

**Bericht über die Tagung der SMD-Fachgruppe Technik  
31. Okt. - 2. Nov. 2008  
im Schloss Schwanberg (bei Würzburg)**

## **Muss der Mensch das Klima retten ?**

Auch wenn das Thema „Klimawandel“ im Herbst 2008 durch die inzwischen eingetretene Finanzkrise etwas zurückgedrängt war, so war es doch ein vergleichsweise politisches Thema, das zu Diskussionen einlud. Die Beeinflussung des Klimas durch den Menschen ist ein wichtiger, langfristiger Faktor für die weitere technische Entwicklung. Darüber hinaus berührt das Thema unsere Vorstellungen über Zivilisation und Wohlstand.

An einem Wochenende ließen sich nur wenige Aspekte des sehr umfangreichen Problemfeldes näher ansprechen. Zudem konnte die Tagung nicht das gesamte Meinungsspektrum zum Klimawandel abdecken. In beiderlei Hinsicht war es nur möglich Schlaglichter zu setzen, in denen die Breite des Spektrums erkennbar wurde. Diese waren im Einzelnen:

- 1) Physikalischer Hintergrund: Auch der ist bereits sehr vielfältig. Schwerpunkt war hier der Aspekt der Geophysik bzw. Geologie. Ferner spielte die Rolle der individuellen und öffentlichen Wahrnehmung eine Rolle. → *Seite 1*.
- 2) Ökonomische Dimension: Es gibt Abschätzungen darüber, wie groß die Einflüsse des Klimawandels auf die Wirtschaft sein können. Umgekehrt ist zu fragen, mit welchen (ökonomischen) Instrumenten der Klimawandel begrenzt werden kann. → *Seite 3*.
- 3) Technische Herausforderung: Diese wurde beispielhaft im Hinblick auf die Energieversorgung aufgezeigt. Zum einen wurde die Speicherung von CO<sub>2</sub> vorgestellt, zum anderen die künftige Bedeutung der erneuerbaren Energien abgeschätzt. → *Seite 8*.
- 4) Theologischer Aspekt: Einerseits stellt der Klimawandel die technischen Errungenschaften in Frage, andererseits ist es nicht aussichtslos, ihn durch die verschiedenen, darunter auch technischen Maßnahmen zu begrenzen. Wie bewerten wir das aus der Sicht des Glaubens und was bedeutet das für die Arbeit in den technischen Berufen? → *Seite 12*.



Zu jedem dieser Punkte konnte eine Referentin bzw. ein Referent gewonnen werden (s. Kurzvorstellung → *Seite 12*). Interessant war, dass sämtliche Referenten in Vergangenheit oder Gegenwart einen Bezug zur SMD haben, d.h. die SMD in diesem wichtigen Arbeitsfeld durchaus über „eigene“ Fachkompetenz verfügt. Weiterführende Literatur und Internet-Links → *Seite 14*.

### **1 Klimawandel – von der Wahrnehmung zum Handeln**

Am Anfang des Vortrags von Frau Dr. Schäfer stand die Definition des „Klimas“. Es handelt sich dabei um eine statistische Bewertung bzw. Mittelung des äußerst wechselhaften Wettergeschehens, und zwar über der Zeit (z.B. Jahresmittel) und über den Ort (z.B. in Deutschland). Nur dann lassen sich Entwicklungen in historischen Zeiträumen verfolgen. Dadurch ist das Klima der unmittelbaren Wahrnehmung entzogen. Indirekt ist es wahrnehmbar durch Wetterextreme, in denen sich Klima und die aktuelle Wetterlage überlagern. Diese Extreme bleiben auch meist in der Erinnerung haften. Aber auch trotz der statistischen Mittelung ist das (Erd-)Klima kein konstantes Gleichgewicht (wie etwa ein ideales Raumklima). Die Dynamik des Klimas ist eine natürliche Gegebenheit.

Es gibt viele Faktoren, die das **Klima beeinflussen**:

- 1) extraterrestrische Einflüsse, wie die Planetenlaufbahn der Erde (sog. Milankovitch-Zyklen, u.a. durch Kreiselbewegung der Erde), die Sonnenaktivität (Sonnenfleckenzyklen, die die Wolkenbildung beeinflussen), Meteoriteneinschläge (können durch Staubbildung die Sonneneinstrahlung extrem, global und langfristig beeinflussen).
- 2) Veränderungen in der Erdkruste (Geosphäre), z.B. tektonische Verschiebungen, die die Verteilung von Wasser und Landmassen auf der Erdoberfläche und Wasserströme in den Ozeanen verändern und die ferner Gebirge entstehen lassen. Nicht zuletzt führen Vulkane zu großen Veränderungen durch Staubbildung (s. 1) und die Freisetzung von Gasen.
- 3) Die Zusammensetzung der Atmosphäre bestimmt deren Wärmeeigenschaften. Sog. Treibhausgase verwandeln die Sonnenstrahlung in Wärme: Wasserdampf, Stickoxid, Kohlendioxid, Ozon, Methan (vermutl. nach Anteil sortiert). Das mit Abstand wirksamste Gas ist der Wasserdampf.
- 4) Ein wichtiger Faktor ist der Wasserhaushalt (Hydrosphäre), weil die Ozeane Wärme speichern und transportieren und damit atmosphärische Schwankungen dämpfen und Klimaregionen verschieben (z.B. Golfstrom). Ferner sind stoffliche Austauschvorgänge (von Wasserstoff und Kohlenstoff) bedeutsam, und die Verteilung der Eismassen (Polkappen) bzw. Landmassen (s. 2).
- 5) Die Biosphäre beeinflusst das Klima durch die verschiedenen Vegetationsarten auf der Erdoberfläche (Wärmereflexion, Staubbildung), Stoffkreisläufe (vor allem des Kohlenstoffs) infolge Fotosynthese oder Zersetzungs Vorgängen.

Das Klima beeinflusst wiederum vor allem Atmosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre. Dadurch entstehen überaus komplexe Stoffkreisläufe. Der Mensch beeinflusst neben der Atmosphäre vor allem die Biosphäre. Der CO<sub>2</sub>-Haushalt ist insgesamt nur ein Faktor von vielen anderen.

Die **Klimaforschung** wird von zwei Seiten aus betrieben: Meteorologie und Atmosphärenphysik befassen sich direkt mit dem Erdklima, während Geologie und Geophysik nur indirekt auf die klimatischen Bedingungen schließen, dafür aber einen viel größeren Zeitraum untersuchen können. Meteorologische Daten liegen für etwa 250 Jahre vor, das geologische Archiv reicht dagegen bis zu einer Milliarde Jahre zurück. Dabei werden Bohrungen in Gestein, Meeresgrund oder Eismassen eingebracht und die Bohrkerne mit biologischen und chemischen Verfahren untersucht. Die gefundenen Pollen, Fossilien, und die Verteilung verschiedener Isotope usw. lassen Rückschlüsse auf die Vegetation und damit die klimatischen Bedingungen zu (sog. Proxy-Daten, von lat. „proximus“: der Nächste). Durch die Jahreszeiten bilden sich abzählbare Jahresringe in den Bohrkernen. Extreme Ereignisse wie Eiszeiten, Wirbelstürme oder Vulkanausbrüche erleichtern die chronologische Orientierung. Es gibt daneben weitere Indikatoren für Eiszeiten (Moränen, spez. Oberflächentexturen, sog. Dropstones usw.) und Warmzeiten (Korallenriffe). Trotz aller Hilfen sind diese Untersuchungen insgesamt sehr aufwändig, da die Ergebnisse durch Quervergleiche von Bohrkernen verschiedener Regionen abgeglichen werden. Bei einer Rückschau von bis zu 100.000 Jahren ist eine Auflösung von einem einzelnen Jahr möglich. – Als „Nebenprodukt“ dieser rein geologischen Forschung kann ein Erdalter von mindestens einer Milliarde Jahren als gesichert gelten.

