

**DE**



KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

Brüssel, den 10.1.2007  
SEK(2007) 7

**ARBEITSPAPIER DER KOMMISSIONSDIENSTSTELLEN**

**Begrenzung des globalen Klimawandels auf 2 Grad Celsius  
Der Weg in die Zukunft bis 2020 und darüber hinaus**

**Zusammenfassung der Folgenabschätzung**

{KOM(2007) 2 endgültig}  
{SEK(2007) 8}

## **1. EINLEITUNG**

In der 2005 vorgelegten Mitteilung „*Strategie für eine erfolgreiche Bekämpfung der globalen Klimaänderung*“ wurden die Herausforderungen bei der Bekämpfung des Klimawandels erläutert. Sowohl der Europäische Rat als auch das Europäische Parlament haben das Ziel bestätigt, den durchschnittlichen globalen Temperaturanstieg auf höchstens 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Der Europäische Rat hat erklärt, dass weiter nach Strategien zur erforderlichen Reduzierung der Emissionen gesucht werden muss und die Europäische Kommission aufgefordert, ihre Analyse zu vertiefen. Mit der jetzt vorgelegten Mitteilung kommt die Kommission dieser Aufforderung nach.

## **2. BESTANDSAUFNAHME ZU DEN EMPFEHLUNGEN DER MITTEILUNG VON 2005**

Die EU wird ihre Kyoto-Ziele voraussichtlich erreichen. Aus Projektionen für bestehende Maßnahmen der EU-15 ist ersichtlich, dass die Treibhausgasemissionen 2010 nur 0,6 % unter dem Niveau des Basisjahres liegen werden, also weit über dem kollektiven Reduktionsziel von 8 % für die Jahre 2008-2012. Durch zusätzliche Maßnahmen kann die Lücke um mehr als die Hälfte geschlossen werden, und die verbleibenden Anstrengungen werden durch den Kyoto-Mechanismus sowie die Beseitigung in Kohlenstoffsinken geleistet. Daraus wird deutlich, dass alle bestehenden und zusätzlichen Maßnahmen unbedingt umgesetzt werden müssen.

Im Oktober 2005 wurde die zweite Phase des europäischen Programms zur Klimaänderung (ECCP) eingeleitet. Seitdem hat die Europäische Kommission einen Vorschlag zur Aufnahme der Luftfahrt in das Emissionshandelssystem der EU vorgelegt; im Verlauf des Jahres 2007 wird sie eine Mitteilung über Emissionen von Kraftfahrzeugen, einen Vorschlag zur Sequestrierung und unterirdischen Speicherung von Kohlendioxid sowie ein Grünbuch über die Anpassung vorlegen. Die Überprüfung des EU-Emissionshandelssystems ist eingeleitet worden, und im Siebten Forschungsrahmenprogramm (2007-2013) werden die Mittel für Umwelt, Energie und Verkehr auf rund 8 Mrd. EUR aufgestockt.

Die internationale Zusammenarbeit ist verstärkt worden. Mit wichtigen Ländern wie China, Indien und den USA finden regelmäßig politische Dialoge statt. Die Technologiekooperation, beispielsweise bei der Sequestrierung und unterirdischen Speicherung von Kohlendioxid, ist intensiviert worden und wird durch das Siebte Rahmenprogramm noch weiter stimuliert. Der Zugang zur Finanzierung kohlenstoffarmer Technologien wird ausgeweitet, z.B. durch den Fonds für globale Energieeffizienz und erneuerbare Energie.

## **3. AKTUELLE WISSENSCHAFTLICHE ERKENNTNISSE ZUM KLIMAWANDEL**

Aktuelle Forschungsergebnisse bestätigen, dass sich das Klima tatsächlich ändert und es gibt Anzeichen dafür, dass sich der Wandel beschleunigt. Die zehn wärmsten registrierten Jahre lagen alle nach 1990. Seit 650 000 Jahren war die Methan- und CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre noch nie so hoch wie heute. Es wird ein beschleunigter Anstieg des Meeresspiegels beobachtet und ein großer Teil der Leistungen des Ökosystems wird beeinträchtigt (Rückgang von Gletschern und zunehmende Versauerung der Ozeane), was auf die Umwelt dramatische Auswirkungen haben kann.

