

Gemeinsamer Aufruf der DPG und der DMG

Warnung vor drohenden weltweiten Klimaänderungen durch den Menschen

Der Aufruf des Arbeitskreises Energie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (Anfang 1986) zum Problem der weltweiten Klimaänderung hat in weiten Kreisen eine hohe Resonanz gefunden. Die Gefahr weltweiter Klimaänderungen durch den Menschen ist vielen bewußt geworden. Fragen wurden gestellt, was zur Abhilfe zu tun sei. Konkrete Maßnahmen wurden bislang aber noch nicht eingeleitet.

Deshalb wenden sich die Deutsche Meteorologische Gesellschaft e. V. (DMG) und die Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V. (DPG) mit dem nachfolgenden Aufruf gemeinsam an die Öffentlichkeit. Er gründet sich auf die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse und gibt ausführliche Hinweise zur Eindämmung der Gefahr von Klimaänderungen. Er weist – auch was unser eigenes Land betrifft – auf die nötigen Veränderungen für die künftige Energieversorgung hin.

Im Namen ihrer Gesellschaften fordern die Präsidenten der DMG, Prof. H.-W. Georgii, und der DPG, Prof. J. Trümper, dazu auf, ein wirksames Programm zur Eindämmung der drohenden Klimaänderungen jetzt zu beginnen.

Der Gehalt der Luft an Kohlendioxid und an weiteren klimawirksamen Spurengasen wie Methan, Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffe, Distickstoffoxid und Ozon (dieses nur in der unteren Atmosphäre), steigt weltweit bedrohlich an. Verursacht wird der Anstieg

- an Kohlendioxid: zum Großteil durch Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas, zum kleineren Teil durch Waldrodungen, Bodenerosion und Entwässerung von Feuchtgebieten,
- an Methan: durch die Intensivierung von Reisanbau und Viehzucht, vornehmlich in tropischen Gebieten,
- an Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffen: durch den Betrieb von Kühl- und Klimaanlage, die Verwendung von Spraydosen und durch Kunststoffverschäumung,
- an Distickstoffoxid: durch mikrobielle Zersetzung von Kunstdünger und durch Verbrennung von organischen Substanzen,
- an Ozon in der unteren Atmosphäre (Troposphäre): durch Zusammenwirken von Sonnenlicht mit Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen. Die genannten Gase, außer Ozon, lassen das Sonnenlicht fast ungehindert auf die Erde einfallen; sie alle behindern aber die Wärmeabstrahlung der Erde in den Weltraum nachhaltig (Treibhauseffekt).

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

- an Kohlendioxid um 1,5 bis 4,5 °C,
 - an den anderen Spurengasen um annähernd weitere 1,5 bis 4,5 °C,
 - insgesamt also um etwa 3 bis 9 °C ansteigen wird,
- wenn die bisher beobachtete Zuwachsrate in

etwa konstant und die Verzögerung durch die hohe Wärmekapazität des Ozeans gering bleibt.

Dieser Temperaturanstieg wäre regional und jahreszeitlich durchaus unterschiedlich hoch, in den Tropen etwa halb so hoch, im polaren Winter dagegen etwa zwei- bis dreimal so hoch wie im Mittel. Jede Temperaturänderung wird aber auch die atmosphärische Zirkulation beeinflussen und daher Niederschläge umverteilen. Solche weitreichenden Klimaänderungen hätten sicherlich erhebliche, regional unterschiedliche Auswirkungen auf die Lebensbedingungen.

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

Aufgerufen sind deshalb

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

Um sowohl die Klimabedrohung als auch das Problem ihrer Vermeidung deutlich zu machen, werden im folgenden wissenschaftliche Aussagen über natürliche Klimaschwankungen und Prognosen künftiger, vom Menschen verursachter Klimaänderungen skizziert und Empfehlungen für wirtschaftliches und politisches Handeln bezüglich Minderung der Spurengasemissionen, und dadurch bedingte Veränderungen unserer künftigen Energieversorgung gegeben.

