

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

Auswirkungen, Anpassungsstrategien, Verwundbarkeiten

Kurzzusammenfassung

6. April 2007

Der Bericht der Arbeitsgruppe II des IPCC ist der zweite von insgesamt 3 Teilbänden des 4. Sachstandsberichtes (AR4). Er spiegelt den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand zu den Auswirkungen klimatischer Änderungen auf natürliche, bewirtschaftete und menschliche Systeme, ihrer Anpassungsfähigkeit und Verwundbarkeit wider.

Seit dem 3. Sachstandsbericht des IPCC (TAR) 2001 ist die Zahl der Studien, die beobachtete Trends in der natürlichen Umwelt in ihrer Beziehung zu regionalen Klimaänderungen untersuchten, erheblich gestiegen, ebenso die Qualität der Datenbestände und die Verfahren zur Simulation physikalischer und biologischer Prozesse. Dadurch können die Auswirkungen der beobachteten Klimaänderung umfassender und – insbesondere in regionaler Hinsicht – zuverlässiger als im TAR beurteilt werden. Der IPCC-WG II-Bericht

- bestätigt, bekräftigt oder präzisiert zentrale TAR-Aussagen,
- gibt den Vertragsstaaten eine Orientierungs- und Entscheidungshilfe, was als „gefährliche menschliche Eingriffe“ in das Klimasystem (Art. 2, Klimarahmenkonvention) anzusehen ist,
- verdeutlicht die Dringlichkeit sowohl von Klimaschutz- als auch von Anpassungsmaßnahmen, um schlimmste Auswirkungen und Risiken zu verringern,.

1. Klimawandel heute: Beobachtete Folgen und Verwundbarkeiten

Beobachtungsdaten von allen Kontinenten und den meisten Ozeanen zeigen, dass zahlreiche natürliche Systeme bereits auf regionale Klimaänderungen - insbesondere auf die gestiegene Temperatur – reagiert haben:

- **Physikalische Systeme:** Die globale Eisschmelze führt zur Vergrößerung und zu mehr Gletscherseen, weshalb das Risiko für Gletscherwasserausbrüche steigt. Die Böden werden durch das Auftauen von Permafrost instabiler; das Risiko von Felsstürzen in Gebirgen steigt. Der Oberflächenabfluss, in zahlreichen Gletscher- und Schnee- gespeisten Flüssen nimmt zu, das Frühlingshochwasser erfolgt früher. Die Erwärmung von Flüssen und Seen verändert deren thermische Schichtung und die Wasserqualität.
- **Biologische Systeme:** Frühlingsereignisse – wie beispielsweise Blühtermin, Vogelzug, Eiablage – treten früher ein. Die Verbreitungsgebiete von Pflanzen- und Tierarten verschieben sich global polwärts und lokal in größere Höhen. Die arktische und antarktische Flora und Fauna

ändert sich, was weitreichende Störungen in der Nahrungskette verursacht.

Der **anthropogene Anteil an der Erwärmung** hat während der letzten 30 Jahre viele physikalische und biologische Systeme bereits spürbar beeinflusst. Mehr als 89% von über 29.000 Datensätzen verschiedener Standorte, die signifikante Änderungen dokumentieren, verändern sich in jene Richtung, die als Auswirkung der Klimaänderung erwartet wird.

Nachfolgende Beispiele gelten als Indizien, dass sich regionale Temperaturerhöhungen bereits auf **bewirtschaftete und menschliche Systeme** ausgewirkt haben:

- Land- und Forstwirtschaft: Geänderte Bewirtschaftungsmaßnahmen in hohen Breiten der Nordhemisphäre, wie frühere Frühjahrssaat von Getreide sowie Veränderungen im Störungsregime von Wäldern aufgrund von Feuer und Schädlingen.
- Gesundheit: Erhöhte Sterblichkeit in Europa und Asien während länger andauernder Hitzewellen, verändertes Vorkommen und sich änderndes Infektionspotential von Krankheitsüberträgern wie Stechmücken und Zecken in einigen Regionen sowie verstärkte allergene Pollenbelastung in den hohen und mittleren Breiten der Nordhemisphäre.
- Menschliche Aktivitäten: In der Arktis hat sich die indigene Lebensweise verändert, wie beispielsweise die Jagd sowie der Verkehr über Schnee und Eis. In den tieferen Lagen alpiner Gebirge ist der Wintersport nachteilig beeinflusst.

