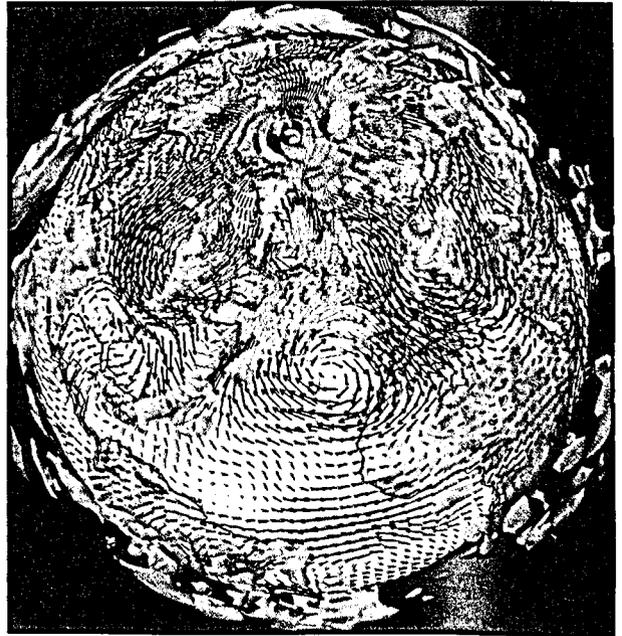


# Klimaforschung im Kreuzfeuer der Interessen

Interview mit Prof. Dr. Klaus Hasselmann

In den Medien wurde in jüngster Zeit die Solidität der Klimaforschung angezweifelt. Nicht nur die Einschätzung der Mehrheit der Klimaforscher – der Treibhauseffekt sei anthropogen verursacht – stößt auf Kritik. Auch das Wissen um verschiedene Einflußfaktoren des komplexen Klimasystems (Wolken, Ozeane, Vulkane, Sonneneinstrahlung etc.) gilt manchen als zu lückenhaft, um heute schon konkret zu handeln. Nicht zuletzt wurde der IPCC-Bericht – die globale Autorität der Klimaforschung – scharf kritisiert. Im „et“-Interview räumt der deutsche Klimaforscher, Meteorologe und Ozeanologe Klaus Hasselmann ein, daß es durchaus Erkenntnislücken und Unsicherheiten gibt. Dennoch: Die Wahrscheinlichkeit, daß die Temperaturerhöhungen der letzten Jahrzehnte auf natürliche Klimavariabilität zurückgeführt werden können, liegt bei heutigem Wissensstand bei lediglich 5%. Hasselmann fordert daher im Rahmen der bisher als gesichert geltenden Erkenntnisse angemessen, aber ohne weitere Verzögerung zu handeln.



T 42-Atmosphärenmodell

Grafik: DKRZ

**et:** Das Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) hat in seinem Bericht von 1996 an die UN die Prognosen für einen möglichen Temperaturanstieg an der Erdoberfläche gegenüber 1990 um etwa ein Drittel reduziert. Kann man das als Teilentwarnung werten?

**Hasselmann:** Die Reduktion der geschätzten Temperaturerhöhung Ende des nächsten Jahrhunderts von ursprünglich 3 °C auf 2 °C stellt keinesfalls eine Entwarnung dar. Es gibt uns aber mehr Zeit für die Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen. Die Änderung im Bericht ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß man in den bisherigen Modellen die Aerosole – also die SO<sub>2</sub>-Emissionen – noch nicht berücksichtigen konnte. Allerdings werden die Aerosole global zukünftig wahrscheinlich nicht so stark steigen, wie dies im jüngsten IPCC-Bericht angenommen wurde, denn entgegen früherer Einschätzung muß man heute davon ausgehen, daß der wesentliche SO<sub>2</sub>-Emitent China angesichts der regionalen Umweltprobleme mit Luft und Wäldern gezwungen sein wird, Rauchgasreini-

gungsanlagen zu installieren. Insofern dürfte dieser Entlastungseffekt geringer ausfallen, als im jüngsten Bericht angenommen wird.

**et:** Inwieweit sind die Erkenntnisse gesichert, daß durch die Emission des Schadstoffes SO<sub>2</sub> eine Entlastung beim Treibhauseffekt eintritt?

**Hasselmann:** Als gesichert kann man diese Erkenntnisse nicht ansehen. Zwar ist die allgemeine Meinung, daß die Aerosole zu einer Abkühlung führen. Ihre Halbwertszeit liegt bei einigen Wochen, während das CO<sub>2</sub> weit über 100 Jahre in der Atmosphäre bleibt, langfristig überwiegt daher der Einfluß des CO<sub>2</sub>. Die bisherigen Berechnungen lassen jedoch noch kein abschließendes Urteil zu. Insbesondere die Wechselwirkung der Aerosole mit den Wolken ist noch nicht ausreichend erforscht. Bisher stützen sich die Berechnungen auch nur auf die direkten Effekte, das heißt die Reflexion der Sonnenstrahlung durch die Aerosole. Die Unsicherheiten liegen in der Größenordnung des Faktors 2. Man rechnet insgesamt mit einer

Abkühlung, die aber auch geringer ausfallen kann, als bisher errechnet.

## Auswirkungen und Ursachen steigender Erdoberflächentemperaturen

**et:** Landgestützte Temperaturmessstationen ermitteln seit über 100 Jahren einen langsamen Anstieg der Erdoberflächentemperaturen. Seit den 70er Jahren liegen auch Satelliten-Meßdaten vor, die keinen Anstieg bzw. einen leichten Rückgang der Erdoberflächentemperatur zeigen. Welche Schlußfolgerung ziehen sie daraus?

