verbrennen der fossilen Brennstoffe, die im Verlaufe von Jahrtausenden im Erdinneren entstanden, in – vergleichsweise – «Sekundenbruchteilen» der Erdgeschichte, wird eine beträchtliche Menge an Kohlenstoff wieder dem aktiven Kohlenstoffkreislauf zugeführt. Dies und viele andere menschliche Handlungen (wie etwa beim Reisanbau die Produktion von Methan) hat die Konzentration der Treibhausgase in jüngster Zeit schnell ansteigen lassen.

**Grafik 1**

## Heutige Klimamodelle sind unzulänglich

So klar diese Voraussetzungen und der damit verbundene Einfluss auf unser Klima auf den ersten Blick scheinen mögen: Die plausible Abschätzung einer voraus-sagbaren Wirkung auf unsere Umwelt durch diese erhöhten Konzentrationen der Treibhausgase erweist sich als unendlich viel komplizierter.

Die Erde und die sie umschliessende Atmosphäre bilden ein riesiges kybernetisches System mit einer Vielzahl von Abhängigkeiten, Rückkoppelungsmechanismen und Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Systemgrössen.

Dazu folgendes: Die Erde ist eine Kugel,

die sich um ihre Achse dreht. Diese ist zur Ebene, die ihre Bahn um die Sonne (Energiequelle) beschreibt, schräg gestellt. Damit wird die Erde an verschiedenen Teilen ihrer Oberfläche unterschiedlich erwärmt. Unter anderem ist es diese «differentielle Erwärmung», die die Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre antreibt, um durch Energietransport die sie bedingenden Temperaturgegensätze nicht «in den Himmel wachsen» zu lassen.

Die Verteilung der strahlungsaktiven Spurengase in der Atmosphäre ist aufgrund dieser Prozesse natürlich nicht schön gleichmässig, sondern variiert u. a. mit der geographischen Breite, der Höhe über Meer sowie saisonal. Entsprechend ändern sich die Strahlungsverhältnisse. Zusätzlich tragen die Ozeane mit ihren Strömungen nicht nur zum lateralen Energietransport bei, sie bilden auch ein riesiges Kohlenstoffreservoir, das die Konzentration einiger Treibhausgase bis zu einem gewissen Grad zu regulieren vermag.

Alle diese physikalischen Prozesse – von denen hier natürlich nur die bedeutendsten erwähnt sind – können durch mathematische Gleichungen angenähert dargestellt werden. Dieses riesige Gleichungssystem besitzt jedoch aufgrund seiner Nichtlinearität keine analytische Lösung, d. h. es lässt sich kein Satz von Variablen berechnen, der allen Gleichungen gleichzeitig in voller Allgemeinheit genügt.

Für Modelle, die unser Klima und seine Entwicklung beschreiben sollen, müssen also zwangsläufig Vereinfachungen vorgenommen werden. Und auch der grösste denkbare Computer ist nicht in der Lage, eine «genaue» numerische Lösung des gestellten Problems zu liefern, denn die Gleichungen müssten für alle möglichen

Punkte (Orte) in der Atmosphäre gleichzeitig gelöst werden können, von denen es bekanntlich unendlich viele gibt.

In der Praxis bedient man sich trotzdem des Computers, um mögliche künftige Klimaentwicklungen zu simulieren. Die Erde wird dabei mit einem Punktgitter überzogen, von denen jeder als repräsentativ angesehen wird für seine nähere Umgebung. Für diese Punkte wird das Gleichungssystem dann näherungsweise numerisch gelöst, bis sich ein konsistenter Gleichgewichtszustand eingestellt hat.

Natürlich müssen solche Modelle zuallererst einmal in der Lage sein, das heutige Klima angemessen zu beschreiben. Wie genau dies heute etwa möglich ist, zeigt **Grafik 2**.

Aber erst wenn der heutige Zustand – und allenfalls frühere bekannte Klimazustände – befriedigend modelliert werden können, wird ein Parameter, etwa die Verteilung der  $\text{CO}_2$ -Konzentration, variiert, um deren Auswirkungen zu studieren. Dies ist allerdings insofern problematisch, als Klimamodelle praktisch immer in der Absicht gemacht werden, eben gerade die entsprechende Parametervariation zu untersuchen. Dabei werden die Vorstellungen, die man sich vom zu untersuchenden Prozess macht, zwangsläufig in Form von Vereinfachungen ins Modell hineinsteckt.

Ein solches Modell wird also niemals in der Lage sein, etwas zu beschreiben, was nicht vorher schon bekannt war. Es kann nur dazu dienen, dieses Wissen räumlich und zeitlich zu quantifizieren. Und daran wird sich nichts ändern, solange es uns nicht möglich ist, eine adäquatere Form der Beschreibung von nichtlinearen, vernetzten Systemen zu finden.

