

## **Zusammenfassung des**

### **4. Sachstandsberichts (AR4) des IPCC 2007 über Klimaänderungen**

#### **Bericht der Arbeitsgruppe I des IPCC**

##### **- wissenschaftliche Grundlagen -**

Am 2. Februar 2007 wurde der vierte Sachstandsbericht (AR4) der Arbeitsgruppe I (AG I) des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) vorgestellt, der sich mit den wissenschaftlichen Grundlagen der Klimaänderung beschäftigt. Der Bericht der Arbeitsgruppe I ist der erste von drei Teilberichten des AR4.

Seit 1750 sind die globalen atmosphärischen Konzentrationen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) signifikant gestiegen und übertreffen die aus Eisbohrkernen bekannten vorindustriellen Werte bei Weitem. Dabei ist der weltweite Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration vornehmlich auf die Verbrennung fossiler Rohstoffe und auf Landnutzungsänderungen (z.B. Waldrodung) zurückzuführen, während der Anstieg von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O primär durch die Landwirtschaft verursacht wird. Die globale atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration wies vor der Industrialisierung in etwa einen Wert von 280 ppm (parts per million) auf und ist bis zum Jahr 2005 auf 379 ppm angestiegen.

Beobachtungen und Messungen machen dabei deutlich, dass eine Änderung des Klimas bereits in vollem Gange ist. Seit dem 3. Sachstandsbericht des IPCC im Jahr 2001 hat sich die globale Erderwärmung beschleunigt, ebenso das Abschmelzen der Gletscher und Eiskappen.

So hat sich die Erde in den letzten 100 Jahren im Mittel um 0,74° C erwärmt. Elf der letzten zwölf Jahre (1995-2006) waren unter den zwölf wärmsten Jahren seit der instrumentellen Messung der globalen Erdoberflächentemperatur. Dabei gilt es als „gesichertes Erkenntnis“, dass menschliches Handeln seit dem Jahr 1750 das Klima im weltweiten Durchschnitt erwärmt hat. Die Sicherheit der Aussagen zum menschlichen Anteil an den beobachteten Klimaänderungen hat sich gefestigt. Während im 3. IPCC-Bericht 2001 die anthropogen bedingten Treibhausgas(THG)-Zuwächse *wahrscheinlich* die Ursache für die beobachteten Temperaturerhöhungen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts darstellten, stuft der vierte IPCC-Bericht den Einfluss der anthropogen bedingten THG-Zuwächse als *sehr wahrscheinlich* ein.

Neben Änderungen regionaler Klimamuster wie Veränderungen der Temperatur, des Eises in der Arktis, Niederschlägen oder dem Salzgehalt in Ozeanen, hat sich die Anzahl extremer Wetterereignisse wie Hitzewellen, Dürren, heftige Niederschläge und die Intensität tropischer Stürme erhöht.

Bei einer fortschreitenden Zunahme der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) wird eine Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur von 0,2° C pro Dekade für die nächsten 30 Jahre als sehr wahrscheinlich eingestuft. Unter den gleichen Annahmen zur Emissionsentwicklung weisen die Modelle einen Meeresspiegelanstieg im Laufe des Jahrhunderts von 18 bis 38 cm für ein niedriges Szenario und 26 bis 59 cm für ein hohes Szenario auf.

## **Bericht der Arbeitsgruppe II des IPCC - Auswirkungen, Anpassungsstrategien, Verwundbarkeiten -**

Der Bericht der Arbeitsgruppe II (AG II) des IPCC spiegelt den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand zu den Auswirkungen klimatischer Änderungen auf natürliche, bewirtschaftete und menschliche Systeme wieder und beschreibt deren Anpassungsfähigkeit und Verwundbarkeit.

### **Gegenwärtige Folgen des Klimawandels**

Gegenwärtige Beobachtungsdaten zeigen, dass zahlreiche natürliche Systeme bereits begonnen haben, auf regionale Klimaänderungen, insbesondere auf die gestiegene globale Durchschnittstemperatur, zu reagieren.