**Hasselmann:** Die Bodenmessungen zum Beispiel in der Nähe großer Städte sind in der Tat kritisiert worden. Allerdings haben hier mittlerweile insgesamt drei Forscherteams die Wärmeinseleffekte einiger Stationen korrigiert. Die Messungen sind umfassend erforscht, die Abweichungen hat man im Griff. Ich persönlich habe Vertrauen in die Daten. Bei den Satellitenmessungen befinden wir uns demgegenüber noch

in einem sehr frühen Stadium. Auch hier muß aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Instrumente ständig korrigiert werden, und wir stehen mit dieser relativ jungen Technik im Erkenntnisstand noch am Anfang. Die Diskrepanz zwischen satelliten- und bodengebundenen Messungen muß noch geklärt werden, ich persönlich habe aber wie gesagt mehr Vertrauen zu den wesentlich umfangreicheren Bodenmessungen.

*et:* Welchen Anstieg des Meeresspiegels erwartet man auf der Basis der heutigen Erkenntnisse?

**Hasselmann:** Ursprünglich rechnete man mit einer Erhöhung in der Bandbreite von etwa 70 bis 120 cm bis zum Ende des nächsten Jahrhunderts. Die Berechnungen mit ozeanischen Zirkulationsmodellen haben mittlerweile jedoch zu neuen Erkenntnissen geführt und bereits im ersten IPCC-Bericht von 1990 hat man den erwarteten Meeresspiegelanstieg deutlich korrigiert. Wir rechnen bis zum Ende des nächsten Jahrhunderts derzeit mit einem Anstieg von 20 bis 35 cm durch die Wärmeausdehnung des Meeres, zzgl. eines Wertes, der etwa in der gleichen Größenordnung aus den abschmelzenden Gletschern resultieren könnte. Insgesamt würde daraus innerhalb der nächsten rund 100 Jahre etwa 40-60 cm Meeresspiegelanstieg resultieren.

*»Wir rechnen bis zum Ende des nächsten Jahrhunderts derzeit mit einem Anstieg des Meeresspiegels um 40-60 cm.«*

*et:* Verschiedentlich wird behauptet, die gemessenen Temperaturschwankungen seien ausschließlich auf die natürliche Klimavariabilität zurückzuführen.

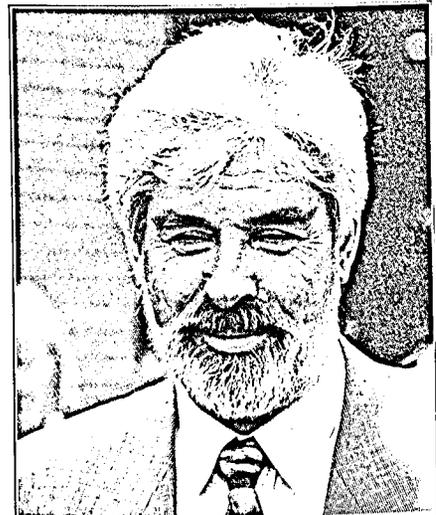
**Hasselmann:** Wenn man von der natürlichen Klimavariabilität spricht, muß man die verschiedenen Zeitskalen differenzieren. Dies wird in der öffentlichen Diskussion meist nicht getan und führt zu Mißverständnissen. Bezogen auf die Frage, ob man heute schon ein anthropogenes Klimasignal erkennen kann, muß man die letzten fünf bis zehn Jahrzehnte zugrunde legen und klären, ob sich diese Temperaturänderungen wirklich von der natürlichen Klima-

variabilität unterscheiden. In diesem Perioden-Bereich bestehen wissenschaftlich gesehen zwar noch einige Unsicherheiten, die aber deutlich geringer sind als die bei den langfristigen Klimaschwankungen.

Unser Verständnis über die längerperiodischen Schwankungen ist heute noch sehr unvollkommen, allerdings sind sie für den aktuellen Nachweis des anthropogenen Klimasignals weniger relevant. Im Bereich relativ kurzer Zeitskalen von Dekaden bis zu einem Jahrhundert kann man demgegenüber unter Zuhilfenahme von Modellen die Variabilität, die eine wesentliche Rolle spielt, relativ gut abschätzen. Auf dieser Basis läßt sich dann näherungsweise die Frage beantworten, ob der Temperaturanstieg in den letzten 30 Jahren noch mit dieser natürlichen Variabilität zu erklären ist. IPCC meint, daß das anthropogene Klimasignal heute, wenn auch noch mit Unsicherheiten, feststellbar ist. Wir haben vor einiger Zeit die Einschätzung vorgenommen, daß der Temperaturanstieg nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 5% auf die natürliche Variabilität zurückgeführt werden kann.

*et:* Handelt es sich dabei um den Umkehrschluß Ihrer Aussage, „es steht mit 95%iger Wahrscheinlichkeit fest, daß der Treibhauseffekt von Menschen verursacht ist“?

**Hasselmann:** Ja, aber erstens handelt es sich um eine Schätzung und zweitens werde ich diesbezüglich zu Recht manchmal von Statistikern kritisiert, weil es korrekt eigentlich heißen muß: Die Wahrscheinlichkeit, daß die Temperaturänderungen auf die natürliche Variabilität zurückzuführen sind, beträgt nach unserer Schätzung 5%. Man kann die Problematik näherungsweise mit einem Würfel vergleichen: Die Wahrscheinlichkeit, zweimal eine sechs zu würfeln, ist 1:36, also etwa 3%. Dabei weiß ich aber genau, wie sich der Würfel verhält. Bei der Klimaproblematik haben wir im übertragenen Sinne aber einen Würfel, bei dem wir nicht sicher wissen, mit welcher Wahrscheinlichkeit die sechs Zahlen jeweils kommen. Daher ist nur die Aussage, der natürlichen Klimavariabilität ist eine geschätzte Wahrscheinlichkeit von 5% zuzuordnen, methodisch exakt. Allerdings ist diese Formulierung für die Öffentlichkeit und die politischen Entscheidungsträger nur schwer nachvollziehbar, daher meine direkte, aber formal nicht ganz korrekte 95%-Wahrscheinlichkeitsaussage.