Aufgrund des oben Gesagten kann es

## UNO-Versammlung zur Rettung der tropischen Wälder!

Im Zusammenhang mit der Zerstörung der tropischen Wälder fordert die britische Zeitschrift «The Ecologist» mit einer Petition eine ausserordentliche UNO-Versammlung. Der «biologische Holocaust» verlange dringliche Massnahmen, wenn eine globale Katastrophe (auch eine Treibhaus-Katastrophe durch die Rauch- und CO<sub>2</sub>-Emissionen beim Abbrennen der Wälder) vermieden werden soll. Die Petition «Save the forests – Save the planet» benötigt weltweit eine Million Unterschriften. Sie hat folgenden Wortlaut:

«Wir, die Unterzeichneten, sind der Meinung, dass die fortlaufende weltweite Zerstörung der tropischen Wälder die schwerwiegendste Gefahr darstellt, mit der die Menschheit je konfrontiert worden ist. Wir sind überzeugt, dass schnellstes Handeln nicht nur von Individuen, lokalen Gruppen, nicht-staatlichen Organisationen und nationalen Regierungen gefordert werden soll, sondern auch von der internationalen Gemeinschaft als Ganzem. Deshalb fordern wir, dass eine Ausserordentliche Versammlung der Vereinten Nationen einberufen wird, und zwar so schnell wie möglich. Diese soll einen dringlichen Massnahmenkatalog ausarbeiten, mit dem dieser katastrophale Prozess gestoppt und tatsächlich auch rückgängig gemacht werden soll. Dieser Massnahmenplan soll die wichtigsten Vorschläge des «Ecologist» beinhalten. Und mehr noch: Seiner Ausführung ist höchste Priorität zu geben, und kurzfristige politische und ökonomische Überlegungen sind notwendigerweise unterzuordnen – unter das, was in der Tat unsere wichtigste Aufgabe ist: zu sichern, dass unser Planet ein Ort für komplexe Formen von Leben – eben auch von menschlichem Leben – bleibt.» Unterschriftenbögen und weitere Informationen zur Petition des «Ecologist» können bezogen werden bei:

Pierre Lehmann, c/o SEDE SA, 33, rue du Midi, 1800 Vevey.

nicht verwundern, wenn alle bekannten Klimamodelle eine globale Temperaturzunahme von 2 bis 4 Grad Celsius, allerdings unterschiedlich nach geographischer Breite und Jahreszeit, voraussagen (Grafik 3 als Beispiel). Einerseits gibt die Übereinstimmung der Prognosen von doch recht verschiedenen Modellen ein gewisses Vertrauen in deren Aussagen. Andererseits lässt uns das Wissen um die grundsätzliche Unzulänglichkeit der Modelle am Wert ihrer Prognose zweifeln. Dürfen wir überhaupt glauben, was sie uns prophezeien? Ich denke: wir müssen – es bleibt uns gar keine andere Wahl! Aufgrund unseres heutigen Wissens deuten alle Indizien darauf hin, dass die drastische Zunahme der Treibhausgase in der Atmosphäre zu der befürchteten Klimakatastrophe führt. Denn die erwähnte Erhöhung der Oberflächentemperatur würde mit Sicherheit für verschiedene Gebiete der Erde unterschiedlich ausfallen. Nicht nur, dass wir vielleicht an unseren Seen im Sommer Bedingungen wie an der Riviera hätten – dies würde uns wohl nicht weiter stören. Gebiete, die im Norden an heutige Wüsten angrenzen, um nur ein Beispiel zu nennen, würden schon durch kleine Temperaturerhöhungen unbewohnbar, ihre Bewohner würden ihre Lebensgrundlage verlieren. Eine Vergrößerung der sozialen Gegensätze und Kriege wären wohl die Folge. Mag es auch sein, dass wir das Klima bei einem weiteren Anstieg der Spurengaskonzentrationen nicht mit absoluter Sicherheit voraussagen können: Solange nicht mindestens ebenso gewichtige Indizien für das Gegenteil vorgelegt werden (nämlich dass die Erhöhung der Konzentration harmlos ist), müssen wir aufgrund des Ausmasses der sozialen und menschi-

chen und Umweltfolgen diese Voraussagen als richtig annehmen und uns entsprechend verhalten.

