

**DE**

**DE**

**DE**



EUROPÄISCHE KOMMISSION

Brüssel, den 8.3.2011  
SEK(2011) 289 endgültig

**ARBEITSDOKUMENT DER KOMMISSIONSDIENSTSTELLEN**

**ZUSAMMENFASSUNG DER FOLGENABSCHÄTZUNG**

*Begleitunterlage zur*

MITTEILUNG DER KOMMISSION  
AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN  
WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN

Fahrplan für den Übergang zu einer CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft bis 2050

{KOM(2011) 112 endgültig}  
{SEK(2011) 288 endgültig}

## 1. PROBLEMSTELLUNG

- (1) Die EU verfolgt das selbst gesteckte Ziel, den weltweiten Klimawandel auf einen Temperaturanstieg von 2 °C zu begrenzen, um gefährliche Folgen zu vermeiden. In der Vereinbarung von Kopenhagen wurde auf dieses Ziel Bezug genommen, außerdem wurde es innerhalb des UNFCCC im Beschluss der 16. Sitzung der Konferenz der Vertragsparteien des UNFCCC bekräftigt.
- (2) Der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaveränderungen (IPCC) berichtete 2007, nach wissenschaftlichen Erkenntnissen müssten sich die Industrieländer in Bezug auf die Emissionen von Treibhausgasen (THG) das Ziel setzen, diese bis 2050 gegenüber den Emissionen von 1990 um 80 % bis 95 % zu verringern, wenn der globale Klimawandel auf einen Temperaturanstieg von 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau begrenzt werden soll. Angesichts der Emissionssenkungen, die die Industrieländer als Gruppe dem IPCC zufolge vornehmen müssen, haben der Europäische Rat und das Parlament dieses Ziel für die EU übernommen.
- (3) In der gesamten EU wurden in den vergangenen beiden Jahrzehnten weniger THG emittiert (ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft, LULUCF). 2009 sind Schätzungen der Europäischen Umweltagentur (EUA) zufolge die Emissionen weiter auf 17 % unter dem Niveau von 1990 zurückgegangen. Bei Einbeziehung der Luftfahrt läge der Rückgang bei etwa 16 % gegenüber dem Niveau von 1990. Zum Teil ist dieser Rückgang der Wirtschaftskrise 2009 zuzuschreiben.
- (4) Derzeit führt Europa 55 % seiner Primärenergie ein. Angesichts der rückläufigen Erdöl- und Erdgasförderung in der Nordsee dürfte dieser Anteil bis 2030 auch dann auf 57 % steigen, wenn das Klima- und Energiepaket vollständig durchgeführt wird. Energieabhängigkeit ist an und für sich kein wirtschaftliches Problem, im Energiesektor laufen jedoch mehrere Entwicklungen, die aufmerksam verfolgt werden müssen. Erstens dürfte in den Schwellenländern die Nachfrage nach Öl und Gas weiter anziehen. Zweitens halten auf der Versorgungsseite die Investitionen nicht mit der steigenden Nachfrage Schritt. Nach Schätzungen der Internationalen Energieagentur (IEA) stammen im Jahr 2035 75 % des konventionell geförderten Rohöls aus Ölfeldern, die erst noch erschlossen oder entdeckt werden müssen. Drittens befinden sich die weltweiten Öl- und Gasreserven häufig in geopolitisch instabilen Regionen und gehören staatlichen Unternehmen, die nicht immer adäquat auf die Marktkräfte reagieren können. Deswegen besteht für die europäische Wirtschaft und insbesondere den Verkehrssektor, der zu mehr als 90 % auf Öl angewiesen ist, auch künftig das erhebliche Risiko steigender Energiepreise. Im Fahrplan werden daher Entwicklungen auf den Energiemärkten und Synergien zur Verbesserung der Energieversorgungssicherheit geprüft.
- (5) Die Entwicklung CO<sub>2</sub>-armer Technologien ist für nachhaltiges Wachstum und nachhaltige Beschäftigung unverzichtbar. Ihre Entwicklung wird jedoch zum einen durch Marktversagen behindert, weil externe THG-Effekte nicht berücksichtigt werden. Zum anderen besteht jedoch auch ein allgemeines Problem der Unsicherheit und der Wissensweitergabe, das bewirken kann, dass nicht genügend in FuE investiert wird. Darüber hinaus ist es schwierig, kapitalintensive Technologien auf den Markt zu bringen, bei denen sich Investitionen erst langfristig bezahlt machen. Somit ist es dringend erforderlich, die Entwicklung von CO<sub>2</sub>-armer Technologie zu fördern und die

Lernkurve so kostenwirksam wie möglich zu optimieren. Dies ist eine große Herausforderung und zugleich eine Chance für die Wirtschaft Europas. Ein wesentlicher Aspekt bei der Erstellung eines Fahrplans für eine CO<sub>2</sub>-arme Wirtschaft ist, wie die EU ihre Politik auf den Gebieten FuE, Demonstration und Innovation entwickelt, wie sie Rahmenbedingungen schafft, die einem Technologiewandel förderlich sind, wie sie die Akzeptanz in der Öffentlichkeit steigert und wie sie die Wettbewerbsfähigkeit einer Vielfalt wichtiger Industriezweige fördert.