### Zur Person

**Prof. Dr. Klaus Ferdinand Hasselmann**, geboren am 25. Oktober 1931 in Hamburg, aufgewachsen in England. Nach seiner Rückkehr nach Hamburg, 1949, Studium der **Physik und Mathematik** an den Universitäten Hamburg und Göttingen. 1957 **Promotion** in Göttingen. Nach seiner **Habilitation** 1963 in Hamburg war Hasselmann bis 1964 **Assistenz-Professor** an der amerikanischen Universität San Diego. Seit 1975 ist Hasselmann **Direktor des Max-Planck-Instituts für Meteorologie**, außerdem seit 1988 **Wissenschaftlicher Direktor am Deutschen Klimarechenzentrum**. Seit Jahren warnt der Klimaforscher, Meteorologe und Ozeanologe vor den Auswirkungen eines bevorstehenden Klimawandels.

*et:* Die Wolkenbildung gilt als Schlüsselproblem bei der Abschätzung von Klimafolgen. Kommt die Forschung hier voran?

**Hasselmann:** Die Wolken sind nach wie vor der größte Unsicherheitsfaktor. Wenn man die unterschiedlichen Wolkendarstellungen in verschiedenen atmosphärischen Modellen vergleicht, so schwanken diese in den Aussagen schon um  $\pm 50\%$ , bezogen auf die abgeleiteten Temperaturerhöhungen. Das Problem ist, daß eine Änderung der Wolkenbedeckung von nur 10% eine ähnliche Klimaänderung auslösen kann, wie eine  $\text{CO}_2$ -Verdoppelung. Die eigentlichen physikalischen Vorgänge der Wolkenbildung können aber bisher in Klimamodellen nicht aufgelöst wer-

den. Deshalb muß man sie pauschal erfassen.

### Die Rolle der Ozeane im Kohlenstoffkreislauf

**et:** Wenn die weitere Erforschung der Wolkenbildung zu entlastenden Ergebnissen in der Klimaproblematik führt, wo läge die günstigste Variante?

**Hasselmann:** Die Spannbreite der Temperaturerhöhung bei einer CO<sub>2</sub>-Verdoppelung wird mit etwa 1,2 bis 4,5°C angegeben. In der optimistischen Variante ist das untere Niveau, also 1,2°C, als günstigster Wert möglich. Dieser Wert hätte zur Folge, daß die Klimaverschiebungen weniger gravierend und die erforderlichen Maßnahmen nicht so umfangreich sein müßten. Ich warne jedoch davor, auf diese Variante zu schielen. Wir sollten mit den Vorsorgemaßnahmen vielmehr weite Bereiche der Bandbreite abdecken und uns darauf vorbereiten, daß das Schlimmste eintritt, nämlich Temperaturerhöhungen über 3°C.

**et:** Neben den Wäldern sind die Ozeane die zweite wesentliche CO<sub>2</sub>-Senke. Inwieweit sind die Ozeane auch weiterhin imstande, CO<sub>2</sub> aufzunehmen?

**Hasselmann:** Die Absorptionsfähigkeit der Ozeane ist noch nicht erschöpft. Erst wenn die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre um einen Faktor 2 bis 3 ansteigt, wird sie geringer werden. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse um die Absorptionsfähigkeit sind

*»Wir sollten mit den Vorsorgemaßnahmen weite Bereiche der Bandbreite abdecken und uns darauf vorbereiten, daß das Schlimmste eintritt ... Temperaturerhöhungen über 3°C.«*

relativ gut. Durch natürliche C-14-Daten sowie durch C-14 und Tritiumdaten der Atombombenversuche in den 60er Jahren können wir recht genau ermitteln, wie schnell das CO<sub>2</sub> in den Ozean eindringt. Neuerdings kann man auch aus Sauerstoffmessungen berechnen, wieviel CO<sub>2</sub> die Ozeane aufnehmen können. Verschiedene Modellrechnungen sind weitgehend übereinstimmend zu dem Ergebnis gekommen, daß ca. 30% der bisher freigesetzten CO<sub>2</sub>-Mengen von den Ozeanen aufgenommen wurden. Die Ozeane sind also keine große Unbekannte im globalen Kohlenstoffkreislauf. Sie spielen aber eine entscheidende Rolle im Klimageschehen und da gibt es noch einige offene Probleme, zum Beispiel bei der Frage nach der Stabilität des Golfstroms, dem großen Wärmespeicher Europas.

**et:** Gelten ähnliche Befunde auch für das ozeanische Eis?

**Hasselmann:** Es gibt verschiedene Meereseismodelle, die insgesamt zu vergleichbaren Schlußfolgerungen kommen. Sie basieren auf Analysen von Wind- und Strömungseinflüssen sowie der Thermodynamik des Eises. Mit die-

sen Modellen sind einigermaßen gesicherte Aussagen möglich. Das Problem des ozeanischen Eises ist seine Empfindlichkeit auf Temperaturänderungen. Daher ist es für sich genommen eine empfindliche Schraube im Motor des Klimasystems, die wir noch genauer erforschen müssen. Gemessen an der gesamten Energiebilanz des Globus und der relevanten Fläche ist das ozeanische Eis jedoch kein so ausschlaggebender Faktor wie etwa die Wolken in den tropischen Bereichen.

### Vulkanausbrüche und veränderte Sonnenstrahlung

**et:** Sie hatten das Problem der SO<sub>2</sub>-Emissionen schon angesprochen. Welche Effekte ordnen Sie Vulkanausbrüchen zu?