**Klimaveränderungen** wurden auch schon in der Geschichte wahrgenommen und führten zu Völkerwanderungen. So besiedelten die Wikinger vom 10. bis 15. Jahrhundert Grönland (= Grönland), im sog. frühmittelalterlichen Klimaoptimum, das dann durch die spätmittelalterliche „kleine Eiszeit“ abgelöst wurde. Ferner gibt es Anzeichen, dass z.B. die Sahara vor 3500 Jahren stärker besiedelt gewesen ist (durch Felsmalerei). – In der eigenen Lebensgeschichte erinnert man sich eher an extreme Ereignisse (s.o.), häufig verbunden mit eigenen Erlebnissen wie Schlittschuhlaufen o.ä. Ferner wird das Empfinden durch die Medien verstärkt: „für die Jahreszeit zu warm“ (als wenn das Wetter unnormal wäre, es trifft halt nicht genau den Jahresdurchschnitt), „Klimakiller CO<sub>2</sub>“ (das Klima lebt trotzdem weiter), „Klimakatastrophe“ (es ist eher eine langsame Entwicklung). Katastrophenfilme wie „The day after tomorrow“ oder „Die Rückkehr der Sintflut“ suggerieren ein nahes Ende. Auch der Dokumentationsfilm „Eine unbequeme Wahrheit“ (von Al Gore) arbeitet mit diesem Klischee. – Interessant ist, dass in Bezug auf das Wetter bzw. Klima schon immer die Frage nach der Schuld gestellt, aber immer anders beantwortet worden ist. Waren es früher die Götter oder ein Strafgericht Gottes (zur Zeit Elias), sind es später ausgestoßene Menschen gewesen (Höhepunkt der Hexenverbrennungen war in der kleinen Eiszeit), so empfinden wir es heute vielfach als eine Strafe der Natur, die sich gegen den Menschen wehrt. So trägt die Klimadiskussion auch heute teilweise religiöse Züge und werden „Klimaleugner“ an den Pranger gestellt (weil sie

den Druck auf die Politik mindern, etwas gegen die vom Menschen verursachte Erwärmung zu tun). Den „Klimarettern“ (wie z.B. Umweltorganisationen) wird von vornherein eine größere Glaubwürdigkeit zugebilligt. Bei allen politischen Implikationen sollte es weiterhin möglich sein, das Klima wissenschaftlich zu erforschen, die Annahmen rein fachlich zu prüfen und die Modelle zu verbessern.

**Zusammenfassend** lässt sich die Lage in der Weise beschreiben, dass sich das Klima tatsächlich erwärmt und der CO<sub>2</sub>-Gehalt von 280 ppm (vor der Industrialisierung) auf 380 ppm gestiegen ist. Die Mehrheit der Klimaforscher geht davon aus, dass der Klimawandel vom Menschen verursacht ist. Von einer Minderheit wird dagegen die herausragende Rolle des CO<sub>2</sub> für die Klimaerwärmung bezweifelt, weil auch früher schon extreme Klimaschwankungen aufgetreten sind (d.h. ohne den Einfluss des Menschen). Der international maßgebliche Bericht des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) in 2007 war politisch hart umkämpfter Kompromiss und wissenschaftlich durchaus nicht unumstritten (von beiden Seiten der „Klimafront“), insbesondere die Kurzfassung mit den politischen Empfehlungen.



Ob der Mensch das **Klima „retten“** kann, bleibt fraglich, weil die bislang beschlossenen Maßnahmen den Ausstoß der Treibhausgase nicht ausreichend begrenzen. Es gibt zu viele Einzelinteressen, sodass nicht alle an einem Strang ziehen. Einige Maßnahmen wie z.B. die Gewinnung von Biosprit werden teilweise kompensiert, hier durch das nötige Abholzen von Wäldern (neben anderen zweifelhaften Folgen). Die extraterrestrischen Klimafaktoren bleiben weiterhin wirksam (falls diese dominant sind). – Trotzdem ist es sinnvoll, den Klimaschutz zu betreiben und als Teil des Umweltschutzes zu sehen. Da die Rohstoff-Vorkommen endlich sind, ist eine nachhaltige Energieversorgung geboten, d.h. die Energie-Effizienz zu erhöhen und vermehrt auf erneuerbare Energien zu setzen.

Diesbezügliche Forschung und Entwicklung müssen weiter betrieben werden und sollten alle Alternativen fördern. – Daneben dürfen aber auch Anpassungsmaßnahmen (die bei zu erwartender Erwärmung nötig sind) nicht vernachlässigt werden, wie etwa der Hochwasserschutz und Trinkwassergewinnung. Dabei muss Entwicklungs- und Schwellenländern geholfen werden.

Schließlich ist empfehlenswert, das persönliche Verhalten mit dem eigenen Gewissen in Einklang zu bringen, zugleich aber eine gewisse Gelassenheit (bzgl. Schuldfrage, s.o.) zu entwickeln, da die Erde schon viel größere Katastrophen überstanden hat. „Gott verspricht kein konstantes Klima – aber Kontinuität und Überleben“ Am Ende verweist Dr. Schäfer auf 1. Mo 8,22, wo Gott nach der Sintflut Noah verspricht, dass u.a. Frost und Hitze, Sommer und Winter nicht aufhören werden. Das Klima bleibt also schwankend ...

## 2.1 Klimawandel – ökonomisch bewerten und beeinflussen

„In the long run we are all dead“ (Langfristig sind wir alle tot), mit diesem Zitat von J.M. Keynes, einem Ökonomen, bekannt durch seine Konjunkturforschung, begann Herr Prof. Sautter seinen Vortrag. Auch wenn Volkswirtschaftlern ein gewisser Zynismus nachgesagt wird, wie er in dem Zitat zum Ausdruck kommt, ist auf mittelfristige Sicht wichtig, sich mit den ökonomischen Folgen des Klimawandels zu beschäftigen. So ist etwa Nicholas Stern, ehemaliger Chefökonom der Weltbank, von der britischen Regierung beauftragt worden, die ökonomische Auswirkungen abzuschätzen. Der 650 Seiten umfassende Bericht, bekannt als „Stern-Report“ (voller engl. Titel: Stern Review on the Economics of Climate Change), wird im Okt. 2006 veröffentlicht. Zusammenfassend kommt er zu dem Schluss, dass der Klimawandel immense Kosten für die Wirtschaft haben wird und diese durch Ausgaben für vorbeugende Maßnahmen verringert werden können, d.h. Klimaschutz sich rechnet. Der Bericht findet allgemein große Beachtung und kann als „state of the art“ der ökonomischen Zukunft gelten. Da er von vielen als zuverlässig angesehen wird, dient er auch als Grundlage für die weiteren Ausführungen.

**Ergebnisse der Klimaforschung:** Ausgangspunkt ist die Kurve der (gemittelten) globalen Temperatur, die ab etwa 1850 einen signifikanten Anstieg zeigt. (Auch wenn die als „hockey stock“ bekannte Kurve teilweise kritisiert wurde, ist das Faktum der Erwärmung unbestritten.) Ferner wurde parallel dazu eine seit der Industrialisierung zunehmende Konzentration der sog. Treibhausgase festgestellt. (Dabei werden insgesamt 6 Gase berücksichtigt, u.a. CO<sub>2</sub> und Methan, die dann in ein CO<sub>2</sub>-Äquivalent umgerechnet werden.) Die größten Emittenten der Treibhausgase sind die industrialisierten Länder, Nordamerika und Europa zusammen 70%, der Anteil von 90% gilt als vom Menschen verursacht. Auch wenn Energiegewinnung, Verkehr und industrielle Prozesse die entscheidenden Quellen darstellen, sind weitere Quellen von Treibhausgasen vorhanden (z.B. Landwirtschaft, Entwaldung). Selbst wenn sich die max. Konzentration von derzeit 380 ppm auf 500 ppm stabilisieren ließe, ein anfänglicher, überaus optimistischer Zielwert, ist eine Temperaturerhöhung von 1° bis 2°C praktisch sicher (endgültiger Wert im Vgl. zu vor-industr. Niveau). Realistisch sind eher 3° bis 4°C. Die Folgen sind u.a. nachlassende landwirtschaftliche Erträge und Probleme in der Wasserversorgung, vor allem in Afrika, und weltweit extreme Wetterereignisse wie Stürme und Überschwemmungen mit den entsprechenden Schäden.

**Ökonomik des Klimawandels:** Das Klima ist ein öffentliches Gut, bei dem es keine sog. Nutzungsrivalität (d.h. es nur einem gehören kann) und keine Exkludierbarkeit gibt, d.h. dass jemand von der Nutzung ausgeschlossen werden könnte. Jeder hat einen unmittelbaren Nutzen, und der Zugang kann nicht beschränkt werden. Dadurch entsteht das sog. Trittbrettfahrer-Problem, d.h. auch Staaten, die keinerlei vorbeugende Maßnahmen durchführen, profitieren von den Aufwendungen der anderen. Bei einem solchen Gut versagen die üblichen Marktmechanismen, wenn sie nicht durch bestimmte ordnungspolitische Rahmenbedingungen eingeführt werden, d.h. für die Nutzung bzw. Schädigung des Klimas ein allein durch die Politik festgelegter Preis zu zahlen ist.