Die Unsicherheit über die Auswirkungen des Klimawandels nimmt ab. Ein kritisches Temperaturniveau, das umfangreiche Störungen auslösen könnte, kann Projektionen zufolge in diesem Jahrhundert durchaus erreicht werden, was die Notwendigkeit bestätigt, den Temperaturanstieg auf 2°C zu begrenzen. Wie aktuelle Studien zeigen, nimmt die Gefahr zu, mit Treibhausgasemissionen von über 450 ppmv CO<sub>2</sub>-Äquivalent das 2°C-Ziel zu überschreiten.

#### **4. KOSTEN EINES UNTÄTIGBLEIBENS FÜR EUROPA**

Eine vollständige Analyse der Kosten eines Untätigbleibens ist wegen lückenhafter wissenschaftlicher Methoden und Daten noch nicht möglich. Durch die laufende, von der Gemeinsamen Forschungsstelle koordinierte PESETA-Studie werden einige Wissenslücken für die EU geschlossen werden. In dem Projekt werden die Auswirkungen auf Landwirtschaft, Volksgesundheit, Fremdenverkehr, Flusseinzugsgebiete und Küstensysteme untersucht.

Nach vorläufigen Ergebnissen dürfte die *Produktivität der Getreideernte* in Südeuropa abnehmen und in Nordeuropa gesteigert werden. Bei den *gesundheitlichen Auswirkungen* sind eine erhöhte Mortalität und Morbidität (Erkrankungen) aufgrund heißerer Sommer zu nennen. Für den Winter gilt das Gegenteil. Vorläufige Ergebnisse zeigen, dass bis zum Ende des Jahrhunderts der Anstieg hitzebedingter Todesfälle die Abnahme kältebedingter Todesfälle übersteigen könnte, wenn keine Akklimatisierung erfolgt. Ohne Anpassungsmaßnahmen wird der *Anstieg des Meeresspiegels* in der EU erheblichen Schaden verursachen. Durch eine Anpassung werden die Kosten mittelfristig um bis zu 50 % gesenkt, langfristig um über 70 %. Wie die Ergebnisse zeigen, ist eine rechtzeitige Anpassung durch Maßnahmen wie Deichbau und Stranderhaltung vorteilhaft, aber mit erheblichen Kosten verbunden.

Extreme Wetterphänomene wie größere Überschwemmungen dürften zunehmen. Vorläufige Ergebnisse für zwei Flusseinzugsgebiete ermöglichen kohärente Schlussfolgerungen. Für die obere Donau wird bei einer Jahrhundertflut eine Zunahme der Gesamtschäden um bis zu 40 % projiziert, für das Einzugsgebiet der Maas um bis zu 14 %. Ferner wird sich nach vorläufigen Ergebnissen die gegenwärtig um das Mittelmeer befindliche Zone mit ausgezeichneten Bedingungen für den Strandtourismus weiter nach Norden verlagern, wogegen sich die Bedingungen um das Mittelmeer im Herbst und Winter verbessern werden. Das Ausmaß dieser Auswirkungen wird davon abhängen, wie weit sich die Touristen an die veränderten Wetterbedingungen anpassen.

#### **5. VORTEILE KLIMAPOLITISCHER MASSNAHMEN IN ANDEREN POLITIKBEREICHEN**

*Luftqualität:* Maßnahmen gegen Klimawandel und Luftverschmutzung hängen eng miteinander zusammen. Eine Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen führt zu einer erheblichen Verringerung anderer Luftschadstoffe, insbesondere von Schwefeldioxid, Feinstaub und Stickoxiden. Durch die Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um fast 22 % gegenüber dem Basisniveau im Jahr 2020 werden die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit reduziert, was zu Einsparungen in der Größenordnung von 27,8 bis 48,1 Mrd. EUR führen und die Kosten der Verwirklichung anderer Ziele bei der Bekämpfung der Luftverschmutzung erheblich senken dürfte. In den Entwicklungsländern wird mit ähnlichen oder noch größeren Einsparungen gerechnet.