### Prognosen sind – trotzdem – ernstzunehmen

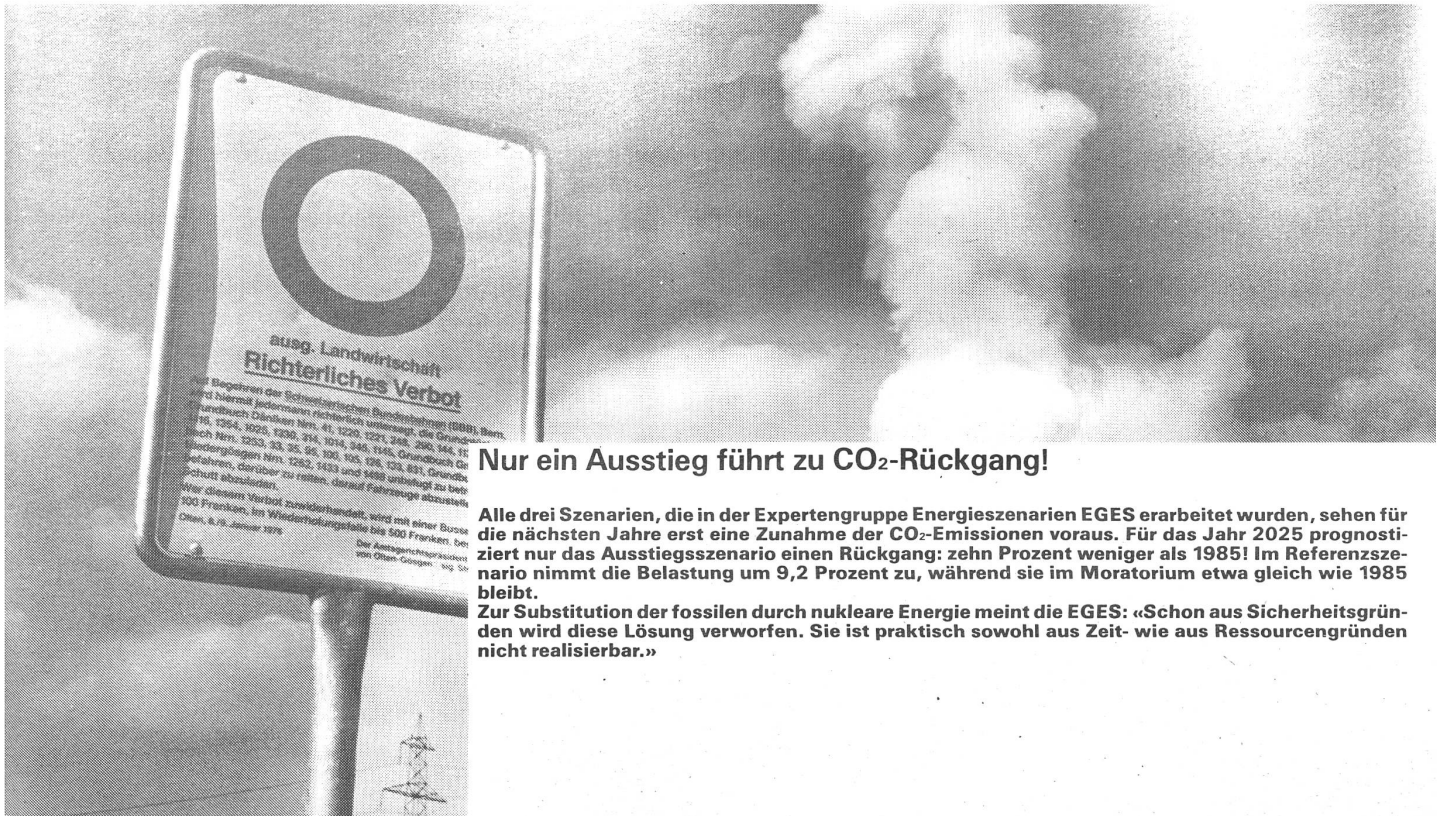
Man mag sich vielleicht fragen, warum erst mit allem Nachdruck auf die Unsicherheit und Mangelhaftigkeit der heutigen Klimamodelle hingewiesen wurde, und dann trotzdem gefordert wurde, deren Prognosen ernst zu nehmen. Dies bedarf vielleicht einiger Erklärungen. In jüngster Zeit stehen wir immer häufiger Entwicklungen gegenüber, von denen wir annehmen müssen, dass sie sehr weitreichende Folgen für grosse Teile der Menschheit haben könnten. Nur ist es eben oft so, dass diese Befürchtungen nur beschränkt – oder eben gar nicht – «knallhart» wissenschaftlich beweisbar sind. Und so glaubt dann jeder, je nach politischem Standpunkt, was gerade besser in sein Weltbild zu passen scheint. Seien das nun die Befürchtungen der verantwortungsvollen Wissenschaftler oder eben die Verharmlosungsversuche aus Kreisen, die ein Interesse daran haben, dass es das entsprechende Problem «nicht gibt».