Theoretisch ergibt sich der notwendige Preis für die Emissionsrechte durch den Schnittpunkt von Grenznutzen und Grenzkosten (ähnlich wie bei der Preisbestimmung anderer Güter). Der Nutzen ist die Vermeidung der Emissionen. Der sog. Grenznutzen ist der Nutzen eines zusätzlich vermiedenen Emissions-Anteils (mathematisch gesehen die Ableitung des Nutzens über der Vermeidung). Dieser zusätzliche Nutzen wird etwas kleiner, je mehr schon vermieden werden konnte, d.h. die Grenznutzenkurve verläuft geringfügig abfallend. Die Kosten wiederum beziffern die Aufwendungen zur Vermeidung, die Grenzkosten sind daher die Kosten für einen zusätzlich vermiedenen Anteil. Diese Kosten steigen relativ stark an, je mehr schon vermieden werden konnte. (Wenn z.B. bei einem Prozess 80% der Gase eingespart werden sollen, ist es nicht doppelt so teuer, als wenn man nur 40% einspart, sondern die Kosten sind in der Regel noch viel höher.) Die Preise für die Emissionsrechte orientieren sich schließlich an den Aufwendungen für die Vermeidung, damit es sich für die Emittenten rechnet, die Emissionen tatsächlich zu vermeiden. Das Problem des ökonomischen Modells besteht darin, diese Parameter absolut zu bestimmen. In der Praxis kann der Preis aber je nach Emissionsmenge nachjustiert werden (d.h. technisch gesehen durch einen Regelkreis). - Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es bei (höheren) Kosten für die Emissionsrechte ökonomisch sinnvoll wird, die Emissionen (stärker) zu reduzieren. Ferner sorgt dieser von der Politik „künstlich“ eingerichtete Marktmechanismus für eine effiziente Vermeidung von Treibhausgasen, weil die weltweit kostengünstigsten Maßnahmen bevorzugt werden.

Bei diesen längerfristigen Überlegungen müssen Annahmen über die wirtschaftliche Entwicklung getroffen werden, d.h. über das Bevölkerungswachstum, das Wirtschaftswachstum (vor allem der Schwellenländer), die Verfügbarkeit von Rohstoffen, die Preisentwicklung (vor allem der Energie) usw. Alle Einflüsse sind vernetzt und voneinander abhängig, zudem kann es irreversible Entwicklungen oder umstürzende Ereignisse geben, die die Lage grundsätzlich verändern. Ferner muss mit der Diskontrate eine Annahme über die allg. Kostenentwicklung gemacht werden. Das ist vor allem von Bedeutung, wenn z.B. vorbeugende Maßnahmen und der daraus entstehende Nutzen zeitlich weit auseinander liegen. Hier hat Stern mit 3,75% einen vergleichsweise niedrigen Satz gewählt, wodurch zukünftige Folgekosten stärker bewertet werden, was auch mit ethischen Argumenten zu begründen ist (Entlastung der nachfolgenden Generationen). Ein ähnliches Problem liegt in der Annahme der Verteilungsgewichte der verschiedenen entwickelten Länder bzw. Kontinente vor (z.B. die Relation Afrika – Europa).

Bei einem ungebremsten Klimawandel ohne jegliche vorbeugenden Maßnahmen muss mit einem Temperaturanstieg von 5 bis 6 °C gerechnet werden (in 2050, Vgl. s.o.), wobei eine jährliche Steigerung der Emissionen von 2,5% angenommen wurde. Dies hätte gravierende Folgen. Die Kosten dieses BAU-Klimawandels („business as usual“) würden das Welt-Bruttosozialprodukt



(WBSP) um mindesten 5% in jeder Periode vermindern. Bei Berücksichtigung indirekter Folgekosten (Umwelt, Gesundheit), weiterer Risiken und regionaler Unterschiede wird eine Verminderung von bis zu 20% ermittelt. Getroffen werden vor allem die Länder in den warmen Zonen wegen der landwirtschaftlichen Ausfälle.

Dem Klimawandel sollte auf zwei Weisen begegnet werden, mit anpassenden und vorbeugenden bzw. stabilisierenden Maßnahmen. Unter **Anpassung** ist zu verstehen, dass man sich auf die zu erwartende Temperaturerhöhung einstellt und versucht, deren Folgen zu verringern. So lassen sich kurzfristig Anpassungen im Küstenschutz und Wasserbau vorstellen, aber auch Züchtungen entsprechend resistenter Nutzpflanzen. Längerfristig zu sehen sind großflächige Änderungen in der Landnutzung oder Umsiedlungen. Ferner ist auch mit zusätzlicher Migration zu rechnen, z.B. in bzw. aus Bangladesch (wegen Überschwemmungen) und Afrika (wegen Trockenheit). Die Kosten für anpassende Maßnahmen werden vorsichtig auf 0,1 bis 1% des WBSP geschätzt, bei gleichzeitiger Stabilisierung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes auf 550 ppm.

Eine derartige **Stabilisierung** würde es erfordern, dass die Treibhausgas-Emissionen nur noch 10 bis 20 Jahre steigen dürften (Konzession spez. für die Schwellenländer), um dann 1 bis 3% kontinuierlich zu fallen. Im Jahr 2050 müssten die Emissionen auf 75% des derzeitigen Niveaus reduziert sein. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Weltbevölkerung und noch viel stärker die Wirtschaft wachsen werden. Jede weitere Verzögerung würde das Ziel von 550 ppm unmöglich machen. Maßnahmen zum Erreichen des Zieles sind etwa: Erhöhung der Ökoeffizienz (in den verschiedensten technischen Prozessen), Nutzung erneuerbarer Energien (u.a. Biomasse der 2. Gen., d.h. aus biolog. Abfällen), Nutzung der Kernkraft (wenn das Problem der Entsorgung gelöst ist).



Ein Problem ist, dass derzeit noch 25 Kohlekraftwerke geplant sind (in Deutschland), teilweise um Kernkraftwerke zu ersetzen. Diese stabilisierenden Maßnahmen, um den CO<sub>2</sub>-Gehalt (mit den Äquivalenten anderer Treibhausgase, s.o.) bis 2050 auf 550 ppm zu begrenzen, würden etwa 1% des laufenden WBSP kosten.

Somit lässt sich der **Nettonutzen** ermitteln: Mit laufenden Kosten von 1 bis 2% (für anpassende und stabilisierende Maßnahmen) ließe sich eine Verringerung des jährlichen Weltbruttosozialprodukts um 5 bis 20% (infolge der Schäden) vermeiden. D.h. es rechnet sich auf jeden Fall, die entsprechenden Maßnahmen zu ergreifen.

Die **Staaten** verfügen grundsätzlich über mehrere, wichtige Instrumente der Klimastabilisierung. Zum einen die Mengenregulierung durch die oben beschriebene Preispolitik (bzgl. der Emissionsrechte). Diese ist eigentlich nur dann gezielt einsetzbar, wenn die absoluten Parameter des ökonomischen Modells feststehen (oder die Preise politisch "nachjustiert" werden). Ein weiteres Instrument ist die Steuerpolitik, die einfacher zu handhaben ist, aber die Mengen nur indirekt beeinflusst. In jedem Fall sollten auf Grund der vielen Unbekannten, der möglichen Entwicklungen und neuen Erkenntnisse sämtliche Instrumente sehr flexibel eingesetzt werden können. Nicht zuletzt sollte der technische Fortschritt in diesem Bereich gefördert werden. Weil die (demokratische) Staaten ein Mandat benötigen, um handlungsfähig zu sein, ist das Problembewusstsein innerhalb der Bevölkerung unabdingbar. Dazu haben auch gewisse Dramatisierungen beigetragen, wie z.B. der Film von Al Gore „Eine unbequeme Wahrheit“. Denn zumindest vor einiger Zeit war das Problembewusstsein in den USA noch vergleichsweise wenig verbreitet, ebenso in China. Stärker ausgeprägt ist es in Japan und Indien (hier vermutlich wegen der Landwirtschaft).

Als **Fazit** des Stern-Reports ist festzuhalten, dass bei entschlossenem Handeln der Klimawandel noch „beherrschbar“ ist, denn die Kosten für anpassende und stabilisierende Maßnahmen bleiben geringer als der zu erwartende Nutzen. Damit kann der CO<sub>2</sub>-Gehalt auf 550 ppm (inkl. der Äquivalente) und die Temperaturerhöhung auf etwa 3°C begrenzt werden.