I Wissenschaftliche Aussagen

Natürliche Klimaschwankungen

Wasserdampf und Kohlendioxid in der Atmosphäre haben eine entscheidende Wirkung auf das Klima: Ohne diese Gase würde aufgrund der Strahlungsbilanz zwischen Einstrahlung von der Sonne und Abstrahlung von der Erde die mittlere Temperatur an der Erdoberfläche etwa – 18 °C betragen. Diese Gase ab-

sorbieren jedoch einen Teil der von der Erdoberfläche abgestrahlten Wärme und strahlen diese wieder teilweise zurück (Treibhauseffekt), so daß die mittlere Temperatur an der Erdoberfläche bei gegenwärtig + 15 °C liegt. Der Treibhauseffekt wird überwiegend von Wasserdampf und zu einem kleineren Teil von Kohlendioxid und anderen Spurengasen bewirkt. Im Verlauf der letzten Jahrmillionen schwankte die mittlere Temperatur auf der Erde zwischen Eis- und Warmzeiten um ca. – 5 °C bis + 2 °C gegenüber dem heutigen Wert (jeweils über viele Jahre gemittelt). Der Kohlendioxid-Gehalt der Luft sank in der letzten Eiszeit (Höhepunkt vor 18 000 Jahren) auf ca. 180 bis 200 ppm (ppm = Millionstel Volumenanteil) ab, lag damit bei etwa 70 % des Gehalts während der beiden letzten Warmzeiten. Geregelt wird der Kohlendioxid-Gehalt der Luft im ständigen, natürlichen Kreislauf zwischen Atmosphäre, Pflanzen, Ozean, Meeres-Sedimenten und Verwitterung der Sedimentgesteine.

Prognosen künftiger, vom Menschen verursachter Klimaänderungen

1. Anstieg des Gehalts klimawirksamer Spuren-gase in der Atmosphäre

Seit etwa 1800 stieg der Kohlendioxid-Gehalt der Luft von damals ca. 280 ppm bis auf den heutigen Wert von 347 ppm stetig an, anfänglich um nur ca. 0,2 ppm pro Jahr, heute bereits um etwa 1,6 ppm pro Jahr, entsprechend etwa 3,5 Milliarden Tonnen Kohlenstoff pro Jahr. Dieser Anstieg wird verursacht durch die künstliche Freisetzung von Kohlendioxid, heute überwiegend durch Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas in Höhe von rund 5 Mrd t Kohlenstoff pro Jahr, aber auch durch die Zerstörung von Teilen der Biosphäre (Rodung von Wäldern, Bodenzerstörung) in Höhe von 1 bis 3 Mrd t Kohlenstoff pro Jahr.

Vom künstlich freigesetzten Kohlendioxid sind innerhalb der letzten 100 Jahre nur ca. 40 bis 50 % in der Atmosphäre geblieben. Die Unsicherheit dieses Anteils liegt in der ungenauen Kenntnis der freigesetzten Raten durch Entwaldung und Bodenerosion. Die anderen 50 bis 60 % werden bislang zum überwiegenden Teil im Ozean gespeichert. Auch ein bei steigendem Kohlendioxid-Gehalt der Luft gesteigertes Pflanzenwachstum könnte den Kohlendioxid-Gehalt der Luft weniger stark anwachsen lassen; allerdings ist ein solcher Effekt bisher nicht erkennbar. Mangels genauerer Kenntnis nehmen wir für die Abschätzung des künftigen Kohlendioxid-Gehaltes der Luft an, daß auch weiterhin wie bisher ca. 40 bis 50 % der künstlich freigesetzten Menge auf Dauer in der Atmosphäre bleiben: Die Steigerungsrate der Kohlendioxid-Freisetzung betrug im Mittel der letzten 5 Jahrzehnte ca. 4 % pro Jahr, im letzten Jahrzehnt ca. 2 % pro Jahr.