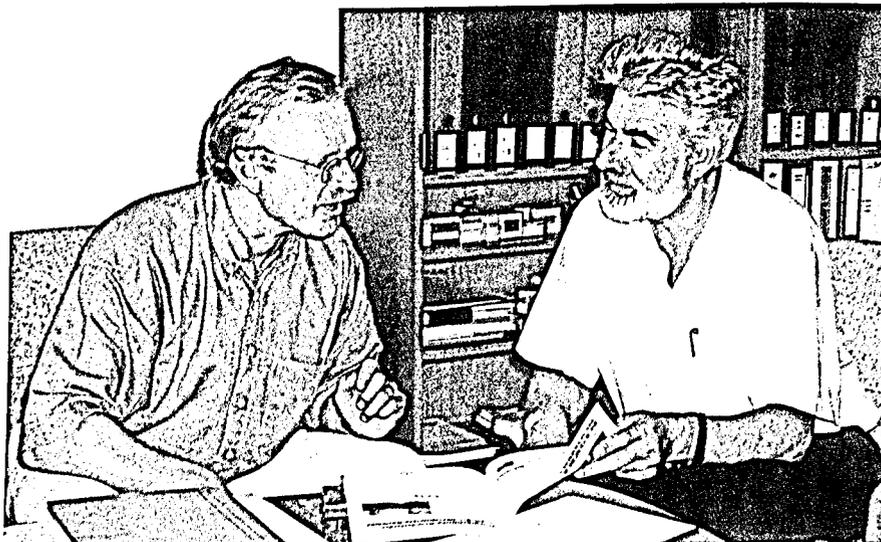
**Hasselmann:** Vulkane haben erhebliche globale Effekte, da sie Aerosole in die Stratosphäre hinaufpumpen, wo sie innerhalb weniger Monate dann in der Hemisphäre durchmischt werden. Die Wirkung von Vulkanausbrüchen kann man relativ genau messen und ihre Folgen in Modellen gut berechnen.

**et:** Läßt sich die Wirkung von Vulkanausbrüchen mit den anthropogen verursachten SO<sub>2</sub>-Emissionen vergleichen?

**Hasselmann:** Grob geschätzt sind die SO<sub>2</sub>-Emissionen der Vulkanausbrüche in ihrer Wirkung für ein bis zwei Jahre deutlich größer als der anthropogene SO<sub>2</sub>-Ausstoß. Gemittelt über die Zeit sind letztere jedoch gewichtiger, da sie kontinuierlich ausgestoßen werden.

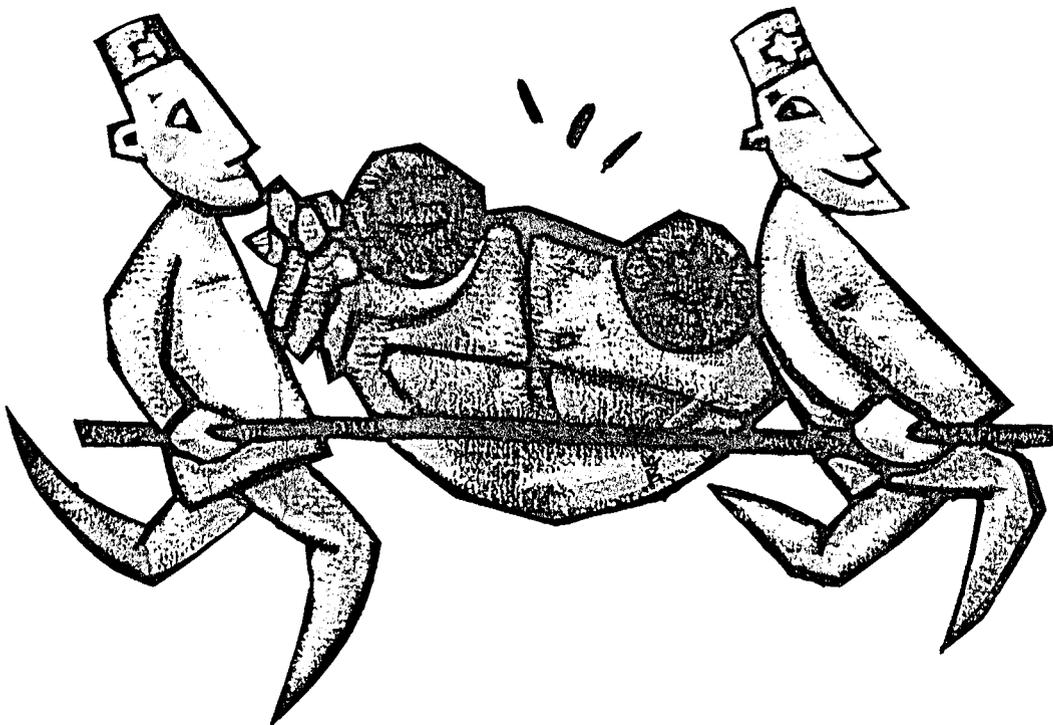
**et:** Nicht zuletzt sieht sich die Klimaforschung mit der Behauptung konfrontiert, die gemessenen Effekte seien i.w. auf eine geänderte Sonnenaktivität zurückzuführen.

**Hasselmann:** Über Änderungen der Intensität der Sonnenstrahlung ist immer wieder spekuliert worden. Da unsere Sonne das gesamte System speist, ist das Spekulationspotential naturgemäß erheblich. Wenn die Sonnenstrahlung nur um ein Prozent schwankt, hat das gravierende Folgen für das Klimasystem. Die relevanten Schwankungen der Sonnenstrahlung kann man für die Vergangenheit nicht erfassen. Zwar lassen sich Effekte wie Sonnenflecken beobachten und ihre Auswirkungen auf die Erdmagnetfelder ermitteln, Auswirkungen auf das Klima ließen sich bisher aber nicht überzeugend nachweisen. In



Prof. Dr. K. Hasselmann (rechts) beim Interview im Max-Planck-Institut für Meteorologie

# BEI BEULEN HILFT JETZT INFRAROT- BESTRAHLUNG.



Klar, es ist ärgerlich, wenn das Blechkleid Ihres Autos ramponiert wird. Doch Hauptsache, Menschen kommen nicht zu Schaden. Blechschäden lassen sich reparieren. Nach einer Spezialbehandlung durch Karosserieschlosser und Lackierer wird der eingebulte Kotflügel wie neu aussehen.