Diskutiert wurde u.a. die Messbarkeit der Schäden, denn bei keinem Wirbelsturm kann entscheiden, ob er durch den Klimawandel (d.h. die Temperaturerhöhung) verursacht worden ist. Eine Referenzsituation lässt sich nur durch entsprechende Berechnungen definieren, sodass sich die reale Entwicklung mit der prognostizierten im Nachhinein vergleichen lässt. Gewisse Indizien geben die statistische Auswertung der Schadensfälle, d.h. versicherungstechnische Daten (z.B. der

Rückversicherungen). Ferner ging es um die Unsicherheit bei der Bewertung der Ursachen des Klimawandels. Hier wird, auch in offiziellen Dokumenten, das "Vorsichtsprinzip" als ethischer Aspekt genannt. Wenn die Maßnahmen unnötig sein sollten, gibt es – außer den Kosten - keinen Schaden (an der Umwelt). Wenn sie aber nötig gewesen wären, aber unterlassen wurden, sind die Schäden immens und möglicherweise irreversible Ereignisse eingetreten (Aufbrauchen bestimmter Rohstoffe, Wüstenbildung, Artensterben o.ä.).

## 2.2 Klimawandel – internationale Aspekte

In einem zweiten Vortrag (am Sonntag Vormittag) ist Herr Prof. Sautter speziell auf die internationalen Aspekte eingegangen, die sich aus den politischen Bemühungen um den Klimaschutz zwangsläufig ergeben. So ist zunächst eine „**doppelte Ungleichheit**“ durch den Klimawandel festzustellen: 1) Die Hauptverantwortung für den bisher eingetretenen, anthropogenen Klimawandel liegt bei den Industrielländern. Dies ist offensichtlich, weil in der Vergangenheit praktisch ausschließlich sie die Emissionen der Treibhausgase verursacht haben. 2) Dagegen treten die größten Schäden des Klimawandels überwiegend in den Entwicklungsländern auf. Während in den nördlicheren Regionen, in denen sich die Industrieländer vorwiegend befinden, eine Erhöhung der Temperaturen verkraftbar ist, sogar teilweise ein milderes Klima bedeuten (in Nord- und Mitteleuropa, die Alpenregion), bedeutet sie für die armen Länder in den wärmeren Regionen noch geringere Niederschläge und eine Vergrößerung der Trockengebiete. Dadurch dass dort große Teile der Bevölkerung von der Landwirtschaft abhängen, sinken unmittelbar deren Einkommen. Es wird geschätzt, dass durch den Klimawandel 200 Mio. Menschen verarmen, d.h. weniger als 2 € pro Tag zur Verfügung haben. Ferner kann sich die Wasserversorgung in den verschiedensten Regionen verschlechtern, wie selbst Studien des US-Militärs zeigen. Aber auch hier haben arme Länder weniger Möglichkeiten sich anzupassen, d.h. zusätzliche Wasserspeicher zu bauen und Küsten zu befestigen, um in den Regionen die Bewohnbarkeit zu sichern (z.B. Bangladesh). Dadurch ist mit Wanderungsbewegungen zu rechnen.

In der Klimarahmenkonvention, verabschiedet in der UN-Klimakonferenz von 1992 in Rio de Janeiro, wurden speziell die Industrieländer (aufgezählt in „Annex I“) zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen verpflichtet. Den Entwicklungs- und Schwellenländern dagegen wurde hier ausdrücklich ein Recht auf wirtschaftliche Entwicklung einschließlich einer wachsenden Güterproduktion zugestanden, damit der Klimaschutz nicht auf Kosten der Armutsbekämpfung betrieben wird. Daraus ergeben sich auch gemäß des Stern-Reports unterschiedliche Reduktionsziele für Industrie- und Entwicklungsländer, um einen CO<sub>2</sub>-Gehalt von 550 ppm zu erreichen. Während die Industrieländer die Emissionen kontinuierlich verringern sollen, bis 2050 um 60% weniger als in 1990, dürfen die Emissionen der Entwicklungsländer bis 2020 noch anwachsen und müssten erst danach reduziert werden. Trotzdem dürften die Emissionen in 2050 noch 25% mehr betragen als in 1990. (Würde ein CO<sub>2</sub>-Gehalt von weniger als 550 ppm angestrebt, müssten vor allem die Emissionen der Entwicklungsländer stärker reduziert werden, weil deren Anteil an den Emissionen dann in 2050 größer ist.) Für die Industrieländer wurden konkrete Reduktionsziele im sog. Kyoto-Protokoll 1997 festgelegt (s.u.).

Für die globale Reduktion der Emission ist eine **globale Zusammenarbeit** zwingend erforderlich, weil ansonsten Wanderbewegungen der Wirtschaft zu erwarten sind. Insbesondere die Öl und Stahl verarbeitenden Industriezweige sind „mobil“, weniger dagegen die Dienstleistungsbranchen. Ein Wettbewerb in Bezug auf Standortbedingungen muss in dieser Hinsicht vermieden werden. Eine derartige Konstellation wird in der Wirtschaftslehre als „Gefangenen-Dilemma“ bezeichnet (wenn mehrere Gefangene einer Gruppe sich gegenseitig beschuldigen, um selbst frei zu kommen, aber damit alle zusammen „reinreißen“). In diesem Fall kann ein Land zum „Trittbrettfahrer“ werden, wenn es selbst keinerlei Maßnahmen ergreift, aber von denen anderer profitiert. Oder es spielt die Rolle des „Vorreiters“, ergreift Maßnahmen, profitiert aber nur wenig davon, weil sie verpuffen. Ein effektiver Klimaschutz funktioniert daher nur, wenn möglichst alle mitmachen, was durch verbindliche Absprachen zu gewährleisten ist. In der Praxis wird aber durchaus mit einer bedingten „Vorreiter“-Rolle gearbeitet (z.B. Europa), um die anderen Länder mittels Belohnung/Bestrafung zu ähnlichen Maßnahmen zu bewegen. Dies funktioniert, wenn die zwischenstaatlichen Beziehungen mehre Ebenen umfassen. So können etwa die Konditionen bei Vergabe von staatlichen Krediten an Kriterien im Umweltschutz verknüpft werden. Arme Länder können durch finanzielle Anreize „ins Boot“ geholt werden. – Ferner hat das Verhalten von großen Staaten eine Vorbildfunktion. Darum wäre viel geholfen, wenn der Hegemon (noch die USA) ein Vorreiter in

Sachen Klimaschutz wäre. Hier kann auf das „Montrealer Protokoll“ als einem guten Beispiel verwiesen werden, in dem 1987 die Reduzierung der Emissionen von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) geregelt wurde. In diesem Fall waren die USA Vorreiter auf Grund innenpolitischen Drucks (durch entsprechende Kampagnen) und haben den Handel mit Ländern stark eingeschränkt, die nicht ratifiziert haben. Die EU war in diesem Falle kein Vorreiter wegen inneren Unstimmigkeiten (vor allem GB bremste). Das Kyoto-Protokoll haben die USA bekanntermaßen noch nicht unterschrieben, weil die öffentliche Meinung dort durch eine Lobby der Erdölfirmen beeinflusst ist (Anti Climate Change Coalition), die USA allgemein ihre Souveränität gefährdet sehen und daher sehr zurückhaltend sind bei internationalen Verpflichtungen und sie schließlich eine Abneigung gegenüber jeglicher Form der Rationierungen haben. Die Reduzierung der FCKW war in den USA daher eher die Ausnahme von der Regel. Allerdings haben die USA eigene Ziele zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen außerhalb des Kyoto-Protokolls definiert.



Das **Kyoto-Protokoll** schreibt für die Industriestaaten („Annex I“, s.o.) völkerrechtlich verbindlich eine Reduktion der Treibhausgase um ca. 5% bis 2012 vor (bzgl. 1990). Das wird von vielen als sehr wenig angesehen. Daneben wurden verschiedene Instrumente vereinbart: der Handel von Emissionsrechten („emissions trading“), die Möglichkeit, die Emissionen in einem anderen Land zu mindern und sich anrechnen zu lassen („clean development mechanism“, CDM), eine gemeinsame Umsetzung mit anteiliger Anrechnung („joint implementation“, JI; z.B. Kooperationen west- und osteuropäischer Staaten) und die Möglichkeit, dass eine Staatengruppe wie die EU Reduktionsziele gemeinsam erfüllt („burden sharing“). Ferner können

auch sog. CO<sub>2</sub>-Senken (wie große Wälder) angerechnet werden, d.h. anderweitige Emissionen kompensieren (ein Zugeständnis an Russland, das umstritten ist).