Bei einer künftigen Steigerung von nur 1 % pro Jahr, wie sie derzeit allein schon von China aufgebracht wird, wüchse innerhalb von 50 bis 100 Jahren der Kohlendioxid-Gehalt der Luft auf ca. 500 bis 600 ppm an. Er würde dann bereits doppelt so schnell wie derzeit weiter steigen. Selbst wenn die Freisetzung ab sofort nicht mehr steigen würde, sondern auf der derzeitigen Emissionsrate konstant bliebe, so würde der Kohlendioxid-Gehalt der Luft innerhalb von 50 bis 100 Jahren noch auf ca. 400 bis 500 ppm anwachsen, mit weiterhin steigender Tendenz.

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

– Methan (durch die Intensivierung von Reisanbau und Viehzucht, vornehmlich in tropischen Gebieten, aus Mülldeponien und Verlusten bei der Handhabung von Erdgas sowie durch Verbrennung von organischen Substanzen), Zunahme: 1,2 % pro Jahr

– Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffe (aus Kühl- und Klimaanlage, aus Spraydosen und durch Kunststoffverschäumung), Zunahme: 4–5 % pro Jahr

– das Distickstoffoxid (durch mikrobielle Zersetzung von Kunstdünger und Verbrennung von organischen Substanzen), Zunahme: 0,3 % pro Jahr

– Ozon: Die Sonderrolle des Ozon verlangt eine etwas ausführlichere Darstellung: Während es in der Troposphäre, also in den unteren 10–15 km der Atmosphäre, bei Sonnenlicht und bei Anwesenheit von erhöhten Konzentrationen an Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen zunimmt, kommt es im Gebiet maximaler Konzentration in der Stratosphäre oberhalb 20 km Höhe bei erhöhten Konzentrationen von Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden zu einer Abnahme, wodurch der weltweite Schutz vor schädlicher UV-Strahlung vermindert wird. Je nach Zunahme unten und Abbau oben, d. h. je nach vertikaler Verteilung, wirkt es als Treibhausgas unterschiedlich stark. Zunahme: ca. 1 % pro Jahr in der unteren Troposphäre mittlerer Breiten der nördlichen Erdhälfte.

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

2. Abnahme der Waldflächen

Zum Höhepunkt der jetzigen Warmzeit, vor ca. 5000 Jahren, waren ungefähr 36 % aller Landflächen der Erde von Wald bedeckt, 1860 waren es noch 28 %, heute sind es nur mehr ca. 23 %. Die weitere Abnahme durch Rodungen beläuft sich derzeit jährlich auf etwa 0,5 % des Bestandes. Diese starke Abnahme der Waldflächen wird vor allem auf den Wasserhaushalt einwirken und auch den Kohlenstoffkreislauf ändern.

3. Vorhergesagte Klimaänderungen

Die mittlere Temperatur auf der Erde schwankte im vergangenen Jahrhundert von Jahr zu Jahr um weniger als 1 °C. Im Mittel von Jahrzehnt zu Jahrzehnt sind diese Schwankungen unter 0,5 °C geblieben. Sogar während der letzten zehntausend Jahre (nach der letzten

Eiszeit) haben diese Temperaturschwankungen ein Ausmaß von 1,5 bis 2,0 °C nicht überschritten.

Der Anstieg des Gehaltes der Luft an klimarelevanten Spurengasen innerhalb der vergangenen 100 bis 200 Jahre sollte Klimamodellrechnungen zufolge einen Anstieg der mittleren Temperatur auf der Erde um ca. 0,5 °C bewirken haben, wobei eine mögliche Verzögerung durch den Ozean bereits beachtet worden ist. Ein solcher Temperaturzuwachs deutet sich zwar an, er liegt aber innerhalb der natürlichen kurzzeitigen Temperaturschwankungen. Bei einem weiteren Anstieg des Gehaltes der Luft an Kohlendioxid und anderen Spurengasen wie bisher könnten die dadurch bedingten Temperaturerhöhungen in etwa ein bis zwei Jahrzehnten ein Ausmaß erreichen, das deutlich über dem der natürlichen Schwankungen liegt, also klar erkennbar würde.