2. Klimawandel in Zukunft: Absehbare Folgen und Verwundbarkeiten

Unter der Annahme, dass Klimaänderungen nicht gemildert und die Anpassungsfähigkeit durch engagierte Maßnahmen nicht gefördert werden, erwarten die Wissenschaftler für das 21. Jahrhundert, weitreichende Hauptwirkungen für verschiedene Erdsysteme und Sektoren, die für Mensch und Umwelt relevant sind. Das IPCC bewertete zum ersten Mal Klimafolgen im Zusammenhang mit der künftig erwarteten Temperaturerhöhung. Beispielsweise bewirkt eine weitere mittlere globale Temperaturerhöhung (gegenüber 1980-1999)¹

- **unter 1,5°C**, dass gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Hitzestress, Unterernährung, Durchfall-, Infektions- und anderen Erkrankungen auftreten, Schäden durch Hochwässer und Stürme sich verstärken und das Phänomen der Korallenbleiche häufiger wird,.
- **ab 1,5 bis 3,5°C**, dass in allen Bereichen mehr und mehr gravierende Folgen ausgelöst würden, wie z.B. Millionen Menschen mehr pro Jahr durch Überflutungen von Küsten gefährdet sein könnten, ein weitgehender Verlust biologischer Vielfalt, der Beginn eines unumkehrbaren Abschmelzprozesses der Eisschilde Grönlands und in der westlichen Antarktis mit einem entsprechenden Meeresspiegelanstieg.
- **ab mehr als 3,5°C**, dass alle Systeme – physikalische, biologische und soziale – und insbesondere die menschlichen Gesellschaften überfordert wären, sich an die Wirkungen einer solchen Erwärmung, zumal diese regional wesentlich höher ausfallen würde, anzupassen. Beispielsweise würden Korallen weiträumig sowie etwa 30 % küstennaher Feuchtgebiete absterben.

Einige **Systeme** werden besonders betroffen sein: Ökosysteme wie Tundra, boreale Wälder, alpine und mediterrane Ökosysteme, Mangroven, Korallenriffe; flache Küstenregionen, Wasserressourcen in ariden (trockenen) Ländern mittlerer bis niedriger Breiten, Landwirtschaft in Regionen niedriger Breiten, menschliche Gesundheit.

In einigen **Regionen** werden Auswirkungen besonders spürbar sein, z.B. in der Arktis, in Afrika - vor allem im südlichen Teil -, auf kleinen Inseln und in ausgedehnten asiatischen Mündungsgebieten wie etwa dem Ganges-Brahmaputra und dem Zhujiang.

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

- **Wasser:** Mit hoher Wahrscheinlichkeit² werden Abfluss und Verfügbarkeit in den höheren Breiten und in einigen tropischen Feuchtgebieten zunehmen, während sich die heute herrschende Wasserknappheit in einigen trockenen Gebieten der mittleren Breiten sowie in

tropischen Trockengebieten verstärkt. Die in Gletschern und Schneedecken gespeicherten Wassermengen sowie die Wasserverfügbarkeit nehmen ab in Regionen, in denen gegenwärtig mehr als eine Milliarde Menschen (ein Sechstel der Weltbevölkerung) leben.