Der Mechanismus des Handels von Emissionsrechten lässt sich an einem Beispiel erläutern. Wenn etwa 2 Unternehmen beide 20 Einheiten Emissionen ausstoßen und ihnen jeweils Emissionsrechte für 10 Einheiten zugeteilt sind, müssten beide die Emissionen um 10 Einheiten reduzieren. Nun ist es so, dass das dem einen Unternehmen €12.000, dem anderen aber nur €8.000 kostet. Dann haben beide Unternehmen einen Vorteil, wenn das Unternehmen mit den höheren Kosten Emissionsrechte von dem Unternehmen dazukauf, das geringere Kosten hat. Das bedeutet, dass das Unternehmen mit den geringeren Kosten die Emissionen stärker reduzieren muss (was für dieses Unternehmen aber günstiger ist) als das Unternehmen mit den höheren Kosten. Durch den Handel wird daher der Gesamtaufwand verringert und das gemeinsame Reduktionsziel insgesamt kosten-effizienter erreicht.

Die **EU** versucht, das Kyoto-Protokoll gemeinsam als Staatengruppe zu erfüllen, und hat sich dabei zu einem höheren Reduktionsziel von 8% bis 2012 verpflichtet (statt 5%, Vorreiterrolle s.o.). Die Reduktionsziele der einzelnen EU-Staaten sind sehr unterschiedlich, je nach Wohlstand. So muss Luxemburg um 25% reduzieren, Deutschland und Dänemark um 21%, während den Ländern Portugal, Griechenland, Spanien und Irland sogar noch gewisse Steigerungen der Emissionen (27%, 25%, 15%, 13%) zugestanden werden. Aus diesen Reduktionszielen werden dann in jedem Land für 8 Sektoren (wie z.B. Energieerzeugung, Stahlindustrie usw, nicht jedoch Transport) Höchstgrenzen definiert, wobei Unternehmen ab einer bestimmten Größe berücksichtigt werden. Die Emissionsrechte bzw. Zertifikate wurden bisher kostenlos erteilt (was sehr umstritten ist), der Handel mit diesen Zertifikaten ist möglich und auch erfolgt. Ferner werden auch Kompensationsgeschäfte erlaubt, sodass z.B. E.ON in Maßnahmen an russischen Kraftwerken investiert oder gemeinsame Entwicklungen in China unterstützt werden (im Rahmen des CDM). So gibt es insgesamt 500 Projekte in Entwicklungsländern, bei denen auch der Technologietransfer von Bedeutung ist. Die Umsetzung ist naturgemäß nicht ohne Probleme: Es entsteht zwangsläufig ein bürokratischer Aufwand, der häufig kritisiert wird. Zudem sehen in Deutschland (wie vermutlich auch in anderen Staaten) die Unternehmen ihre Wettbewerbsfähigkeit gefährdet und rechnen mit 12 Mrd. zusätzlichen Kosten. Ferner wäre eine lückenlose Kontrolle der Emissionen notwendig (erfolgt anhand des jeweiligen Energieverbrauchs), wobei die Strafzahlungen den Preisen für die Zertifikate entsprechen, d.h. €30 pro t CO<sub>2</sub>. Es gibt Länder (wie z.B. Russland), die nicht ausgenutzte Emissionsrechte verkaufen und damit die Reduktionsziele unterlaufen. – In den nächsten Jahren will

die EU die Emissionsmenge reduzieren, d.h. die Anzahl der Zertifikate verringern und zu höheren Preisen versteigern.

Was **2012** an politischen Rahmenabkommen nach Ablauf des Kyoto-Protokolls kommt, ist nach wie vor offen. Laut Stern-Report müsste eine Reduktion von 20% bis 2020 (im Vgl. zu 1990) verbindlich vereinbart werden, was angesichts der politischen Möglichkeiten als sehr hoch eingeschätzt wird. Ferner müssten noch mehr Länder beteiligt werden als bisher, d.h. neben den USA auch wichtige Schwellenländer wie China und Indien. Auch müssten weitere Wirtschaftssektoren wie Haushalte und Transportwesen berücksichtigt werden, d.h. insgesamt eine höhere Erfassungsquote realisiert und weitere, politischen Instrumente eingeführt werden. Bei den Leitlinien für ein neues Klimaschutzabkommen ist vor allem auch zu klären, nach welchem Schlüssel die Emissionsrechte zuzuteilen sind. Es wäre dabei ethisch vertretbar, die Bevölkerungszahl zu nehmen, was aber die Industrieländer „benachteiligen“ und die Entwicklungsländer bevorzugen würde (und vermutlich einen großen Handel von Emissionsrechten zur Folge hätte). Ferner ist denkbar, das Pro-Kopf-Einkommen zu berücksichtigen, oder das jeweilige Bruttonettoprodukt als Kriterium heranzuziehen. Es wird schwer sein, einen Konsens bzw. Kompromiss zu erreichen.

Generell ist die politische Situation dadurch gekennzeichnet, dass die Finanzkrise die Maßnahmen für den Klimawandel momentan etwas in den Hintergrund drängt. Andererseits lässt der erwartete Machtwechsel in den USA gewisse Hoffnungen zu, dass das Thema in der dortigen Regierung stärker Beachtung findet. (Trotzdem gab es in den USA auch bisher schon wichtige Initiativen: So hat Kalifornien bereits einen eigenen Emissionshandel eingeführt, und viele Großstädte haben sich zu einer Koalition für den Klimaschutz zusammengeschlossen.) Ferner ist positiv, dass auch in China das Bewusstsein für den Klimawandel wächst. So sind durchaus Chancen vorhanden, dass der Klimaschutz seitens der Politik weiter gefördert wird.

Diskutiert wurde u.a. die Anrechenbarkeit der „CO<sub>2</sub>-Senken“, d.h. die großen Waldgebiete. Diese wurde großzügig behandelt um Russland entgegenzukommen, da Russland nötig war, damit das Kyoto-Protokoll überhaupt in Kraft treten konnte (55% der Staaten mit insgesamt 55% der Emissionen in 1990 mussten das Protokoll ratifiziert haben). Kanada und Russland wurden verpflichtet diese großen Waldgebiete auch zu erhalten. – Es hätte einen zusätzlichen Effekt, wenn die Erlöse durch den Erstverkauf der Zertifikate in Projekten der Entwicklungsländern angelegt würden.

### **3 Klimaschutz konkret**

Unter diesem Oberthema standen zwei Vorträge über Entwicklungen bei der Energieerzeugung. Ein weiterer Beitrag über „Trends bei Kfz-Motoren“ (von Christof Peters) musste aus Zeitgründen entfallen.

#### **3.1 Speicherung von CO<sub>2</sub>**

Bei dem Projekt der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), das sich mit den Fragen der Speicherung von CO<sub>2</sub> befasst, ist Frau Dr. Schäfer persönlich beteiligt. Das gesamte Verfahren CCS (Carbon Dioxide Capture and Storage) umfasst die Abtrennung von CO<sub>2</sub> und Speicherung im geologischen Untergrund. Sinnvoll angewandt werden kann es bei größeren „Punktquellen“, d.h. vor allem bei Kraftwerken, die mit fossilen Brennstoffen arbeiten. Daher wird das CO<sub>2</sub> sozusagen dahin zurückgebracht, wo es herkommt: in tiefe geologische Formationen.

Die **Abtrennung von CO<sub>2</sub>** kann grundsätzlich mittels drei verschiedener Verfahren erfolgen: Es kann – bei einer speziellen Art der Kohlevergasung – dem Brennstoff bereits vor der Verbrennung entnommen werden („pre combustion“), es kann nach der Verbrennung aus dem Rauchgas herausgefiltert werden („post combustion“), und schließlich kann ein Verfahren („Oxyfuel“) für Dampfkraftwerke verwendet werden, bei dem die Verbrennung der Kohle mit reinem Sauerstoff statt Luft erfolgt (zur Vermeidung von Stickstoff) und das Restgas nach Kondensieren des Wasserdampfes überwiegend aus CO<sub>2</sub> besteht. – Im Testbetrieb ist inzwischen eine Pilotanlage nach dem Oxyfuel Verfahren (thermische Anlage von 30 MW zur Dampferzeugung) im Industriepark „Schwarze Pumpe“ (südl. von Cottbus). In einer Fallstudie werden die geologischen Möglichkeiten untersucht, insgesamt 400 Mio. t CO<sub>2</sub> in der Nähe zu speichern, was bei einer Emission der beiden großen Kraftwerksblöcke (je 800 MW) von 10 Mio. t pro Jahr für 40 Jahre reichen würde. Zunächst geplant



ist aber ein Demonstrations-Kraftwerk mit 300 MW mit entsprechender CO<sub>2</sub>-Abtrennung in Jänschwalde (nördl. von Cottbus). Auch international ist in etwa 5 Jahren mit größeren Pilotanlagen zu rechnen (z.B. in Dänemark).