*Mit Infrarot trocknet Autolack schneller und billiger.*

Strom sorgt dafür, daß solche Reparaturen künftig noch schneller und billiger ausgeführt werden: Mit dem

neuen Infrarot-Trockner ist der Lack schon nach zwölf Minuten trocken, viel schneller als bisher.

Da strahlt der Chef: weil er jetzt keinen Kunden mehr auf die nächste Woche vertrösten muß und weil er bis zu 90 Prozent Energiekosten spart. Und die Kunden freuen sich, weil die Reparatur schneller fertig ist und weniger kostet.

Noch Fragen? Schicken Sie den Coupon an die Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft, Abt. 970, 35573 Wetzlar, Fax: 0 69/63 04-4 64.

**IHRE STROMVERSORGER**

**INFRAROT-  
TROCKNUNG.  
ICH WILL MEHR  
DAVON WISSEN!**

NAME

STRASSE

WOHNORT

Impulse für die Umwelt



Energiesparen mit Strom

Der griechische Buchstabe Eta ist das Symbol  
der Initiative Energievernunft.

*»Der auf der Erde gemessene Temperaturanstieg läßt sich nicht mit Veränderungen der Intensität der Sonneneinstrahlung erklären.«*

den letzten Jahren hat man mit Satelliten eine Änderung der Strahlungsintensität um 1 bis 2 °/° messen können. Rechnerisch macht eine stärkere Sonneneinstrahlung schon etwas aus: der gemessene Wert von 1 bis 2 °/° entspricht etwa einem Drittel des anthropogen verursachten Treibhauseffekts, er ist also nicht vernachlässigbar. Der auf der Erde gemessene Temperaturanstieg läßt sich damit aber nicht erklären. Es ist also nicht plausibel, diese Effekte auf veränderte Strahlungsintensität zurückzuführen – zumal die beobachteten Änderungen mit den berechneten infolge der Zunahme der Treibhausgas-konzentration konsistent sind.

*et: Ist es angesichts der von Ihnen skizzierten Langfristigkeit des Klimasystems dann nicht legitim, auf die Selbstregulationsvorgänge des Klimasystems zu setzen?*

**Hasselmann:** Hier wird viel spekuliert und es entstehen dadurch viele Mißverständnisse. Dem ist entgegenzuhalten, daß die Selbstregulierungsvorgänge mit allen positiven und negativen Rückkopplungseffekten wie Änderung der Strahlungsbilanz durch Temperaturerhöhungen, Wasserdampf, Albedo des Eises etc. in den Klimamodellen bereits soweit wie möglich berücksichtigt sind. Daher läßt sich mit diesen Modellen schon näherungsweise die Frage beantworten, was in den nächsten hundert Jahren mit unserem Klima passiert.

Unsicherheiten mit den Selbstregulierungsmechanismen bestehen jedoch bei der Betrachtung größerer Zeiträume. Hier hat man verschiedene Thesen, aber keine akzeptierte Theorie über die Ursachen von langfristigen Klimaschwankungen, bei denen z.B. die Selbstregulierung über die Biosphäre zum Tragen kommt. Allerdings sind diese Langfristvorgänge für die aktuellen klimapolitischen Fragestellungen auch nicht von entscheidender Bedeutung. Man kann also nicht hoffen, daß durch irgendwelche, noch nicht entdeckte Stabilisierungseffekte das Klimasystem den derzeitigen anthropogenen Eingriff verkraftet.

## **Möglichkeiten der CO<sub>2</sub>-Entsorgung**

*et: Bei den Rückhaltetechniken für Luftschadstoffe können wir in den vergangenen Jahrzehnten auf große Erfolge zurückblicken. Sehen Sie auch Perspektiven für eine zukünftige CO<sub>2</sub>-Entsorgung?*

**Hasselmann:** An derartigen Techniken wird gearbeitet, aber die „end-of-pipe“-Entsorgung ist beim CO<sub>2</sub>-Problem wesentlich schwieriger als bei anderen Luftschadstoffen, schon wegen der Mengen: 1 kg verbrannte Kohle erzeugt 2,5 kg CO<sub>2</sub>! Man arbeitet z. B. an Möglichkeiten, das CO<sub>2</sub> komprimiert und flüssig in die Ozeane einzuführen, wo es – schwerer als das Wasser – in die Tiefe absinkt. Es laufen ebenso Untersuchungen, das CO<sub>2</sub> in verfestigter Form auf dem Meeresgrund zwischenzulagern. Aber es ist halt nur eine Zwischenlagerung, da das CO<sub>2</sub> langfristig aufsteigt und kommende Generationen haben es dann wieder in der Atmosphäre. Eine andere Möglichkeit ist die Rückführung in ausgebeutete Ölfelder oder in unterirdische Aquifer. Aber eine überzeugende, kostengünstige und einfache Lösung bietet sich nicht an.