So führt bspw. die globale Eisschmelze zur Vergrößerung bestehender und Bildung neuer Gletscherseen, wodurch das Risiko für Gletscherwasserausbrüche ansteigt. Permafrostböden werden durch Auftauprozesse zunehmend instabiler; das Risiko von Felsstürzen in Gebirgen steigt an. Frühlingseignisse treten früher ein, die Verbreitungsgebiete von Pflanzen- und Tierarten verschieben sich global polwärts, lokal in größere Höhen.

Auch innerhalb menschlicher und bewirtschafteter Systeme treten Änderungen auf, die als Ergebnis regionaler Temperaturerhöhungen angesehen werden können. Beispiele hierfür sind geänderte Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft der Nordhemisphäre, gesundheitliche Risiken für Menschen durch länger andauernde Hitzewellen bis hin zur nachteiligen Beeinflussung wintersportlicher Aktivitäten in tieferen Lagen alpiner Gebirge.

### **Zukünftige Folgen des Klimawandels**

Die absehbaren Folgen werden aus Emissionsszenarien abgeleitet. Der 4. IPCC-Bericht bewertet dabei erstmals zu erwartende Klimafolgen im Zusammenhang mit einer künftig zu erwartenden Temperaturerhöhung.

Bleibt eine weitere globale Temperaturerhöhung gegenüber den Jahren 1980 bis 1999<sup>1</sup> unter 1,5° C, wird davon ausgegangen, dass gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Hitzestress, Unterernährung, Durchfall-, Infektions- und andere Erkrankungen zunehmend auftreten werden und es zu einer Verstärkung der Schäden durch Hochwasser und Stürme kommt.

Ab einer weiteren globalen Temperaturerhöhung um 1,5 bis 3,5° C ist davon auszugehen, dass alle, den Menschen und die Umwelt betreffenden Bereiche mit gravierenden, negativen Folgen konfrontiert werden. Dies beinhaltet bspw. einen rasanten Anstieg an Klimaflüchtlingen, einen weitgehenden Verlust der biologischen Vielfalt, den Beginn eines unumkehrbaren Abschmelzprozesses der Eisschilder Grönlands sowie der westlichen Antarktis und damit einhergehend ein entsprechender Meeresspiegelanstieg.

Ab einer weiteren globalen Temperaturerhöhung um mehr als 3,5° C ist davon auszugehen, dass sowohl physikalische, als auch biologische und soziale Systeme nicht in der Lage sind, sich an die Auswirkungen einer derartigen Erderwärmung anzupassen, zu mal damit zu rechnen ist, dass es regional gesehen zu weitaus höheren Temperaturerhöhungen kommt.

Von den beschriebenen Auswirkungen werden einige Systeme, wie bspw. boreale Wälder, alpine und mediterrane Ökosysteme, Mangroven, flache Küstenregionen, Korallenriffe,

---

<sup>1</sup> Im Teilbericht der AG II werden globale mittlere Temperaturerhöhungen in Bezug auf 1980-1999 angegeben. Um diese in Bezug zu vorindustriellen Werten (ca. 1750) zu setzen, muss eine Addition von 0,5° C erfolgen.

Wasserressourcen in ariden Ländern, die Tundra sowie die menschliche Gesundheit in besonderer Weise betroffen sein.

In einigen Regionen werden die Auswirkungen besonders stark spürbar sein, z. B. in der Antarktis, in Afrika (hier insbesondere im südlichen Teil), auf kleinen Inseln und in ausgedehnten asiatischen Mündungsgebieten wie etwa dem Ganges-Brahmaputradelta.