Mit der **Einbringung von CO<sub>2</sub>** in tiefe Schichten liegen durchaus erste Erfahrungen vor. So wird das Gas etwa eingesetzt, um Erdgas und Erdöl besser abbauen zu können und aus den Schichten herauszudrücken. Diese Speicher sind daher erwiesenermaßen gasdicht, weil sie über lange Zeit das Erdgas aufbewahrt haben. Auf Grund der Kapazität bieten sich jedoch noch andere Speicherarten an. Insgesamt gibt es in Deutschland folgende potenzielle Speichermöglichkeiten: Erdgasfelder 2,6 Mrd t, Erdölfelder 130 Mio. t, Saline Aquifere ca. 20 Mrd. t, Kohlenfelder dagegen kaum, weil die Flöze hierzulande zu dünn sind. Die mit Abstand größte Menge kann daher von den sog. salinen Aquiferen aufgenommen werden, poröse Gesteinsschichten wie etwa Sandstein, die Salzwasser enthalten. Die Gase würden in den Porenspeichern ab etwa 800 m Tiefe (d.h. unter 80 bar) unter undurchlässigen, nach oben gewölbten Abdeckschichten gespeichert. Benötigt würden in Deutschland ca. 500 Mio. t pro Jahr, sodass die möglichen Speicher für etwa 40 Jahre reichen. Juristisch gesehen ist noch unklar, nach welchen Rechtsnormen die Speicherung erfolgen soll (z.B. Abfall- oder Umweltrecht).

Was die **Sicherheit** angeht, kann man bei der Förderung und Speicherung von Erdgas bereits auf eine Betriebsphase von 25 Jahren zurückblicken. Der Umgang mit CO<sub>2</sub> ist insofern einfacher, als es nicht brennbar ist. Bei den CO<sub>2</sub>-Speichern ist eine Langzeitsicherheit von 10.000 Jahren durch geologische Modellrechnungen nachzuweisen, die die erforderliche Qualität der Deckschichten und Bohrungen festlegt. Ferner kann auf das Sleipner-Projekt (von Statoil) im norwegischen Teil der Nordsee verwiesen werden, wo CO<sub>2</sub> aus dem geförderten, unreinen Erdgas abgetrennt und unter dem Meeresboden verpresst wird (1 Mio t pro Jahr seit 1996). Überwacht werden die Gasspeicher (d.h. die Ausbreitung des Gases im Boden) durch seismische Messungen, die mit Referenzmessungen vor der Speicherung verglichen werden. Verglichen wird ferner der bodennahe Gashaushalt an der Oberfläche über den Speichern, um Änderungen der Gaskonzentration bzw. der Zusammensetzung der Luft festzustellen. Die Frage, was bei Austritt von CO<sub>2</sub> passieren könnte, lässt sich anhand von natürlicher Diffusion beantworten, die z.B. am Laacher See zu beobachten ist. Dort sind keine Schäden festzustellen. In Italien sind zwei Stellen bekannt bei Rom (Cava dei Selci) und Neapel (phlegräische Felder), beide in dicht besiedelten Gebieten. Speziell die Stelle in Rom emittiert bis zu 7 t CO<sub>2</sub> pro Tag und erzeugt stellenweise eine Konzentration von über 90% im Bodengas. Nur an den direkten Austrittsstellen ist die Luft problematisch, darüber hinaus wird das CO<sub>2</sub> bereits stark verdünnt und ist gänzlich ungefährlich. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass diese Risiken gering und gut zu kontrollieren sind. Ferner zu beachten ist, dass beim Verpressen des Gases das im Gestein vorhandene Salzwasser verdrängt wird, aber nicht in das Grundwasser gelangen darf.

Schließlich stellt sich die **Frage**, ob es nicht besser ist, direkt in erneuerbare Energien zu investieren und sie zu entwickeln. Aber es ist zu berücksichtigen, dass in Deutschland der Strom derzeit noch zu über 80% aus fossilen Energieträgern gewonnen wird und die Verteilung der nötigen Primärenergieträger nicht so schnell verändert werden kann. Speziell wenn die Nutzung der Kernkraft weiter zurückgehen soll, wird der Anteil der fossilen Energieträger noch vergleichsweise hoch bleiben. Die CCS-Technologie ist ein ergänzender Baustein im Portfolio der Klimaschutzmaßnahmen (neben Energieeinsparung, Effizienzsteigerung und erneuerbaren Energien). Dabei ist wichtig, dass auch alte Kraftwerke mit dieser Technologie nachrüstbar sind.



### 3.2 Erneuerbare Energien

Als Vorstand der Juwi AG hat Fred Jung zunächst seine Firma vorgestellt. Sie ist 1996 von ihm mit gegründet worden und verfügt heute über 400 Mitarbeiter weltweit, in der neuen Zentrale in Wörrstadt arbeiten 200 Mitarbeiter. Es werden Anlagen für erneuerbare Energie geplant, gebaut und betrieben, so 310 Windräder mit insgesamt 460 MW Leistung, 750 Fotovoltaik-Anlagen (mit insgesamt max. 160 MW, die größte in Leipzig mit 40 MW auf 120 ha), 3 Biogas-Anlagen und eine Fab-

rik zur Herstellung von Holzpellets. Der Umsatz beträgt in 2008 ca. € 400 Mio. (nach € 200 Mio. in 2007 !). Die Firma ist wie andere in der Branche von starkem Wachstum geprägt.

Es gibt verschiedene **Gründe** für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien. Da ist zunächst die nachgewiesene Erwärmung des globalen Klimas (unabhängig davon, ob sie anthropogen ist: die 6 wärmsten Jahre seit 1861 erst nach 1998), verbunden mit zunehmenden Extremwettern und Schäden (gemäß Statistiken der Versicherungen). Ferner besteht eine große Importabhängigkeit bei den fossilen Energieträgern (Uran, Erdöl, Erdgas, Steinkohle), und schließlich sind deren Ressourcen allesamt endlich sind. Sie benötigen zur Entstehung riesige Zeiträume und werden innerhalb weniger Jahrhunderte aufgebraucht. – Die erneuerbaren Energien nutzen direkt oder indirekt die Sonneneinstrahlung, die etwa das 10.000-fache des weltweiten Bedarfs an Energie zur Verfügung stellt. Der Anteil der erneuerbaren Energien (an der Stromerzeugung) liegt in Deutschland inzwischen bei 14% und soll bis 2020 auf 20% gesteigert werden. Bei der Ermittlung der Emissionen, ist allerdings zu berücksichtigen, dass bei der Herstellung z.B. von Fotovoltaik-Anlagen auch eine gewisse Menge CO<sub>2</sub> produziert wird. Die Windenergie-Branche ist inzwischen zum zweitgrößten Abnehmer von Stahl geworden (nach der Automobilindustrie). Der gesamte Industriezweig der erneuerbaren Energien erlangt zunehmende Bedeutung auf dem Arbeitsmarkt (derzeit etwa 300.000 Arbeitsplätze). Das Wachstum von etwa 30% pro Jahr wurde und wird noch durch gesetzliche Regelungen gefördert, etwa durch das Stromeinspeisungsgesetz 1991 und das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2001 und 2004.

Es ist jedoch absehbar, dass sich die **Wettbewerbsfähigkeit** in 5 bis 8 Jahren einstellt, weil zum einen die Produktionskosten der erneuerbaren Energien sinken und die Preise der fossilen Energieträger steigen werden. Wenn an der Strompreisbörse (in Leipzig) Höchstpreise von bis zu €0,08 je kWh erzielt werden, liegen diese bereits etwa bei den Kosten der Stromerzeugung in Windkraftanlagen (zzgl. Transport, Vertrieb usw.). Nachteilig ist, dass die Energiepreise großen Schwankungen unterworfen sind. Es ist davon auszugehen, dass der Handel mit den Emissionszertifikaten die fossilen Energieträger weiter verteuert (zusätzlich zur Preissteigerung aufgrund größerer Nachfrage). Die Stromerzeugung durch die klassischen Energieträger wäre schon jetzt um ein Vielfaches teurer, wenn ihnen sämtliche externe Kosten, d.h. einschließlich der Umweltschäden, zugerechnet würden (auch wenn diese nur schwer zu beziffern sind und daher unterschiedlich hoch angegeben werden).