- **Ökosysteme:** Die Widerstandsfähigkeit vieler Ökosysteme wird im 21. Jahrhundert mit hoher Wahrscheinlichkeit³ stark überschritten, weil sie durch eine bisher einmalige Kombination von Klimaänderung und damit verbundenen Störungen (z.B. Überschwemmungen, Dürren, Flächenbränden, Insekten und Ozeanversauerung) sowie anderen Stressfaktoren des globalen Wandels – wie Landnutzungsänderungen, Umweltverschmutzung, Übernutzung von Ressourcen - belastet werden. Bei einer Zunahme der globalen Durchschnittstemperatur um mehr als 2 bis 3°C gegenüber dem vorindustriellen Temperaturniveau wird die Leistungsfähigkeit einiger Ökosysteme so eingeschränkt werden, dass negative Konsequenzen für von Ökosystemen gelieferte Produkte und Dienstleistungen – wie Wasser und Nahrungsmittel - erwartet werden. Für etwa 20-30% der Tier- und Pflanzenarten, die bisher untersucht wurden, sind vom Aussterben bedroht, wenn die globale Temperatur mehr als 2 bis 3°C über das vorindustrielle Niveau ansteigt. Korallen sind gegenüber Temperaturstress und Ozeanversauerung verwundbar und besitzen eine geringe Anpassungskapazität. Feuchtgebiete an Küsten, wie Salzmarschen und Mangroven, werden durch den steigenden Meeresspiegel negativ beeinträchtigt.
- **Nahrungsmittel:** Die Ernteerträge können in höheren Breiten bis zu einem Anstieg der lokalen Durchschnittstemperatur um bis zu 1.5-3.5 °C über dem vorindustriellen Wert leicht zunehmen und sinken oberhalb dieser Temperaturschwelle in einigen Regionen wieder ab. In niederen Breiten führt selbst eine geringe globale Temperaturerhöhung tendenziell zu sinkenden Getreideerträgen, wobei insbesondere Dürren und Überschwemmungen die Landwirtschaft – insbesondere im Selbstversorgungssektor - gefährden.
- **Industrie, Siedlung, Gesellschaft:** Kosten und Nutzen der Klimaänderungen werden an jedem Ort anders ausfallen. Einige Auswirkungen sind in den gemäßigten und Polarregionen positiv ,und andere werden sich anderswo negativ darstellen, doch global werden die Nettoeffekte unter dem Strich stärker negativ ausfallen, je größer und schneller die Klimaänderung ist. Die anfälligsten Industrien, Siedlungen und Gesellschaften liegen generell in Küsten- und Flussschwemmgebieten – also jenen, deren Ökonomien eng mit klimasensitiven Ressourcen verbunden sind. Als „besonders anfällig“ gelten arme Gemeinschaften, speziell die in Hochrisikogebieten. Sie haben eher stark begrenzte Anpassungskapazitäten und sind abhängiger von klimasensitiven Ressourcen – wie der lokalen Wasser- und Nahrungsmittelversorgung. In den 80er Jahren dieses Jahrhunderts werden mehrere Millionen Menschen zusätzlich aufgrund des steigenden Meeresspiegels von Überschwemmungsrisiken bedroht sein, insbesondere in dicht besiedelten und tief liegenden Gebieten, in denen die Anpassungsfähigkeit relativ gering ist und die bereits durch andere Gefahren wie Tropenstürme und örtliche Absenkung der Küste bedroht sind. Am höchsten wird die Anzahl der betroffenen Menschen in den Großdeltas Asiens und Afrikas sein, die kleinen Inseln sind in besonderem Maße verwundbar.
- **Gesundheit:** Die Forscher sind der Ansicht, dass Millionen Menschen gesundheitlich von der globalen Erwärmung betroffen sein werden – insbesondere in Regionen mit geringer Anpassungsfähigkeit. Dort wird die Mangelernährung zunehmen mit der Folge negativer Effekte für das Wachstum und die Entwicklung von Kindern. Allgemein werden mehr Todesfälle, Krankheiten und Verletzungen durch Hitzewellen, Überschwemmungen, Stürme, Brände und Dürren erwartet. Krankheiten des Herzens und der Atmungsorgane werden durch erhöhte bodennahe Ozon-Konzentrationen zunehmen, aber auch Mischeffekte werden erwartet, beispielsweise die Ab- oder Zunahme von Ausbreitungsgebieten und -möglichkeiten der Malaria in Afrika.