Dieses Phänomen ist sehr weit verbreitet: Für AKW-Betreiber und -Befürworter ist das Strahlenrisiko und das Entsorgungsproblem zwar vorhanden, aber es erfordert keine Konsequenzen; für Erdölimporteure ist die Treibhausgefahr zwar ein mögliches Problem, aber nicht bewiesen, erfordert also auch keine Änderung unseres Verhaltens. Und umgekehrt. Gerade beim Treibhausproblem wird in Umweltschutzkreisen sehr oft «vergesen», dass die zu erwartenden Klimaver-

änderungen zum Teil auf Spekulationen beruhen. Und diese Tatsache macht es interessierten Kreisen natürlich umso leichter, einen «Gegenexperten» zu finden, der bestätigt, es sei alles sehr unsicher, man müsse sich deshalb gar keine Sorgen machen... Experten, Gegenexperten – so bleibt dem Laien gar nichts anderes übrig, als weiterhin demjenigen Glauben zu schenken, der für ihn auf der richtigen Seite steht. Somit geht es also – Wissenschaft hin oder her – letztlich um politische, machtpolitische Entscheide. Trotzdem scheint es mir sehr wichtig, dass wir lernen, die ganze Wahrheit zu sehen und mit ihr umzugehen. Für eine kurzfristige Erhöhung der Überzeugungskraft (indem die Unsicherheit der Prognosen verharmlost oder ganz unter den Tisch geworfen wird) dürfen wir unsere Glaubwürdigkeit nicht aufs Spiel setzen.

### Weltweit 4450 AKWs?

Aus dem oben Gesagten ergibt sich ganz klar, dass wir etwas unternehmen müssen, wenn wir uns nicht der Gefahr einer möglichen Klimakatastrophe aussetzen wollen. Es muss vor allem etwas geschehen bei Produktion und Verbrauch von Energie, denn dadurch entsteht ein grosser Teil der strahlungsaktiven Gase. Umweltlobby und UmweltökonomInnen betonen natürlich: Sparen, Energie effizienter und sinnvoller nutzen, andere Energieträger fördern. Aber, gewisse Wachstumstheoretiker beim Wort genommen: wie steht es mit der Atomenergie, die uns ja immer wieder als die grosse Retterin in der Not gepriesen wird, wenn von der Treibhausproblematik die Rede ist? Neben Wind- und Sonnenenergie wie auch Wasserkraft zeichnet sich Atom-



## Nur ein Ausstieg führt zu CO<sub>2</sub>-Rückgang!

Alle drei Szenarien, die in der Expertengruppe Energieszenarien EGES erarbeitet wurden, sehen für die nächsten Jahre erst eine Zunahme der CO<sub>2</sub>-Emissionen voraus. Für das Jahr 2025 prognostiziert nur das Ausstiegsszenario einen Rückgang: zehn Prozent weniger als 1985! Im Referenzszenario nimmt die Belastung um 9,2 Prozent zu, während sie im Moratorium etwa gleich wie 1985 bleibt. Zur Substitution der fossilen durch nukleare Energie meint die EGES: «Schon aus Sicherheitsgründen wird diese Lösung verworfen. Sie ist praktisch sowohl aus Zeit- wie aus Ressourcengründen nicht realisierbar.»

energie tatsächlich dadurch aus, dass bei ihrer Erzeugung kein CO<sub>2</sub> oder andere Treibhausgase entstehen. Doch: Ist die Energieproduktion durch Atomspaltung überhaupt fähig, Wesentliches zur Lösung des CO<sub>2</sub>-Problems beizutragen? Zwei Fragen müssen also beantwortet werden:

- Was trägt die Atomenergie heute zur Lösung des Treibhausproblems bei?
- Was könnte sie allenfalls beitragen, und was hätte dies für Folgen?

Weltweit beträgt der Anteil der 375 in Betrieb stehenden Atomreaktoren am gesamten Energieverbrauch etwa 1,5 Prozent, das heisst: Kernbrennstoffe liefern pro Jahr ungefähr vier Millionen Terajoule Energie (Stand 1986). Damit ersetzen sie etwa 94 Millionen Tonnen fossile Brennstoffe (die die gleiche Energie erzeugen könnten). Es wird uns somit die Emission von rund 278 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr erspart, was umgerechnet einer atmosphärischen Konzentration von 0.07 ppm entspricht (parts per million = Volumenanteile CO<sub>2</sub> pro Million Volumenanteile Luft). Gesamthaft sind uns also in den letzten 30 Jahren der Atomenergienutzung maximal 2 ppm an zusätzlichem CO<sub>2</sub> erspart geblieben.