Es ist durchaus realistisch, dass die Stromerzeugung in **Deutschland 2016** von insgesamt 700 TWh pro Jahr bereits zu 25 bis 30% durch erneuerbare Energien erfolgen kann. Ein bedeutender Anteil davon wird in Windkraftanlagen erzeugt, wobei zunächst die Anlagen auf dem Land beitragen („onshore“), die in den kommenden Jahren teilweise erneuert und durch größere ersetzt werden. Die 5-MW-Anlagen im Meer („offshore“) sind derzeit noch nicht einsatzreif, da sich vor allem die Wartung auf See durch Sturm und Wellengang als schwierig erweist. Auch der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) geht von Steigerungen in ähnlicher Größenordnung aus, alle großen Versorgungsunternehmen investieren in

den Bereich der erneuerbaren Energien. Bzgl. der Stromnetze ergeben sich durch die Verwendung erneuerbarer Energien höhere Anforderungen, da deren Stromerzeugung größeren Schwankungen unterworfen ist, aber das erscheint nicht unlösbar. Bereits im Sommer 2007 mussten Kernkraftwerke aufgrund der großen Hitze bzw. der beanspruchten Flüsse vom Netz genommen werden, was keine Problem aufwarf.

Für das Land **Rheinland-Pfalz** hat die Firma „juwi“ eine Studie zur verstärkten Nutzung der erneuerbaren Energien erstellt. Momentan wird nur gut 30% des benötigten Stroms von 27 TWh im Land selbst erzeugt, der übrige Anteil kommt aus anderen Bundesländern und Frankreich. Ziel ist, dass 2030 der gesamte, benötigte (!) Strom durch erneuerbare Energien erzeugt werden kann, wobei eine Energieeinsparung von 20% angenommen wird (d.h. 22 TWh). Als verlässliche Energiequelle wird neben Biogas vor allem Geothermie zum Einsatz kommen können (beide mit jeweils 18%). So werden für 40 Standorte geologische Gutachten erstellt (z.B. für die Umgebung von Landau in der Pfalz). – Etwa 40% des Stroms soll von neueren Windkraftanlagen erzeugt werden, bei denen u.a. kein Lärmproblem mehr besteht. So sollen die vorhandenen 1200 Anlagen mit ge-

ringerer Leistung durch 500 Windräder mit 6 MW ersetzt werden. Windenergie hat den Vorteil, dass sie nur wenig Fläche benötigt, jeweils nur 0,2% der Waldfläche und der landwirtschaftlich genutzten Fläche (für Bioenergie 10% der landwirtschaftlichen Fläche). – Die Fotovoltaik-Anlagen werden weiter verbessert, vor allem in Bezug auf den Wirkungsgrad wie auch den Herstellungsprozess. So werden Dünnschichtzellen entwickelt, bei denen die elektrisch wirksamen Schichten aus amorphem Halbleiter-Material (z.B. Kupfer-Indium-Selenid) aufgedampft werden, deren Wirkungsgrad allerdings noch geringer ist als der der Siliziumzellen. Durch die einfachere Herstellung werden sich die Energiekosten reduzieren und bei einer Degression von 6-7% etwa 2016 mit den Energiepreisen schneiden, sodass die zusätzliche Förderung dann auslaufen kann (EEG, s.o.). Darüber hinaus ist die Degradation (Minderung der Wirksamkeit) der Dünnschichtzellen über die Betriebsdauer vergleichsweise niedrig, und der Energiebedarf für das Recycling der Zellen zumindest geringer als bei deren Herstellung. – Ein ähnliches Konzept zur Stromerzeugung ist für das Saarland in Arbeit.

Um Schwankungen der Stromerzeugung durch Wind- und Solaranlagen auszugleichen gibt es das **Konzept des regenerativen „Kombikraftwerks“**, das eine verlässliche Stromversorgung erlaubt. Dabei werden die verschiedenen Energieformen durch ein eigenes Netzwerk und eine intelligente Steuerung zu einem gemeinsamen „virtuellen“ Kraftwerk zusammengeschaltet. Auf diese Weise können sich zum einen Wind- und Sonnenenergie aus verschiedenen Regionen gegenseitig ausgleichen, zum anderen werden bei Bedarf Biogasanlagen und Pumpspeicherkraftwerke hinzugeschaltet. Diese Ausgleichskapazität sollte mind. 500 MW betragen, das Schluchseewerk im Schwarzwald hat z.B. etwa 1000 MW. Zur Steuerung sind einerseits Wettervorhersagen und andererseits genaue Verbrauchsprognosen wichtig. Die Machbarkeit ist durch Versuch mit insgesamt 36 Anlagen in ganz Deutschland bereits bestätigt.

Der **Ausbau** der erneuerbaren Energien stellt nicht nur eine Reihe von technischen Herausforderungen dar, sondern er ist auch auf politischen Willen angewiesen, der die verschiedenen Interessenlagen zu einem gemeinsamen Vorgehen formieren kann. Insbesondere müssen die Energieversorgungsunternehmen in diesen Prozess integriert werden, die aufgrund der Regularien vor allem an der Stromerzeugung verdienen (weniger an Transport und Verteilung). Der Referent beschloss den Vortrag mit der Einschätzung, dass der Mensch das Mögliche tun sollte, um das Klima zu retten.

In der Diskussion wurde u.a. die Idee angesprochen, über ganz Europa und Nordafrika ein Verbundnetz aufzubauen, um die regionalen Vorteile wie Sonneneinstrahlung noch besser nutzen zu können. Momentan erscheint dieses übergreifende Leitungsnetz aus Kostengründen noch nicht realistisch, denn schon jetzt sind in den Stromkosten etwa 50% Kosten für das Netz enthalten. Ein derartiges Netz wird sich jedoch langfristig entwickeln und kann dann die regionalen Vorteile stärker nutzen. So wäre es ein erster Schritt, die Pumpspeicherkraftwerke der Alpenländer in ein Gesamtkonzept zu integrieren, weil diese Kraftwerke gut zu regeln und die Summe der eingespeisten Energie einfach zu überwachen ist. Darüber hinaus können verschiedene Windregionen in Europa identifiziert und für einen gegenseitigen Ausgleich genutzt werden (z.B. die Atlantikküste, Nordsee). – Bei Anbietern von Ökostrom ist zu prüfen, ob sie auch in erneuerbare Energien investieren, oder das Label nur benutzen, um den Strom teurer zu verkaufen. Informationen und Bewertungen sind im Internet zu finden (s. Links). – Windparks werden bisweilen zwar noch als Störung im Landschaftsbild empfunden, aber es ist nicht erwiesen, dass Fremdenverkehrsregionen dadurch Schaden nehmen. So stehen im Landkreis Aurich, der auf Tourismus angewiesen ist, 600 Windräder. Es ist anzunehmen, dass sich die Menschen zunehmend an die Windräder gewöhnen, wie sie sich auch an Hochspannungsmasten gewöhnt haben. Größere Windräder drehen zudem langsamer, damit die Geschwindigkeit an den Flügelspitzen nicht zu groß wird. Auch wenn öfters auf stehende Windräder hingewiesen wird, so kann man doch von einer Verfügbarkeit von 97% ausgehen, d.h. sie sind nur 10 Tage im Jahr außer Funktion. Sie benötigen jedoch eine Windgeschwindigkeit von mind. 2,5 m/s, bevor sie sich einschalten.

#### 4 Klimawandel – Apokalypse oder Herausforderung?

Wolfgang Tarrach stellte sich der Frage, wie wir Gott in die Fragestellung des Klimawandels einbeziehen können. Die beiden Begriffe, Apokalypse und Herausforderung, sind eigentlich keine Alternativen. "Apokalypse" bedeutet im ursprünglichen Sinn "Enthüllung über das, was noch kommt". Im Folgenden werden zu den zentralen theologischen Begriffen Gott, Mensch und Schöpfung die verschiedenen Aspekte dargestellt. Sie umschreiben das christliche Welt- und Menschenbild, das den Rahmen bildet für unser Handeln als Christen.