*et: Also sind auch die immer wieder erwogenen massiven Aufforstungen keine Lösung?*

**Hasselmann:** Bei der Aufforstung ist der Entlastungseffekt nur kurzfristig. Wir gewinnen nur während der Wachstumsphase der Bäume für relativ kleine CO<sub>2</sub>-Mengen Zeit in der Größenordnung von einigen Jahrzehnten. Angesichts der Schwierigkeiten bei der nachträglichen Entsorgung sollte man lieber den Weg der Vermeidung verfolgen und den CO<sub>2</sub>-Verursachern im nächsten Jahrhundert sukzessiv die Kosten der Klimaschäden auferlegen, damit sie sich um alternative Energietechniken bemühen.

## **Kritik am IPCC-Bericht und „Klimahysterie“**

*et: Das IPCC gilt als die globale Autorität der Politikberatung in Sachen Klimaschutz. Der jüngste Bericht ist scharf kritisiert worden mit der Behauptung, daß wissenschaftliche Hinweise, die gegen eine Existenz des anthropogenen Treibhauseffektes sprechen, entfernt wurden, um den Eindruck eines Konsenses der Klimaforscher*

*zu erwecken. Ist diese Kritik gerechtfertigt?*

**Hasselmann:** Die Vorwürfe sind ungerechtfertigt. An dem IPCC-Bericht sind mehrere hundert Klimaforscher beteiligt. Wie üblich werden bei derartigen Berichten sowohl die Meinungen der Mehrheit zugrunde gelegt als auch die Unsicherheiten – und damit die Ansichten von Minderheiten – aufgenommen. Da wir in der Klimaforschung viele Unsicherheiten haben, besteht auch keine Schwierigkeit, diese zu benennen, so wie ich es hier getan habe. Natürlich gibt es auch Extremansichten, die am Rande der heute vorliegenden Erkenntnisse liegen und nicht berücksichtigt werden, weil sie in der statistischen Gesamtverteilung der Meinungen nicht ins Gewicht fallen. Natürlich fühlen sich diese Wissenschaftler ausgegrenzt und sind dagegen teilweise sehr medienwirksam ins Feld gezogen.

*et: Auffällig ist, daß die meisten Äußerungen zum Bericht aus den USA kamen.*

**Hasselmann:** Beim jüngsten IPCC-Bericht ist insbesondere in den USA eine bewußte Kampagne von Interessenvertretern initiiert worden, mittels der alle möglichen Anschuldigungen über die Medien verbreitet wurden. Dabei wurde behauptet, daß die Koordinatoren des IPCC-Berichts nachträglich Passagen abgeändert haben, um politische Vorstellungen zu realisieren. Diese Behauptungen sind völlig aus der Luft gegriffen und schlichtweg falsch. Richtig ist vielmehr, daß bei der abschließenden Sitzung im Rahmen der Vorbereitung des Berichts in Madrid verschiedene Delegationen Wünsche geäußert haben, einzelne Aspekte ein wenig zu modifizieren, insbesondere um die interne Stimmigkeit zu erhöhen.

Angesichts der bestehenden Fristen für die Fertigstellung des Berichts war eine Abstimmung der relevanten Fachfragen mit mehreren hundert Klimaforschern weltweit jedoch nicht möglich. Daraus läßt sich jedoch keinesfalls – und das möchte ich noch einmal ausdrücklich unterstreichen – der Vorwurf einer Manipulation zur Berücksichtigung bestimmter politischer Forderungen

*»Die Kritik am IPCC-Bericht ist objektiv ungerechtfertigt.«*

gen ableiten. Die Kritik ist also objektiv ungerechtfertigt.

**et:** Den Klimaforschern wird der Vorwurf gemacht, insbesondere Ende der 80er Jahre eine „Klimahysterie“ entfacht zu haben mit dem Ziel, die Bereitstellung von öffentlichen Forschungsmitteln zu sichern. Wie stehen Sie zu diesem Vorwurf?

**Hasselmann:** Der Vorwurf ist unbegründet. Zwar ist jeder Forscher bemüht, sein Gebiet hervorzuheben, natürlich auch sachlich auf Gefahren wie die Klimaverschiebung hinzuweisen. Die Klimaforscher als Gruppe haben aber weit überwiegend gegen die Hysterie – Stichwort „Kölner Dom unter Wasser“ – gearbeitet. In Deutschland wurde diese Hysterie durch die Medien aufgrund einer Veröffentlichung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft verstärkt, in der übertriebene negative Klimafolgen prognostiziert wurden, gegen die ich mich auch öffentlich gewandt habe. Von seiten der Klimaforschung wurde das Problem in der Folgezeit immer sachlich dargestellt, von der Öffentlichkeit allerdings meist nicht aufgenommen. In den USA wiederum haben Trockenperiode und Hitzewellen Ende der 80er Jahre gleichfalls eine Hysterie ausgelöst. Hinzu kommt, daß damals einige US-Wissenschaftler zwischen der Trockenperiode und möglichen Klimaverschiebungen einen Zusammenhang vermutet haben, ohne daß dieser belegbar war. Heute wissen wir, daß sehr wahrscheinlich kein Zusammenhang besteht.

### **Möglichkeiten und Grenzen der Klimaforschung**

**et:** Ihr Max-Planck-Institut in Hamburg zählt mit dem Deutschen Klimarechenzentrum zu den vier internationalen Forschungszentren, in denen Klimamodelle berechnet werden. Wie ist das Institut personell und finanziell ausgestattet?

**Hasselmann:** Das Max-Planck-Institut hat rund 50 Planstellen, dazu noch etwa gleichviel Mitarbeiter aus der Forschungsförderung. Als Zuwendung erhalten wir insgesamt jährlich rund 12 Mio. DM.

**et:** Verschiedentlich wird gefordert, mit konkreten Maßnahmen zum Klimaschutz so lange zu warten, bis die bestehenden Erkenntnislücken geschlossen sind. Wann werden die weiteren Forschungen dieses Stadium erreicht haben?