3. Globale Erwärmung: Auswirkungen für Europa

Zum ersten Mal wurden weitreichende Auswirkungen der jetzigen Klimaänderung festgestellt, wie Gletscherschmelze, Verlängerung der Vegetationsperiode, Verschiebung von Verbreitungsgebieten sowie gesundheitliche Folgen einer Hitzewelle beispiellosen Ausmaßes.

Nahezu alle europäischen Regionen werden durch einige zukünftige Klimafolgen nachteilig beeinflusst

In der Summe werden nahezu alle europäischen Regionen negativ durch einige künftige Klimafolgen nachteilig beeinträchtigt und diese werden zu Herausforderungen für viele Wirtschaftsbereiche (Land- und Forstwirtschaft, Tourismus, Energieerzeugung) werden. Die Klimaänderung wird regionale Differenzen in den natürlichen Ressourcen Europas, wie der Wasserverfügbarkeit, verstärken.

- Für **Nordeuropa** bringt der Klimawandel – für kleine Temperaturänderungen - anfänglich gemischte Effekte einschließlich einiger Vorteile: verminderter Heizbedarf, steigende Ernteerträge, verstärktes Waldwachstum. Bei fortgesetzter Klimaänderung werden jedoch die negativen Klimafolgen (häufigere winterliche Hochwässer, gefährdete Ökosysteme, anwachsende Bodeninstabilität) jeglichen Nutzen überwiegen.
- In **Mittel- und Osteuropa** wird abnehmender Sommerniederschlag zu stärkerem Wasserstress führen. Gesundheitsrisiken durch Hitzewellen können zunehmen. Das Waldwachstum wird abnehmen und Moorbrände werden häufiger.
- In **Südeuropa** verschlimmert die Klimaänderung gegenwärtige Bedingungen (höhere Temperaturen und Dürren) und dies in in einer Region, die bereits jetzt verwundbar gegenüber der Klimavariabilität ist: mehr gesundheitliche Risiken durch Hitzewellen, mehr Flächenbrände, geringere Wasserverfügbarkeit und Wasserkraft-Potential sowie geringere Ernteerträge.

Weitere Klimafolgen:

- **Überschwemmungen** werden als Resultat von ansteigenden Eis- und Schneeschmelzen zunehmen, in ganz Europa werden Sturzfluten häufiger werden, in Küstengebieten werden winterliche Hochwässer und Überschwemmungen häufiger und die Erosion wird stärker.
- Gesundheitsrisiken** (Hitzewellen, Überschwemmungen, Krankheiten) werden sich ohne Anpassungsmaßnahmen erhöhen.
- Die **biologische Vielfalt** wird sich gravierend verändern, insbesondere die in alpinen Lebensgemeinschaften, weil die große Mehrheit der Organismen und Ökosysteme Schwierigkeiten haben wird, sich anzupassen.
- Die Region hat eine bedeutende Anpassungskapazität aber es gibt erhebliche Hindernisse bei der Implementierung und große Herausforderungen, die aus veränderten Extremereignissen erwachsen.