*Energiesicherheit:* Jüngste Entwicklungen haben erneut die Sprunghaftigkeit der Energiemärkte verdeutlicht. Die G8 hat im Hinblick auf Klimawandel und saubere Energien zum Handeln aufgerufen. Noch niemals zuvor ist so viel in Energiesysteme investiert worden wie jetzt – nach Schätzungen der Internationalen Energieagentur werden es bis zum Jahr 2030 etwas über 20 Billionen USD sein. Diese Tatsache schafft viele Möglichkeiten. Wenn bestehende Anlagen ersetzt oder ausgebaut werden müssen, ist der kohlenstoffarme Weg kostengünstiger. Nach Schätzungen der Weltbank erfordert eine wesentliche Dekarbonisierung der Stromerzeugung in Nicht-OECD-Ländern einen Investitionsaufwand von bis zu 25 Mrd. EUR jährlich. Es wird damit gerechnet, dass keine der von der IAE genannten Technologien zur Emissionsreduktion bei vollständigem Einsatz einen Investitionsaufwand von mehr als 20 EUR je Tonne CO<sub>2</sub>-Emissionen erfordert.

Auch in der EU ist die Energiesicherheit zu einem wichtigen Thema geworden. Nach Projektionen des PRIMES-Modells werden die Öleinfuhren zwischen 2000 und 2030 um etwa 25 % zunehmen und die Erdgaseinfuhren mehr als verdoppelt. In dem Grünbuch vom März 2006 über eine „Europäische Strategie für nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energie“ werden drei politische Optionen genannt, die von entscheidender Bedeutung sind, um Energiesicherheit zu erreichen und die mit dem Klimawandel verbundenen Ziele zu verwirklichen: Energieeffizienz, erneuerbare Energie und CO<sub>2</sub>-Sequestrierung. Den Projektionen entsprechend werden eine gesteigerte Energieeffizienz und die Verbreitung erneuerbarer Energien erhebliche Auswirkungen haben und bis 2020 zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 21 % im Vergleich zu 1990 führen. Öl- und Gaseinfuhren würden bis 2020 um über 15 % reduziert im Vergleich zu dem „Business as usual“-Szenario. Eine weitere Option für kohlenstoffarme Technologie ist die CO<sub>2</sub>-Sequestrierung. Nach Projektionen im Rahmen des globalen POLES-Energiemodells wird die CO<sub>2</sub>-Sequestrierung sowohl in der EU als auch weltweit eine wichtige Rolle spielen und bis 2030 etwa 30 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen von mit fossilen Brennstoffen betriebenen Kraftwerken binden, was sich positiv auf die Sicherheit der Energieversorgung auswirkt.

*Beschäftigung:* Der Aktionsplan Biomasse könnte laut Folgenabschätzung in der EU etwa 250 000 bis 300 000 zusätzliche Arbeitsplätze schaffen. Auch die Windenergie ist in Europa ein rasch wachsender Sektor, der beispielsweise allein in Deutschland, Dänemark und Spanien bereits 120 000 Menschen beschäftigt. Der Europäische Gewerkschaftsbund untersucht zurzeit, wie sich Maßnahmen aufgrund des Klimawandels auf die Beschäftigung auswirken. Nach vorläufigen Ergebnissen stimmen die meisten Studien darin überein, dass klimapolitische Maßnahmen insgesamt gesehen positive Auswirkungen auf die Beschäftigung haben können.

*Bodenfruchtbarkeit:* Organische Stoffe in Böden spielen im Kohlenstoffzyklus eine wichtige Rolle. Der Boden ist sowohl ein Emittent als auch eine wichtige Lagerstätte für Kohlenstoff. Vor kurzem wurde im Vereinigten Königreich in Böden ein erheblicher Verlust an Kohlenstoff gemessen. Sollte sich diese Feststellung EU-weit bestätigen, müsste von einem ernststen Problem ausgegangen werden, das Maßnahmen erfordert. Bislang herrscht jedoch noch große Unsicherheit und das Phänomen muss weiter erforscht werden. Mit der spezifischen Bodenschutzstrategie soll dem Verlust organischer Masse in europäischen Böden entgegengewirkt werden, was dazu beiträgt, die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und den Kohlenstoffgehalt der Böden zu bewahren oder zu erhöhen.