Nun hat aber die Treibhausproblematik ganz andere Dimensionen. Von einem Wert von 280 bis 290 ppm in der vorindustriellen Zeit ist die CO<sub>2</sub>-Konzentration seither stetig angestiegen bis auf über 340 ppm heute (Bild 1).

Bis jetzt hat also die Atomenergie keinen wesentlichen Beitrag zur «Besänftigung» der Treibhausproblematik geleistet. Wäre sie ansonsten eine unproblematische Sache, würde man ihr die «4% weniger CO<sub>2</sub>-Treibhaus» als positive Dreingabe

werten – als Legitimation reicht dies allerdings niemals aus.

Um wirklich substantiell zur Entschärfung des CO<sub>2</sub>-Problems beizutragen, müsste die Atomkraft in der Lage sein, einen wesentlichen Anteil – sagen wir die Hälfte – der heute mit fossilen Brennstoffen produzierten Energie zu substituieren. 1986 betrug der Verbrauch an fossilen Brennstoffen global 6.7 Milliarden Tonnen Öl-Äquivalent (nach BP-Statistik «View of Energy 1987»). Dies entspricht einer Leistung von rund 8900000 Megawatt (MW). Es würde also 4450 Atomkraftwerke à 1000 MW (Gösgen!) brauchen, um nur die Hälfte dieser Leistung zu erbringen. Und dies bei einer Auslastung von 100 Prozent – bei der heute üblichen Auslastung von 60 Prozent wären es allerdings schon 7400 Stück! Diese riesige Anzahl von AKW müsste in sehr kurzer Zeit in Betrieb genommen werden können; wir nehmen einmal 30 Jahre an (denn danach müssten die ersten ja schon wieder ersetzt und entsorgt werden).

Wir sähen uns also gezwungen, weltweit alle 36 Stunden ein Atomkraftwerk in Betrieb zu nehmen (ganz zu schweigen von den Uranabbaugebieten, Wiederaufbereitungsanlagen, Transporten, Zwischen- und Endlagern für die radioaktiven Abfälle). Dies allein wäre mit Kosten – wenn sich die überhaupt beziffern lassen – von rund 37000 Milliarden Franken (oder einige Male das gegenwärtige Welt-Brutto-sozialprodukt) verbunden.

Wer weiss, dass die Risiken der atomaren Anlagen immer pro Reaktor und Jahr angegeben werden, wird schnell feststellen, dass die Wahrscheinlichkeit eines GAU à la Tschernobyl bei einem solchen Horror-Szenario schnell einmal in der unmittel-

baren Nähe von eins angelangt wäre.

## Elf neue AKWs gegen «Schweizer Treibhaus»

Obwohl das Treibhausproblem global ist und allfällige Massnahmen in diesem Massstab beurteilt werden müssen, können wir uns trotzdem deren Auswirkungen auf die Schweiz ansehen. Um die Hälfte der mit fossilen Brennstoffen erzeugten Energie (das sind laut schweizerischer Energiestatistik 9317 Millionen Megawatt für 1986) zu substituieren, müssten – bei stagnierendem Energieverbrauch! – elf zusätzliche 1000-MW-Reaktoren (in der Schweiz lastet man sie zu 80% aus) zur Verfügung stehen. Das heisst also: neben Kaiseraugst, Graben, Verbois und Rütli müsste allenfalls an folgenden Orten noch ein AKW gebaut werden (als Beispiel, und um die Konsequenzen etwas plastischer erscheinen zu lassen): Chur, Locarno, Neuchâtel, Winterthur, Luzern, Sion, St. Gallen (oder entsprechend mehr, falls es kleinere Meiler sein sollten). Eine nicht gerade erhebbende Vorstellung – ganz abgesehen von den Kosten und Risiken und vom potenzierten, nach wie vor ungelösten Abfall-Problem.

Wer die Atomenergie als «Troubleshooter» in der Treibhausproblematik propagiert, unterschlägt zwei Dinge:

- Bis heute leistet die Atomenergie nur einen marginalen Beitrag zur Verminderung des Ausstosses an Treibhausgasen.
- Schon dieser kleine Beitrag konfrontiert uns mit zum Teil unlösbar scheinenden Problemen. Ein Ausbau auf ein wirklich «klimarelevantes» Mass hätte zumindest ebenso schreckliche Folgen wie die befürchtete Klimakatastrophe.