4. Reaktionen: Anpassung und Klimaschutzmaßnahmen

Die IPCC-Wissenschaftler erwarten, dass die Auswirkungen des Klimawandels entsprechend dem Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur zunehmen werden. Mit steigender Temperatur sinkt die Anpassungsfähigkeit und die Anpassungskosten steigen. Unklar sind die Grenzen der Anpassung und ihre konkreten Kosten, weil effektive Instrumente meist von spezifischen, geografischen Klimarisikofaktoren und dem politischen Umfeld abhängen. Die Forscher halten folgende grundsätzliche Annahmen für wahrscheinlich:

- Ein ungebremster Klimawandel wird langfristig wahrscheinlich die Fähigkeit natürlicher, bewirtschafteter und sozialer Systeme zur Anpassung überschreiten. Die Auswirkungen werden regional variieren, global hochgerechnet werden sie hohe Kosten verursachen, und diese Kosten werden sich mit im Laufe der Zeit – mit zunehmendem globalem Temperaturanstieg - immer weiter erhöhen und den möglichen Nutzen einer Klimaänderung übersteigen. Die Nettoeffekte werden bei einer größer ausfallenden oder schneller stattfindenden Erwärmung mit großer Wahrscheinlichkeit in starkem Maße negativ ausfallen.

- Eine Vielzahl der Auswirkungen, insbesondere jene, die für die Zeit nach 2020 vorhergesagt werden, können durch eine Minderung freigesetzter klimaschädlicher Gase hinausgezögert oder verringert werden. Je rechtzeitig und je ehrgeiziger die Emissionsminderung, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Folgen des Klimawandels geringer ausfallen.
- Eine Anpassung zur Bewältigung der Folgen, die aus einer heute nicht mehr zu vermeidenden, sich aus Emissionen der Vergangenheit ergebenden Erwärmung resultieren, ist notwendig.
- Weitere Anpassungsmaßnahmen sind unerlässlich, um die Verwundbarkeit der belebten und unbelebten Systeme gegenüber künftigen Klimaänderungen zu verringern. Diese Anpassungsmaßnahmen stoßen jedoch auf Hindernisse, Grenzen und Kosten. Das Risikominderungspotential ist bei einigen wesentlichen Verwundbarkeiten entweder sehr begrenzt oder sehr kostenintensiv, wie z.B. beim Verlust biologischer Vielfalt, dem Schmelzen von Gebirgsgletschern oder dem Auftauen größerer Eisschilde.
- Die Verwundbarkeit gegenüber Klimaänderungen wird durch Umweltverschmutzung oder Armut verschärft, sie ist zudem vom eingeschlagenen Entwicklungspfad einer Gesellschaft abhängig.
- Nachhaltige Entwicklung kann die Anfälligkeit durch den Klimawandel senken, indem sie die Anpassungs- und Regenerationsfähigkeit von Ökosystemen stärkt.

Die IPCC-Wissenschaftler weisen darauf hin, dass die **Palette potenzieller Anpassungsmaßnahmen** sehr umfangreich ist; sie reicht von rein technologischen Maßnahmen (z.B. Küstenschutz) über Verhaltensänderungen (z.B. Ernährungsverhalten, Wahl der Urlaubsziele) und betriebswirtschaftlichen Entscheidungen (z. B. veränderte Landwirtschaft) bis zu politischen Entscheidungen (z.B. Planungsvorschriften, Emissionsminderungsziele). Es stünden jedoch noch enorme ökologische, ökonomische, informationelle, soziale, bewusstseins- und verhaltensbezogene Barrieren der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen entgegen.

¹ Im IPCC-WG-II-Bericht werden globale mittlere Temperaturänderungen in Bezug auf 1980-1999 angegeben. Um diese in Bezug zu vorindustriellen Werten (ca. 1750) zu setzen, muss eine Änderung von 0.5°C addiert werden.

² Zur Angabe der bewerteten Wahrscheinlichkeit eines Ausgangs oder Resultats sind die verwendeten Begriffe wie folgt definiert: Praktisch sicher > mit 99% Wahrscheinlichkeit zutreffend oder eintretend / Extrem wahrscheinlich > 95% / Sehr wahrscheinlich > 90% / Wahrscheinlich > 66% / Eher wahrscheinlich > 50% / Sehr unwahrscheinlich < 10% / Extrem unwahrscheinlich < 5%