## 6. INTERNATIONALE STRATEGIEN FÜR GLAUBWÜRDIGE EMISSIONSREDUKTIONEN BIS 2050

### *Emissionsprofile*

Aktuellen Forschungsergebnissen zufolge liegt bei einer Stabilisierung in der Größenordnung von 450 ppmv CO<sub>2</sub>-Äquivalent die Chance, das 2°C-Ziel zu erreichen, bei 50 %. Die Treibhausgasemissionen liegen schon fast bei 430 ppmv und nehmen jährlich um etwa 2 ppmv zu. Damit das 2°C-Ziel erreicht wird, müssen die Treibhausgaskonzentrationen langfristig auf 450 ppmv CO<sub>2</sub>-Äquivalent zurückgehen, nachdem sie dieses Niveau in den folgenden zwei oder drei Jahrzehnten überschritten haben werden. Dieses so genannte „Überschreitungsszenario“ ähnelt dem 500 ppmv-CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Szenario im Stern-Bericht.

Die Europäische Kommission hat für ein solches Überschreitungsszenario mithilfe des globalen POLES-Energiemodells (teilweises Gleichgewicht), des GEM-E3-Modells (allgemeines Gleichgewicht) und des DIMA (Forstwirtschaftsmodell) eine Folgenabschätzung durchgeführt. Beim „Überschreitungsszenario“ liegt die Chance, das 2°C-Ziel zu erreichen, bei 50 %, wobei die globalen Emissionen zwischen 2015 und 2020 ihren Höchststand erreichen müssen. Emissionen aufgrund einer veränderten Landnutzung, vor allem aufgrund der Entwaldung, verursachen etwa 20 % der weltweiten Emissionen und sollten bis 2020 umgekehrt werden. Treibhausgasemissionen aus anderen Quellen müssten bis 2050 gegenüber dem Stand von 1990 um etwa 25 % abnehmen.

Das POLES-Modell gibt bis 2050 einen Einblick in künftige Technologien. Kostenschätzungen wurden bis 2030 erstellt. Das Basisszenario beinhaltet aktuelle, höhere Schätzungen der Energiepreise und das EU-Emissionshandelssystem mit einem niedrigen Preis von 5 EUR je Tonne CO<sub>2</sub>. Beim Emissionsreduktionsszenario erreichen die globalen Treibhausgasemissionen 2020 ihren Höchststand und nehmen dann bis 2050 um 25 % gegenüber dem Stand von 1990 ab.

In allen Ländern, für die Energiepreise ein wichtiges Thema sind, werden Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz angewandt. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Industrieländer zu Emissionsreduktionszielen verpflichten. Energieintensive Industriezweige agieren auf einem zunehmend integrierten globalen Kohlenstoffmarkt. In den Entwicklungsländern sind die Kohlenstoffpreise am Anfang niedriger, was die begrenzte Tragweite der Kohlenstoffpreise auf Unternehmensebene aufgrund von Instrumenten wie dem Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung simuliert. Bis 2030 nehmen die Unterschiede bei den Kohlenstoffpreisen ab, weil sich auch in den Entwicklungsländern die rechtlichen Rahmenbedingungen verbessern; dabei bilden nur Länder mit niedrigem Einkommen eine Ausnahme. Andere Sektoren sind am globalen Kohlenstoffmarkt nicht beteiligt, in Industrieländern wird aber von Maßnahmen mit ähnlicher Wirkung ausgegangen. In Entwicklungsländern werden nur Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz umgesetzt.

### *Projektion der Treibhausgasemissionen*

Laut Basisszenario sollen die globalen Treibhausgasemissionen 2050 gegenüber dem Stand von 1990 um 86 % zunehmen. Im Jahr 2020 würden die Emissionen der Entwicklungsländer diejenigen der Industrieländer übersteigen.