Konkret erwarten die Wissenschaftler für einzelne klimasensitive Sektoren und Systeme folgende, durch den Klimawandel bedingte Auswirkungen:

- Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird der Niederschlag und die Verfügbarkeit von Wasser in den höheren Breiten und einigen tropischen Feuchtgebieten zunehmen, während sich die bereits heute herrschende Wasserknappheit in einigen trockenen Gebieten der mittleren Breite sowie in tropischen Trockengebieten weiter verstärkt.
- Bei einer Zunahme der globalen Durchschnittstemperatur um mehr als 2 bis 3° C gegenüber dem vorindustriellen Temperaturniveau wird die Leistungsfähigkeit und damit Nutzbarkeit einiger Ökosysteme signifikant eingeschränkt; dies betrifft u. a. auch die Verfügbarkeit von Wasser und anderen Nahrungsmitteln.
- Die durch den Klimawandel entstehenden Kosten und Nutzen werden regional bedingt unterschiedlich ausfallen. Global werden die Nettoeffekte stärker negativ ausfallen, je größer und schneller die Klimaänderung voranschreitet. Als „besonders anfällig“ gelten arme Regionen mit stark begrenzten Anpassungskapazitäten und hohen Abhängigkeiten von Ressourcen wie der lokalen Wasser- und Nahrungsmittelversorgung.
- Weiterhin wird davon ausgegangen, dass eine Vielzahl von Menschen, insbesondere in Regionen mit geringer Anpassungsfähigkeit, gesundheitlich von der globalen Erwärmung betroffen sein wird. Allgemein werden Todesfälle, Krankheiten und Verletzungen durch Hitzewellen, Überschwemmungen, Stürme, Brände und Dürren erwartet.

### **Auswirkungen für Europa**

Auch für Europa bleibt in der Summe festzuhalten, dass aufgrund künftiger Klimafolgen nahezu alle europäischen Regionen nachteilig beeinträchtigt werden und bereits bestehende regionale Differenzen in der natürlichen Ressourcenverteilung Europas, wie bspw. die Wasserverfügbarkeit, verstärkt werden. In Mitteleuropa wird zukünftig abnehmender Sommerniederschlag zu stärkerem Wasserstress für Mensch und Umwelt führen. Gesundheitsrisiken durch verstärkt auftretende Hitzewellen können zunehmen, während das Waldwachstum abnimmt und Moorbrände häufiger werden. Auch für Europa gilt, dass aufgrund steigender Eis- und Schneeschmelzen Überschwemmungen zunehmen und Sturzfluten häufiger werden. In Küstengebieten werden winterliche Hochwasser und Überschwemmungen zunehmen und die Erosion stärker. Die biologische Vielfalt wird sich gravierend ändern, insbesondere in alpinen Gebieten, da eine große Mehrheit der Organismen und Ökosysteme Anpassungsschwierigkeiten an sich schnell ändernde Bedingungen aufzeigen werden.

### **Anpassung und Klimaschutzmaßnahmen**

Es ist zu erwarten, dass mit steigender Temperatur die Anpassungsfähigkeit sinkt und damit die Anpassungskosten steigen werden. Ein ungebremster Klimawandel wird auf langfristige Sicht die Fähigkeit der Anpassung natürlicher, bewirtschafteter und sozialer Systeme wahrscheinlich überschreiten. Zwar werden die Auswirkungen regional variieren, global betrachtet ist der Klimawandel allerdings mit hohen Kosten verbunden, die sich im Laufe der Zeit, mit zunehmend globalen Temperaturanstieg, immer weiter erhö-

hen und mögliche Nutzen einer Klimaänderung übersteigen. Eine Vielzahl vorhergesagter Auswirkungen, insbesondere nach 2020, können durch eine Minderung der Emission klimaschädlicher Gase hinausgezögert oder verringert werden. Je rechtzeitiger und ehrgeiziger entsprechende Emissionsminderungen ausfallen, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Folgen des Klimawandels gering ausfallen.

### **Bericht der Arbeitsgruppe III des IPCC - Verminderung des Klimawandels -**

Themenschwerpunkt der AG III sind mögliche Maßnahmen gegen den Klimawandel sowie die Darstellung möglicher Emissionsminderungsoptionen für THG unter wissenschaftlichen, technischen, umweltbezogenen, wirtschaftlichen und sozialen Aspekten.