Nach Klimamodellrechnungen, die z. B. immer noch die verzögernde und vielleicht dämpfende Wirkung des Ozeans nur sehr vereinfacht berücksichtigen und die Veränderung der Menge und Art der Wolken nicht verlässlich berechnen können, sollte die mittlere Temperatur auf der Erde

– bei einem Anstieg des Kohlendioxid-Gehaltes von 280 auf 560 ppm (einer Verdoppelung des vorindustriellen Wertes entsprechend) um etwa 1,5 bis 4,5 °C zunehmen.

– bei dem für den gleichen Zeitraum wie bis zur CO₂-Verdoppelung prognostizierten Anstieg der anderen Spurengase auf einen Wert, welcher dann in seiner Treibhauswirkung annähernd der Verdoppelung des Kohlendioxidgehaltes entspricht, nochmals um etwa 1,5 bis 4,5 °C anwachsen. Beide Temperaturanstiege sind annähernd additiv, da sie meist unterschiedliche Bereiche des Spektrums der Wärmestrahlung betreffen.

– insgesamt also um ca. 3 bis 9 °C ansteigen; in Äquaturnähe sollte der Temperaturanstieg etwa die Hälfte dieses Wertes, im polaren Winter etwa das Doppelte bis Dreifache betragen.

Während die Abschätzung eines Anstiegs der über Erdoberfläche und Jahreszeiten gemittelten Temperatur als weitgehend sicher angesehen werden muß, kann über die regionale und jahreszeitliche Verteilung derzeit keine verlässliche Angabe gemacht werden. Noch spekulativer sind die Vorhersagen über mögliche damit verbundene Niederschlagsänderungen. So könnten beispielsweise

– die Niederschläge in den feuchten Tropen sich noch erhöhen,

– die heutigen Trockenzeiten im nördlichen Afrika, in Arabien, in Zentralasien und in den südlichen Teilen der USA sich um einige hundert Kilometer nach Norden verlagern und damit die heutigen dichtbesiedelten, fruchtbaren Winterregenzonen um das Mittelmeer, in den USA und in der südlichen UdSSR in subtropische Trockengebiete verwandeln.

Das zu erwartende teilweise Abschmelzen des Meereises verstärkt die Absorption der Sonneneinstrahlung im Polargebiet und damit die Temperaturzunahme. Dieser Effekt ist in den Klimamodellrechnungen berücksichtigt. Der seit Beginn dieses Jahrhunderts beobachtete Anstieg des Meeresspiegels um ca. 10–20 cm wird wahrscheinlich weitergehen und könnte innerhalb der nächsten 50 bis 100 Jahre 0,3 bis 1,2 m erreichen.

II Empfehlungen für wirtschaftliches und politisches Handeln

Notwendige Minderung der Spurengas-Emissionen

Nötige Maßnahmen zur Verminderung der Freisetzung von Kohlendioxid und anderer Spurengase wären sicher leichter zu erreichen, wenn das Klima der Erde besser verstanden wäre und wenn eindeutige sowie detaillierte Vorhersagen für zu erwartende Klimaänderungen durch unsere Eingriffe in den Naturhaushalt gemacht werden könnten. Um zu besseren Klimavorhersagen zu kommen, bedarf es einer zügigen weiteren Erforschung des Klimas und verbesserter Klimamodelle. Dies wird auch in den betreffenden Fachwissenschaften und in vielen Ländern der Erde vorangetrieben und im Weltklimaforschungsprogramm koordiniert. Trotzdem können wir nicht erwarten, künftige Klimaveränderungen zweifelsfrei vorherzusagen zu können.

Gerade deshalb liegt die einzig mögliche Gewähr für eine Verhinderung oder Eindämmung weltweiter, vom Menschen verursachter Klimaänderungen in der Reduktion aller wesentlichen Ursachen auf ein Maß, das noch vertretbar erscheint. Nach heutigem Wissen könnte dieses Maß in einem Anstieg der mittleren Temperatur der Erde um höchstens etwa 1 °C über dem gegenwärtigen Niveau liegen. Selbst diese vielleicht gering erscheinende Temperaturerhöhung könnte aber bereits spürbare Verschiebungen der Klimazonen zur Folge haben.