Nach dem Emissionsreduktionsszenario liegen die Emissionen der Industrieländer 2020 bereits 18 % unter den Emissionen von 1990; 2030 liegen sie um 32 % darunter. Für die EU-25 würde die Reduktion 2020 gegenüber dem Stand von 1990 21 % betragen und 2030 36 %. Die Emissionen der Entwicklungsländer würden zwischen 2020 und 2025 ihren Höchststand erreichen. Im Jahr 2030 liegen die globalen Emissionen nur um 10 % über dem Stand von 1990.

### *Technische Durchführbarkeit*

Das Energiesystem muss erheblich geändert werden, Wichtigste Maßnahme ist die Begrenzung des Energieverbrauchs durch Energieeffizienz. Privathaushalte und Tertiärsektor erzielen die höchsten Einsparungen und sind für Effizienznormen empfänglich. Die Ersetzung herkömmlicher Kohlekraftwerke durch modernere Technologien hat auch erhöhte Effizienzzraten bei Kraftwerken zur Folge, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Bis 2030 würde die EU gegenüber dem Basisszenario 60 % weniger Kohle und 20 % weniger Öl und Gas einführen.

Der Strom erzeugende Sektor ist für die Emissionsreduktion von entscheidender Bedeutung. Erneuerbare Energien (ohne Wasserkraft) dürften zwischen 2005 und 2050 um das 24fache zunehmen. Die CO<sub>2</sub>-Sequestrierung wird weltweit zu einer wichtigen Übergangstechnologie; allerdings dürfte die Verwendung von Kohle abnehmen. Moderne Kohletechnologien treten an die Stelle von Kohlekraftwerken. Kohle wird teilweise durch Erdgas ersetzt, das 2025 mit 33 % den höchsten Anteil an der globalen Stromerzeugung haben wird. Die Kernenergie baut ihren Anteil an der Stromerzeugung aus, bleibt aber absolut gesehen in der Nähe des Standes im Basisszenario.

### *Kosten und Emissionshandel*

In den POLES-Projektionen erreicht der globale Kohlenstoffpreis je Tonne CO<sub>2</sub> bis zum Jahr 2020 37 EUR und bis zum Jahr 2030 64 EUR. Die Kosten werden infolge von Investitionen in kohlenstoffarme Technologien bis 2030 auf weniger als 0,5 % des jährlichen globalen BSP veranschlagt. Reduktionsziele von bis zu 30 % im Jahre 2020 und 50% im Jahre 2030 würden einen Kohlenstoffhandel auslösen und weltweit kostengünstige Emissionsreduktionen bewirken. Wenn die Industrieländer ihre Ziele durch Emissionshandel erreichen, werden die globalen Kosten um drei Viertel gesenkt.

Die Kosten infolge zusätzlicher Investitionen in kohlenstoffarme Technologien dürfen nicht mit den Auswirkungen auf das Wirtschaftswachstum verwechselt werden. Die Auswirkung auf das Wachstum wurde anhand des GEM-E3-Modells für die Gesamtwirtschaft abgeschätzt. Bei einem mit dem 2°C-Ziel vereinbaren Emissionsprofil wird sich das globale BIP in den kommenden 25 Jahren immer noch fast verdoppeln. Im Jahr 2030 wird die jährliche Wachstumsrate des globalen BIP etwa 0,19 % unter dem Basisszenario liegen. Die Auswirkungen auf das BIP der einzelnen Länder werden von der Zuteilung von Reduktionsverpflichtungen abhängen. In der EU wird sich das BIP jährlich stärker verändern als weltweit (bis 2020 wird sich ein Minus von 0,19 % ergeben und bis 2030 von -0,24 %). In den großen Entwicklungsländern, die allerdings 2020 keine Reduktionsverpflichtungen haben, wird das BIP im Vergleich zum Basisszenario infolge des Handelseffekts ebenfalls leicht zurückgehen (in Brasilien und China um jährlich 0,06 %, in Indien um jährlich 0,1 %).