#### **Globale THG-Emissionstrends**

Zwischen 1970 und 2004 sind die globalen THG-Emissionen um 70 Prozent, zwischen 1990 und 2004 um 24 Prozent angestiegen. Der Ausstoß von CO<sub>2</sub> stieg von 1970 bis 2004 um 80 Prozent. Durch eine Vielzahl politischer Maßnahmen, umgesetzter Nachhaltigkeitsprojekte sowie einer Abnahme der Energieintensität bei Produktion und Verbrauch konnten an vielen Stellen THG-Emissionen vermieden werden, insgesamt reichte diese Entwicklung aber nicht aus um den globalen Emissionstrend umzukehren.

Mit einem Anteil von 20 Prozent an der Weltbevölkerung verursachten die Industrienationen 2004 46 Prozent der globalen THG-Emissionen. Die IPCC-Forscher gehen davon aus, dass unter der Annahme, dass fossile Brennstoffe bis mindestens 2030 als vorherrschende Energiequelle eingesetzt werden, die weltweiten THG-Emissionen gegenüber dem Jahr 2000 zwischen 25 und 90 Prozent ansteigen. Zwei Drittel bis drei Viertel dieses Anstieges wäre durch die Entwicklungsländer zu verantworten, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Entwicklungsländern (2,8 bis 5,1 t CO<sub>2</sub>/Kopf) dennoch erheblich niedriger als in den Industrienationen (9,6 bis 15,1 t CO<sub>2</sub>/Kopf) bleiben.

#### **Emissionsreduktion bis 2030 – Potenziale und Kosten**

Der 4. IPCC-Bericht verweist auf das verbleibende schmale Zeitfenster von circa zwei Jahrzehnten, um eine durchschnittliche Temperaturerhöhung auf 2° C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Dabei zeigt er auf, wie mit bekannten Technologien die THG-Emissionen entsprechend verringert werden können, unter der Voraussetzung, dass entsprechende Anreize geschaffen und Investitionen in Forschung und Entwicklung getätigt werden.

Aus ökonomischer Sicht existieren signifikante Potenziale zur Reduktion der relevanten THG-Emissionen in allen Sektoren. Als Faustregel gilt dabei, dass mit zunehmendem Preis pro Tonne CO<sub>2</sub> entsprechend mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden werden und somit positiv auf den atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Gehalt eingewirkt werden kann.

Bei einem CO<sub>2</sub>-Preis von bis zu 50 US \$/t CO<sub>2</sub>-Äquivalent rechnen die Forscher mit einem Stabilisierungsniveau des atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Gehaltes von 550 ppm; bei 100 US \$/t CO<sub>2</sub>-Äquivalent ließen sich 450 bis 550 ppm CO<sub>2</sub>-Äquivalent erreichen, was einer durchschnittlichen globalen Temperaturerhöhung um 2 bis 3° C gegenüber dem vorindustriellen Niveau des Jahres 1750 entspräche.

Dabei identifizieren die IPCC-Wissenschaftler entsprechende Einsparpotenziale in allen Wirtschaftssektoren. Die entstehenden makroökonomischen Kosten bei einer atmosphärischen THG-Konzentration von 445 bis 535 ppm CO<sub>2</sub>-Äquivalent werden unterhalb von 3 Prozent des globalen Bruttosozialproduktes veranschlagt. Grundsätzlich gilt, dass mit

zunehmendem Preis für fossile Brennstoffe die Wettbewerbsfähigkeit CO<sub>2</sub>-emissionsarmer Alternativen zunimmt.

### **Klimaschutz nach 2030**

Langfristig gilt es, die THG-Emissionen nach einem Höhepunkt sukzessive an das angestrebte Stabilisierungsniveau anzunähern. Je ehrgeiziger hierbei das Ziel einer möglichst geringen atmosphärischen THG-Konzentration ist, desto schneller muss der Höhepunkt der globalen THG-Emissionen überwunden sowie die Phase kontinuierlicher Abnahme eingeleitet werden und desto geringer fällt ein weiterer Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur aus.