Um den globalen Temperaturanstieg auf maximal 1 °C zu begrenzen, dürfte nach den Klimamodellrechnungen der Gehalt der Atmosphäre an allen klimawirksamen Spurengasen nicht höher werden als ein Wert, der einer Kohlendioxidkonzentration von ca. 450 ppm entspricht. Tragen Kohlendioxid einerseits, die übrigen Spurengase andererseits je gleich stark bei, so dürfte der tatsächliche Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre also auf 400 ppm ansteigen, von heute fast 350 ppm. Dies entspricht bei dem bisherigen in der Atmosphäre verbleibenden Anteil einem zulässigen Brennstoffverbrauch von insgesamt 260 Mrd t SKE. Schon bei der gegenwärtigen Verbrauchsrate würde dies in 30 Jahren erreicht werden. Von den jetzt bekannten abbaubaren Vorräten aus fossilen Brennstoffen, mindestens 900 Mrd t SKE, dürfte also nicht einmal ein Drittel verbraucht werden.

Um also den Gehalt der Atmosphäre in allen klimawirksamen Spurengasen auf einen Wert zu begrenzen, der einer Kohlendioxidkonzentration von 450 ppm entspricht, müßte die künstliche Freisetzung von Kohlendioxid und der anderen relevanten Spurengase wie vor allem Stickstoffoxiden, Methan und Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffen ab sofort stetig und kontinuierlich so vermindert werden, daß in spätestens 50 Jahren die Emissionsraten insgesamt im weltweiten Mittel höchstens noch ein Drittel der heutigen Emissionsraten betragen. Das bedeutet ab sofort eine Verminderung aller Emissionsraten um im Mittel ca. 2 % pro Jahr und zwar weltweit. Würde mit den Einschränkungen erst nach ein bis zwei Jahrzehnten begonnen, nachdem bereits deutliche Klimaänderungen

gen sichtbar geworden sind, müßte die Reduktion der Emissionsraten innerhalb von zwei bis drei Jahrzehnten auf ein Viertel der heutigen Werte erfolgen. Dies bedeutet eine Verminderung der Emissionsraten um ca. 7 % pro Jahr; eine solche Reduktion ist nicht realisierbar.

Bei einer weltweiten Koordinierung der Emissionsminderungen wird zu berücksichtigen sein, daß in den verschiedenen Nationen nicht nur Spurengase in sehr unterschiedlicher Art emittiert werden, sondern die Emissionsminderung auch unterschiedlich schwierig sein wird:

- Kohlendioxid wird zum größeren Teil in den Industrieländern mit ca. 1 Mrd Bevölkerung und nur zum kleineren Teil in den weniger entwickelten Ländern mit einer immer noch wachsenden Bevölkerung von derzeit ca. 4 Mrd emittiert,

- Methan aus Naßfeldanbau von Reis wird meist in tropischen Regionen, also in Ländern mit stark wachsender Bevölkerung emittiert,
- Chlor-Fluor-Kohlenwasserstoffe entweichen fast ausschließlich in den Industrieländern in die Atmosphäre,
- Distickstoffoxid entsteht durch Abbau von Kunstdünger vornehmlich in den Industrieländern.

Bei der Emissionsminderung sind die Industrieländer mit ihrer fast stagnierenden Bevölkerungszahl und ihren vielfältigeren Ausweichmöglichkeiten überproportional stark gefordert.

Weg zur Emissionsminderung von Spurengasen

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

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

Der Bundesrepublik Deutschland – stellvertretend für die Industrieländer – kommt aufgrund des überproportional hohen Energiebedarfs und des technischen Know-how eine besondere Verantwortung zu:

Verminderung des Bedarfs

- z. B. durch bessere Wärmedämmung von beheizten Räumen und durch Reduktion des Treibstoffverbrauchs von Kraftfahrzeugen.

- durch Verbesserung des Wirkungsgrads bei der Umwandlung fossiler Brennstoffe zu Endenergie (Wärme, Strom, Treibstoffe) und bei deren Nutzung.

- durch verstärkten Einsatz von Fernwärme, vor allem durch gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in Heizkraftwerken.