Wie die Folgenabschätzung zeigt, können die globalen Emissionen auf einen Stand reduziert werden, mit dem das 2°C-Ziel erreicht wird, wenn die Beteiligung ausgeweitet wird. Alle Länder müssen im Verkehrssektor, in den Privathaushalten und im Tertiärsektor die Energieeffizienz verbessern und die Emissionen senken. Energieintensive Sektoren, insbesondere die Stromerzeugung, müssen schrittweise in einen globalen Kohlenstoffmarkt integriert werden, der günstige Kosten gewährleistet. Die Gruppe von Industrieländern muss für 2020 ein Reduktionsziel von rund 30 % gegenüber dem Niveau von 1990 anstreben, bis 2030 von 40 bis 45 %. Außerdem muss sie ungehinderten Zugang zum globalen Kohlenstoffmarkt haben. Damit würde in den Industrieländern 2020 eine Reduzierung der nationalen Emissionen um 20 % erreicht. Die Emissionen der Entwicklungsländer müssten zwischen 2020 und 2025 ihren Höchststand erreichen und danach abnehmen.

#### *EU-interne Emissionsreduktion*

Eine Senkung der Emissionen in der EU wäre für Energieversorgungssicherheit und Luftqualität von Vorteil und würde wettbewerbsfähige Technologien stimulieren. Mithilfe des GEM-E3-Modells wurde geschätzt, dass einzelne Reduktionsziele in der EU ohne breite Beteiligung bis 2020 mit 21 und 31 % zu Buche schlagen. Solche Einzelziele würden zwar eine wichtige politische Botschaft vermitteln, die globalen Emissionen würden allerdings gegenüber dem Basisszenario nur um weniger als 5 % gesenkt. Selbst ohne breite Beteiligung wird es erforderlich sein, den als „Sicherheitsventil“ dienenden Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung in Anspruch nehmen zu können. Ohne Zugang zu diesem Mechanismus werden die Kohlenstoffpreise acht- bis elfmal höher sein, mit Zugang könnten die Ziele mit wesentlich geringeren Kosten erreicht werden als im Reduktionsszenario mit globaler Beteiligung.

Ein umfassender Zugang zum Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung würde intern zu begrenzten Reduktionen mit begrenzten positiven Begleiterscheinungen führen, allerdings könnten solche Reduktionen und positive Begleiterscheinungen auch durch flankierende energiepolitische Maßnahmen der EU erreicht werden.

#### *Umkehrung der Entwaldung*

Emissionen aus der Entwaldung spielen bei der Erreichung des 2°C-Ziels eine Schlüsselrolle. In dem Dynamischen integrierten Modell für Forstwirtschaft und alternative Landnutzung (DIMA) werden die treibenden Kräfte der Entwaldung analysiert. Für diese Folgenabschätzung wurde in das Modell ein finanzieller Anreiz je Tonne CO<sub>2</sub> eingegeben, der dem im POLES-Modell auf regionaler Ebene projizierten Preis ähnelt. Die projizierte Wirkung ist hoch – bis 2020 kehrt sich die Nettoquelle in eine Nettosenke um. Auf solche Weise Tendenzen umzukehren wird eine große Herausforderung sein.

Die Einführung eines finanziellen Anreizes zur Umkehr der Entwaldung muss sorgfältig analysiert werden. Der in das DIMA-Modell eingegebene finanzielle Anreiz könnte astronomische Höhen erreichen, wenn er für alle vorhandenen Wälder eingeführt würde, würde, um deren Abholzung zu verhindern. Ein System von Anreizen ist aufgrund zahlreicher Faktoren eine komplexe Angelegenheit. Wälder verschwinden aus unterschiedlichen Gründen und Bewirtschaftung sowie Besitzverhältnisse sind unterschiedlich und oftmals unklar. In einem aktuellen Bericht der Weltbank wird die Kohlenstofffinanzierung als Instrument vorgeschlagen, es wird aber auch darauf hingewiesen, dass andere Maßnahmen erforderlich sind, beispielsweise die Finanzierung von Biodiversität, eine bessere Überwachung und



Bewertung, ein besseres Eigentumsrecht und bessere Planungsverfahren, beispielsweise im Straßenbau.

Es gibt bereits Erfahrungen mit verschiedenen Anreizsystemen und anderen Konzepten, allerdings ist es schwierig, sie auf internationaler Ebene anzuwenden. Als nächstes sollte durch Pilotvorhaben praktische Erfahrung gesammelt werden.