**Hasselmann:** Die Fortschritte der Wissenschaft sind hierbei im wesentlichen durch die Rechnerkapazitäten bestimmt. Die offenen Fragen, die wir etwa bei den Wolken oder dem ozeanischen Eis zu klären haben, sind im wesentlichen Auflösungsprobleme. Dabei müssen wir meist dreidimensional rechnen. Wenn wir also das Rechengitter in der Maschenweite halbieren, das heißt doppelt so viele Rechenpunkte in jeder Raumrichtung einbringen wollen, müssen wir  $2 \times 2 \times 2$ , also um den Faktor 8 mehr an Rechenzeit bereitstellen. Bei höherer räumlicher Auflösung müssen wir dann aber auch die Rechenschritte verkleinern. Im Endeffekt brauche ich für die Halbierung des Rasters etwa die 10fache Rechenkapazität. Trotz der Fortschritte in der Computertechnik werden wir noch viele Rechnergenerationen warten müssen, bis wir Klimaprognosen auch auf der interessierenden regionalen Skala von einzelnen Ländern zuverlässig erbringen können. Mit ersten Schritten zum Klimaschutz sollte man allerdings nicht so lange warten, sondern sich für Vorsorgemaßnahmen trotz der verbleibenden Unsicherheiten entscheiden.

**et:** Pessimisten fordern angesichts der geringen Bereitschaft vieler Länder zur  $\text{CO}_2$ -Reduktion, daß man sich frühzeitig auf die Klimaverschiebungen einstellt, also Erhöhung der Deiche statt  $\text{CO}_2$ -Reduktion. Teilen Sie diesen Pessimismus?

**»Trotz der Fortschritte der Computertechnik werden wir noch viele Rechnergenerationen warten müssen, bis wir Klimaprognosen auch auf der regionalen Skala von einzelnen Ländern zuverlässig erbringen können.«**

**Hasselmann:** Absolut nicht, aber hier wird ein wesentliches Problem angesprochen. Für mich sind nicht nur Zeitpunkt und Ausmaß der globalen Klimaänderung relevant, sondern vielmehr die Frage, zu welchen regionalen Problemen die Klimaveränderungen führen werden und wie man ihnen vorsorglich begegnen kann. Was bedeutet bspw. eine Meeresspiegelerhöhung für die einzelnen betroffenen Länder und allgemein für die vernetzte internationale Wirtschaft und wie lassen sich

**»Die Kontroverse um die Klimaproblematik ist nicht das eigentliche Problem, sondern die Klimafolgen.«**

derartige Veränderungen steuern? Das ist für mich die wirklich große Unbekannte. Die eingangs beschriebene Kontroverse um die Klimaproblematik – möge sie durch Interessenvertreter auch noch so verzerrt dargestellt werden – ist nicht das eigentliche Problem, sondern die Klimafolgen. Hier sind die Urteile der Fachleute noch sehr kontrovers. Auf die Frage, ob eine Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur für Hamburg wünschenswert sei, gibt es zwar viele emotionsgeladene Meinungen, aber kaum wissenschaftliche Analysen. Hier bestehen noch gravierende Wissenslücken, die man durch verstärkte Forschung schließen sollte. Die Erkenntnisse über das Ausmaß der Probleme wird hoffentlich helfen, rechtzeitig neue Steuerungsstrukturen zu schaffen.

**et:** Die Klimaforschung ist auf dem Weg, „big science“ zu werden, was wachsende Verantwortung bedeutet. Was ist der ethische Imperativ der Klimaforschung? Auf der einen Seite die angeblich neutrale Wissenschaft, die wertfrei ist und erst gut oder böse wird, wenn die Gesellschaft ihre Ergebnisse anzuwenden beginnt oder auf der anderen Seite der Anspruch, daß ein Forscher für alle Folgen seiner Arbeit verantwortlich ist, also Wertungsabstinenz versus Alleinverantwortung?

**Hasselmann:** Die Position des Klimaforschers ist klar. Er untersucht nur die Auswirkungen und ist für die Folgen des gesellschaftlichen Verhaltens nicht verantwortlich. Wir haben hier also nicht die Problematik etwa der eines Physikers, der eine Atombombe baut und sowohl die Erkenntnis als auch die Anwendung bereitstellt. Insofern gerät die Klimaforschung nicht in diesen ethischen Konflikt.

### **Handeln oder abwarten? Folgerungen aus den Ergebnissen der Klimaforschung**

**et:** Ökonomen schlagen der Bundesregierung vor, angesichts der wirtschaftlichen Situation Deutschlands beim Klima-

schutz eine Politik des „langen Bremsweges“ (vgl. Aufsatz von Prof. Klemmer in dieser Ausgabe) einzuschlagen und von ihren CO<sub>2</sub>-Minderungszielen bis 2005 abzurücken. Teilen Sie diese Ansicht?

**Hasselmann:** Das Timing muß man den Ökonomen überlassen. Ich kann fachlich aus der Sicht des Klimaforschers nur sagen: Entscheidend ist, daß wir langfristig das Klimaproblem nur in den Griff bekommen, wenn wir die CO<sub>2</sub>-Emissionen ganz drastisch reduzieren. Aber wir haben den Vorteil, daß wir sehr viel Zeit zur Umsetzung der Maßnahmen haben. Im Prinzip wird daher die ganze CO<sub>2</sub>-Diskussion hinsichtlich der verfügbaren Zeiträume viel zu verkürzt geführt. Wir haben Berechnungen durchgeführt, wie man die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Sinne der Zielsetzungen „nachhaltige Entwicklung“ optimal steuern könnte. Das Ergebnis: Aufgrund der großen Trägheit des Klimasystems sind nicht so sehr die nächsten 10 bis 20 Jahre entscheidend, sondern es kommt vielmehr darauf an, was wir in den nächsten 50 bis 100 Jahren machen. Kurzfristige CO<sub>2</sub>-Reduktionen sind natürlich wünschenswert, aber nur ein erster Schritt. Entscheidend wird sein, daß man den langen Bremsweg einleitet, vor allem aber möglichst rasch mit dem allmählichen Bremsen beginnt.