Vermehrte Nutzung nichtfossiler Energien

- Erneuerbare Energiequellen tragen in der Bundesrepublik Deutschland gegenwärtig durch Wasserkraft und etwas Brennholz mit 1,7 % zur Energieversorgung bei. Durch intensive Ausschöpfung aller Quellen (Wind, Wasserkraft, Solarstrahlung, Biostoffe) könnte in wenigen Jahrzehnten eine Energiemenge in Höhe von mehr als 10 % des heutigen Bedarfs bereitgestellt werden.

- Kernenergie trägt gegenwärtig in der Bundesrepublik Deutschland mit 11 % zur Primärenergieversorgung bei. Sie wird derzeit fast nur zur Stromerzeugung eingesetzt, liefert aber im ersten Umwandlungsschritt Wärme und kann aber auch zur Erzeugung von Prozeßwärme und Fernwärme verwendet werden.

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

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

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

- **Solarkraftwerke:** Eine Gewinnung von Solarwärme in großem Umfang, dies bei Temperaturen von einigen hundert °C, ist über lichtkonzentrierende Kollektoren in den sonnenscheinreichen Zonen der Erde erreichbar. Die Technologie von Solarkraftwerken wurde bislang nur im Megawattbereich erprobt. Ein wirtschaftlicher Betrieb wird erst für Anlagen von mindestens 100 Megawatt elektrischer Leistung (entsprechen Kollektorflächen von mehreren Quadratkilometern) erwartet. Erst die Erfahrung mit Kraftwerken entsprechender Größe kann ihre Wirtschaftlichkeit erweisen.

- **Photovoltaik-Solarkraftwerke:** Eine direkte Umwandlung von Sonnenlicht in elektrischen Strom wird in Zukunft auch in größerem Umfang über Solarzellen möglich sein. Als Technologien werden heute u. a. Zellen aus kristallinem und amorphem Silizium sowie Mehrschichtzellen aus diversen Halbleitermaterialien diskutiert.

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

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

Mögliche Schritte

Der erforderliche Strukturwandel in der Energietechnik, Energiewirtschaft und Energiepolitik muß jetzt beginnen, damit er langsam vollzogen werden kann; denn später notwendige sehr schnelle Änderungen würden, soweit überhaupt möglich, in vielen Bereichen nachteilig oder schädlich wirken. Die Abhilfe ist nur im globalen Konsens zu erreichen. Aktionen einzelner Länder – selbst der mit der größten Förderung oder dem größten Verbrauch fossiler Brennstoffe – würden kaum ausreichen, sind aber in der Anfangsphase unerlässlich.

An dieser Stelle sollen *einige Schritte* zu einem globalen Programm skizziert werden:

LIMITS – Festlegung eines als tolerierbar anzusehenden Limits für die weltweite Freisetzung aller Spurengase;

SZENARIEN – Erarbeiten von Szenarien, welche dieses Limit erfüllen;

QUOTEN – Einigung der am meisten Betroffenen, nämlich der Länder mit den größten Anteilen an Vorräten, Förderung und Verbrauch, auf Quoten, die die Szenarien erfüllen.

Schon die USA, die UdSSR, China, Japan und die EG-Länder repräsentieren mehr als die Hälfte der Reserven, der Förderung und des Verbrauchs von fossilem Kohlenstoff.

Zum Schluß

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

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

- der übermäßigen Ressourcennutzung und Umweltbelastung, vor allem seitens der Industrienationen

- und der Bevölkerungsexplosion der weniger entwickelten Nationen.

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

An der Abfassung dieses Aufrufs waren beteiligt für die Deutsche Meteorologische Gesellschaft: Prof. Dr. H.-W. Georgii, Präsident der DMG, Prof. Dr. H. Graßl, Prof. Dr. C.-D. Schönwiese; für die Deutsche Physikalische Gesellschaft: Prof. Dr. J. Fricke, Prof. Dr. K. Heinloth, Prof. Dr. J. Luther, Prof. Dr. H. Unger, Dr. H. Voigt.

Der Aufruf wurde in einer Auflage von 2500 gedruckt und an Politiker, Journalisten, Vertreter der Wirtschaft sowie an die Mitglieder der DMG geschickt.