Auch wenn wir von **Gott** als dem Schöpfer reden, so meinen wir keinen allgemeinen Schöpfergott, sondern den Vater Jesu Christi, wie er im Alten und Neuen Testament bezeugt ist. Er spricht das Wort zum Anfang der Welt, so wie er später das Wort zum Ursprung des Glaubens spricht. So hat er sich in der Geschichte des Volkes Israel gezeigt, als er es herausrief aus der Knechtschaft – ein Ereignis, auf das in den Zehn Geboten ausdrücklich Bezug genommen wird. Gott ist der, der sich im Leben als lebendig erweist. Darum ist die Bibel kein Lehrbuch, sondern ein Glaubenszeugnis. Gerade auch der Schöpfungsbericht ist ein – in Reimform gefasstes – Bekenntnis. Während beim Schaffen des Menschen immer schon etwas da sein muss, wird das Schaffen Gottes dadurch charakterisiert, dass er aus dem Nichts schafft: Gott spricht, und es geschieht (hebr. "bara"). Außerdem thront Gott nicht, sondern er arbeitet und verwirklicht sich. Aber am siebten Tag, nach der Erschaffung des Menschen ruht er. So erlebt der Mensch an dem für ihn ersten Tag die Sabbathruhe. – Aber Gott arbeitet weiter, als Erhalter der Welt. Er wird nicht als der Uhrmacher beschrieben, der die Welt in Gang bringt und sie danach sich selbst überlässt (sog. Deismus, z.B. vertreten durch Leibniz), sondern als ein Gott, der am Bestand der Erde und an dem Leben der Menschen interessiert ist. Er erhält die Welt, solange er will. Dazu gibt er Strukturen und Ordnungen, die dem Leben Beständigkeit verleihen sollen. Er gibt dem Menschen Boden unter die Füße zum Handeln und bezieht den Menschen in die Aufgabe des Erhaltens mit ein. Wer die Welt erhält, ist mit Gott auf einer Linie, er teilt die Leidenschaft Gottes zur Welt und zum Menschen. Trotzdem ist die Erhaltung der Welt nicht allein vom Tun des Menschen abhängig. – Ein dritter Aspekt ist Gott als Vollender der Welt. Die Schöpfung ist nicht vollkommen, in ihr gibt es Verunsicherung, Bedrohung, aber auch Sehnsucht, weil nicht alles im Reinen ist. So steht am Ende die Vollendung, nicht die Katastrophe. Darum greift eine christlich motivierte Schwarzmalerei zu kurz, weil sie den Vollender nicht im Blick hat. Das Vorläufige ist nicht unwichtig, weil Gott darin bereits handelt, auch wenn die "eigentliche" Vollendung noch aussteht.



Der **Mensch** ist zunächst Geschöpf, d.h. er verdankt sich nicht selbst, sondern Gott. Wie der Begriff des Ebenbildes beschreibt, kommt in jedem Menschen Gott zum Vorschein. Hier liegt das Besondere des Menschen, dass er in Gemeinschaft mit Gott leben kann und Gott in jedem Menschen gegenwärtig sein kann. Gott ist partiell für das Leben, der Mensch ist abhängig von Gott. Das führt zu Ehrfurcht gegenüber dem Schöpfer, aber auch gegenüber dem von ihm Geschaffenen. – Als Bebauer und Bewahrer hat der Mensch Anteil an Gottes Schöpfungsarbeit, d.h. ist nicht nur Geschöpf, sondern auch Mitwirkender in der Erhaltung der Welt. Es ist ihm gegeben, die Ressourcen zu nutzen, um sein Leben zu sichern, anfangs durch Ackerbau und Viehzucht. Und doch wird insbesondere im Erntedankfest daran erinnert, dass alles, womit wir als Menschen umgehen, geliehen ist und uns nicht eigentlich gehört. Dieser Gedanke findet sich auch im jüdischen Glauben. Diese Einstellung ist aber nicht die Regel. Vielfach meinen wir, ein Recht auf die uneingeschränkte Nutzung der Ressourcen zu haben. Dann sind wir eher selbstherrliche Herrscher statt Bebauer und Bewahrer. – Schließlich ist der Mensch ein Unvollendeter. Vieles gelingt ihm nicht und muss er schuldig bleiben. Auch für die gesamte Menschheit gibt es unlösbare Probleme, wie etwa die Armut in den Ländern der 3. Welt. Häufig haben wir das Maß verloren und bemühen uns um unseren Status. Verzicht hat da keinen Platz. Dadurch werden vielfach auch Maßnahmen für den Klimaschutz unterlassen und die Mittel eher für unmittelbar spürbare Verbesserungen und Bequemlichkeiten ausgegeben. In vielen Belangen fällt es dem Menschen schwer, wirklich etwas Neues zu schaffen.



Die **Schöpfung** nun ist mehr als Natur, mehr als nur Rohstofflieferant, weil sie von Gott geschaffen ist. Am Ende der Geschichte von Noah steht, dass Gott – nach der Sintflut – den Bestand der Erde garantiert, obwohl der Mensch nicht gut ist. Im jüdischen Gesetz ist die Abgabe des Zehnten ein Zeichen, dass die eigenen Erträge Gott gehören, worin sich auch eine Ehrfurcht vor der Schöpfung ausdrückt. – Aber die Schöpfung ist auch weniger als Gott, d.h. die Natur hat in sich selbst keine göttliche Qualität. Das bewahrt vor einer gewissen Hysterie, die bei ökologischen Fragestellungen manchmal zu beobachten ist. Die Natur selbst ist nicht eine Frage von Bekenntnis oder Wahrheit, sie ist es nur in Bezug auf Gott. – Schließlich ist auch die Schöpfung unter der Sünde. Darin ist sie dem Menschen gleich. Alles Leben macht die Erfahrung, dass etwas im Ungleichgewicht ist, dass es unberechenbare Ereignisse, Bedrohung, Leiden, Sterben und den Tod gibt. Darum sehnt sich die gesamte Kreatur nach Vollendung (vgl. Rö 8,19-23). So hat der Prophet Jesaja das Friedensreich des Messias damit verbunden, dass Wölfe bei den Lämmern wohnen (Jes 11,6; 65,25). Auch am Schluss der Johannes-Offenbarung wird zum Ausdruck gebracht, dass das Leiden an und in dieser Welt am Ende aufgehoben ist in Gott (Offb 21,3-5).

Daraus ergeben sich drei **Herausforderungen**, Aufgaben für Christen in dieser Welt. Sie sollten und werden die Ehrfurcht leben, Ehrfurcht vor anderen Menschen, vor der Schöpfung und vor Gott. – Sie werden Genügsamkeit leben, d.h. Maß halten und auch verzichten können. Das ist kein Widerspruch dazu genießen zu können, weil Gott auch den Überfluss geschaffen hat. Aber in Bezug auf Energieverbrauch und Klimaschutz werden wir lernen müssen und können, dass auch Weniger genügen kann. – Wir werden helfen die Schöpfung zu bewahren und Gott als Schöpfer, Erhalter und Vollender neu ernst nehmen. – Und bei allem geht es nicht um (ideologische) Vorschriften im Einzelnen, sondern um eine grundsätzliche Haltung, in der wir befragbar und in Bewegung bleiben müssen.

### Ein kurzes Resümee

Es war eine Tagung mit vielen Informationen, in denen auch unterschiedliche Aspekte und durchaus verschiedene Positionen zum Ausdruck kamen. Ein Austausch darüber war dadurch nur in Ansätzen möglich, sodass den Teilnehmern noch die Aufgabe blieb, sich daraus ein gesamtes Bild zu machen und zu überlegen, wie er oder sie mit dem Klimawandel umgehen möchte.





## Referenten

Dr. Frauke Schäfer, Garbsen

Geologin an der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover

Prof. a.D. Hermann Sautter, Göttingen

pensionierter Hochschullehrer für Volkswirtschaftslehre, u.a. mit Schwerpunkt der internationalen Ökonomie, Vorsitzender der SMD

Fred Jung, Kirchheimbolanden (Rheinl.- Pfalz),

Vorstand der Juwi Holding AG für erneuerbare Energien, Wörrstadt

Wolfgang Tarrach, Uetersen (bei Hamburg),

Religionspädagoge und Reisesekretär der Akademiker-SMD

## Weiterführende Literatur

Berner, Ulrich; Streif, Hansjörg: Klimafakten. Der Rückblick - ein Schlüssel für die Zukunft.

Herausgegeben von der BGR (s.o.), 2001

Sautter, Hermann: Für eine bessere Globalisierung. SCM R. Brockhaus Verlag 2008

(über die Weltwirtschaft und deren Institutionen, u.a. auch Klima als globales Kollektivgut; ferner die Perspektive des christlichen Glaubens)

Maxeiner, Dirk: Hurra, wir retten die Welt! Wie Politik und Medien mit der Klimaforschung

umspringen. 2. Aufl. wjs-Verlag (W.J. Siedler) 2007

Radermacher, Franz Josef; Beyers, Bert: Welt mit Zukunft. Überleben im 21. Jahrhundert.

Murmann-Verlag 2008 (Stichworte: ökosoziale Marktwirtschaft, globaler Marshall Plan)

Welzer, Harald: Klimakriege. Wofür im 21. Jahrhundert getötet wird. S. Fischer Verlag 2008

(über die sozialen Folgen des Klimawandels, spez. internationale Konflikte)

## Links

Weitere Daten und Fakten zu Klimamodellen, Treibhaus-Gasen und Stern-Report:

<http://www.wetter.com/klima/>

Informationen zu Errichtung und Betrieb des Regenerativen Kombikraftwerks:

<http://www.kombikraftwerk.de/>

Informationen und Bewertungen von Ökostrom-Anbietern:

<http://www.gruenerstromlabel.de/>

<http://www.energie-vision.de/>

<http://www.ecotopten.de/>

<http://www.verivox.de/>