Für die Gesellschaft muß eine Perspektive entwickelt werden, wie man über lange Zeit zu einem überwiegend CO<sub>2</sub>-freien Energiesystem kommt. Dazu müssen wir allmählich die „Schraube anziehen“, über die Druck zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen entsteht. Bevölkerung und Industrie müssen sich darauf einstellen können, daß langfristig CO<sub>2</sub>-Emissionen bestraft und ihre Vermeidung belohnt werden. Wer hier als Erster investiert, muß auch die langfristigen Vorteile haben, im alltäglichen Leben und im Markt. Das kann man langsam anlaufen lassen, so daß die Wirtschaft keinen Schock erhält.

Ihre Aufgabe ist, optimal innerhalb der gesetzlichen Rahmenbedingungen zu arbeiten. Also muß die Gesellschaft als Ganzes die Rahmenbedingungen setzen, vor allem auch aufgrund der Chancengleichheit für die Unternehmen im nationalen und internationalen Wettbewerb. Ich bin überzeugt, daß man Klimaschutz in dieser Form ohne Einbußen an Lebensqualität im Rahmen der allgemeinen technischen Entwicklung realisieren kann.

**»Langfristig werden wir das Klimaproblem nur in den Griff bekommen, wenn wir die CO<sub>2</sub>-Emissionen ganz drastisch reduzieren«**

**et:** Besteht hier nicht die Gefahr der Problemverdrängung?

**Hasselmann:** Das ist in der Tat die große Gefahr. Erfahrungen aus den vergangenen Jahren haben gezeigt, daß der Hinweis auf die Langfristigkeit des Problems angesichts der Umstellungsprobleme, die auf die Gesellschaft zukommen, in Öffentlichkeit und Politik als Aufforderung verstanden werden, derzeit nichts zu tun und das Problem den nächsten Generationen zuzuschieben. Das wäre aber ein großer Fehler. Wir müssen früh und stetig mit den Maßnahmen beginnen.

Das politische Bewußtsein muß geschärft werden, damit zukünftige Regierungen Klimaschutzprogramme kontinuierlich fortschreiben. Industriebranchen und Energiewirtschaften müssen wissen, wenn sie in den nächsten zwei Jahrzehnten nichts gegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen tun, sind sie weg vom Fenster, wenn sie dagegen die politisch vorgezeichnete Entwicklung erkennen, werden sie gut im Markt plaziert sein.

**et:** Wie beurteilen Sie die Selbstverpflichtung der deutschen Industrie zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen? Ist dieser Weg vereinbar mit der Politik des langen Bremsweges?

**Hasselmann:** Das ist mit Sicherheit zu wenig. Die Selbstverpflichtung entspricht ungefähr dem, was man auch

**»Industriebranchen und Energiewirtschaften müssen wissen, wenn sie in den nächsten Jahrzehnten nichts gegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen tun, sind sie weg vom Fenster; wenn sie dagegen die politisch vorgezeichnete Entwicklung erkennen, werden sie gut im Markt plaziert sein.«**

ohne Klimaprobleme im Rahmen der technischen Entwicklung sowieso machen würde.

**et:** Halten Sie eine Vorreiterrolle Deutschlands in Sachen Klimaschutz für opportun?

**Hasselmann:** Es ist klar, daß für Vorreiter Probleme entstehen können. Wenn Deutschland in Sachen Klimaschutz vortreibt, die anderen Länder aber nicht mitmachen, hat man das Problem der Verlagerung ganzer Industriezweige ins Ausland und der Standort Deutschland wird belastet. Aber hier ist auch Optimismus auf die Einsicht anderer Länder in die Problematik gefragt. Wenn sich die Einsicht allgemein durchsetzt, wird der Vorreiter zukünftig im Markt führend sein. Deshalb ist es wichtig, jetzt schon die langfristige Zielrichtung aufzuzeigen und Investitionen in die Zukunft zu ermöglichen. Derzeit macht die Bundesregierung in Sachen Klimaschutz wenig. Man kann sich nicht erst aus dem Fenster hängen, den großen Vorreiter spielen und im Endeffekt nur von historischen Entwicklungen – dem Zusammenbruch der ostdeutschen Wirtschaft – in bezug auf die CO<sub>2</sub>-Reduktion profitieren.

**et:** Was sind Ihre Forderungen an die Entscheidungsträger in Kyoto und welche Ergebnisse erhoffen Sie sich von der Klimakonferenz?

**Hasselmann:** Ehrlich gesagt erwarte ich wenig. Die US-Administration ist zwar dem Klimaschutz gegenüber positiv eingestellt, wird aber durch den Kongreß blockiert. Die anderen Industrieländer haben bisher keine konkreten Vorschläge gemacht. Die EU wird vielleicht noch einen CO<sub>2</sub>-Reduktionsvorschlag einbringen, aber ohne klare Vorstellung, wie er zu realisieren ist. Man müßte schon zufrieden sein, wenn in Kyoto erste sehr kleine Schritte beschlossen werden, obwohl ich selbst das für unwahrscheinlich halte. Entscheidend ist jedoch, daß dort allmählich das politische Bewußtsein für die Langfristigkeit des Problems geschaffen wird, damit die Dinge zumindest in den Folgejahren in Gang kommen und die notwendigen langfristigen Rahmenbedingungen gesetzt werden, die die technologische Entwicklung in die erforderliche Richtung der erneuerbaren Energien steuert.

**et:** Herr Prof. Hasselmann, vielen Dank für dieses Gespräch.

M. Czakajski