Soll der THG-Gehalt auf 445 bis 490 ppm CO<sub>2</sub>-Äquivalent und damit der durchschnittliche globale Temperaturanstieg auf 2 bis 2,4° C gegenüber dem vorindustriellen Niveau begrenzt werden, muss der Anstieg der THG-Emissionen in den nächsten Jahren gestoppt und bis 2050 um 50 bis 80 Prozent gegenüber dem heutigen Niveau gesenkt werden. Die makroökonomischen Kosten zur Umsetzung entsprechend niedriger THG-Konzentrationen werden auf weniger als 5,5 Prozent des globalen BSP in 2050 veranschlagt.

Dabei können die untersuchten THG-Stabilisierungsniveaus mit Technologien erreicht werden, die bereits heute kommerziell verfügbar sind bzw. deren Serienreife in den kommenden Jahrzehnten erwartet wird. Die gilt allerdings nur, wenn entsprechende Anreize für Investitionen, Kostenminderungen sowie weitere Entwicklungen und Anwendungen einer breiten Palette CO<sub>2</sub>-armer Technologien gesetzt werden.

### **Maßnahmen und Instrumente einer Klimaschutzpolitik**

Als unverzichtbar wird die Bepreisung von CO<sub>2</sub>-Emissionen angesehen, da somit ein Anreiz sowohl für Produzenten als auch Konsumenten geschaffen wird, in Produkte, Technologien und Prozesse mit niedrigen CO<sub>2</sub>-Emissionen zu investieren. Um den Ausstoß sämtlicher klimarelevanter THG zu minimieren, sind Anreize in allen emissionsverursachenden Sektoren zu setzen. Dies beinhaltet neben der Energieversorgung auch die Bereiche Verkehr, Gebäude, Industrie, Land-, Forst- und Abfallwirtschaft.

Unverzichtbar ist weiterhin eine entsprechende staatliche Steuerung in Form von öffentlicher Finanzierung und Regulierung. Dabei stehen eine Vielzahl möglicher Instrumente wie Standards, Steuern, Abgaben, handelbare Emissionsrechte oder freiwillige Selbstvereinbarungen zur Verfügung. Ziel sollte es dabei immer sein, einen Markt für CO<sub>2</sub>-arme Technologien zu etablieren.

Neben den genannten Instrumenten wird dem effektiven Technologietransfer in sich entwickelnden und Schwellenländer eine ebenso hohe Priorität zugesprochen.

Neben dem prioritären Ziel der globalen THG-Emissionsminderung ist eine effektive Klimaschutzpolitik auch ökonomisch von Vorteil, stärkt die jeweilige nationale Energiesicherheit und verringert entstehende Gesundheitskosten.

## **Der Synthesebericht zum 4. Sachstandsbericht**

Am 17. November verabschiedete das Plenum des Weltklimarates IPCC in Valencia den Synthesebericht des 4. Sachstandsberichts als wissenschaftliche Grundlage für den Klimagipfel in Bali (3. - 14. Dezember 2007). Dieser Synthesebericht fasst die Inhalte der drei Teilbände des 4. Sachstandsberichts zusammen und ergänzt sie. Er bietet somit eine umfassende Darstellung des Klimawandels, seiner Ursachen und Auswirkungen sowie Minderungs- und Anpassungsoptionen und ihrer Wechselwirkungen mit Schwerpunkt auf besonders für politische Entscheidungsträgerrelevanten Themen.

*Quellen*

4. Sachstandsbericht (AR4) des IPCC (2007) über Klimaänderungen, Wissenschaftliche Grundlagen, Kurzzusammenfassung Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 7. Februar 2007
4. Sachstandsbericht (AR4) des IPCC (2007) über Klimaänderungen, Auswirkungen, Anpassungsstrategien, Verwundbarkeiten, Kurzzusammenfassung Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 4. April 2007
4. Sachstandsbericht (AR4) des IPCC (2007) über Klimaänderungen, Verminderung des Klimawandels, Kurzzusammenfassung Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 4. Mai 2007