- (6) Der Übergang zu einer CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft wirkt sich wesentlich auf die nachhaltige Nutzung von Ressourcen (nicht nur Energieressourcen) und damit auf die Leitinitiative der Strategie Europa 2020 zum Thema Ressourceneffizienz aus. Die Verringerung der THG-Emissionen aus der Energiegewinnung fällt mit wesentlichen Verringerungen anderer Luftschadstoffe und den damit verbundenen Vorteilen für die Gesundheit zusammen. Der Fahrplan muss sich auch mit Industrieprozessen, Landnutzung, land- und forstwirtschaftlichen Verfahren sowie den Zusammenhängen mit der Erzeugung und dem Verbrauch von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Fasern (Holz, Zellstoff und Papier) und der Erhaltung wesentlicher Ökosystemleistungen (Bodenqualität, Verfügbarkeit von Wasser, Biodiversität) befassen.

## **2. ZIELE**

- (7) Das besondere Ziel des Fahrplans für eine CO<sub>2</sub>-arme Wirtschaft bis 2050 ist es aufzuzeigen, wie sich der EU-Politikrahmen in den kommenden zehn Jahren und danach entwickeln sollte, um 1) den wissenschaftlichen Erkenntnissen entsprechende, umfangreiche Senkungen der THG-Emissionen zu ermöglichen und gleichzeitig 2) die Anfälligkeit für Ölschocks und andere Unwägbarkeiten der Energieversorgungssicherheit zu verringern und 3) die Chancen für nachhaltige Entwicklung und Beschäftigung (im Zusammenhang mit den neuen CO<sub>2</sub>-armen Technologien) zu nutzen, ohne weiter gehende Überlegungen der Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz zu vernachlässigen.
- (8) Diese Folgenabschätzung soll über sektorenübergreifende und sektorenspezifische Wege, die dafür erforderlichen technologischen und strukturellen Änderungen, die Investitions- und Kostenverteilung sowie andere Auswirkungen, Synergien und Kompromisse im Zusammenhang mit der breiteren Nachhaltigkeits- und Ressourceneffizienzagenda informieren. Sie soll Daten für die Aufstellung von Klimaschutzstrategien auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene und für in der Entwicklung befindliche sektorenspezifische Fahrpläne liefern und zur Festlegung von Etappenzielen beitragen.

## **3. METHODIK UND SZENARIEN**

- (9) Bei einem so weit gesteckten Zeitrahmen muss unbedingt verschiedenen Prämissen, Unwägbarkeiten und unterschiedlichen Entwicklungen im Lauf der Zeit Rechnung getragen werden. Deswegen befasst sich diese Folgenabschätzung mit der Frage, wie die EU bei verschiedenen Szenarien (Szenarien zur Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes („Dekarbonisierungsszenarien“) statt Politikoptionen) dem 2 °C-Ziel entsprechende umfangreiche Emissionssenkungen erreichen kann. Die Szenarien unterscheiden sich in Bezug auf die Schlüsselp Parameter, z. B. Art der globalen Bedingungen, Entwicklung der Energiepreise auf dem Weltmarkt und Rate der technologischen

Innovation. Sie sehen unter anderem CO<sub>2</sub>-Preise als kostenwirksamen Motor für politische Strategien vor. Aus dem Vergleich der Ergebnisse verschiedener Szenarien lasen sich fundiertere Schlussfolgerungen darüber ableiten, wie Schlüsselparameter die Ergebnisse beeinflussen und welche Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Teilen bestehen.

- (10) Die im 4. IPCC-Sachstandsbericht genannte Marge von 80 % bis 95 % für das Ziel der Emissionsreduzierung in Industrieländern schließt sowohl interne Emissionssenkungen als auch die Verwendung internationaler Gutschriften ein. Um abschätzen zu können, in welchem Umfang die EU ihre THG-Emissionen bis 2050 intern reduzieren muss, wird ein Überblick über die jüngsten wissenschaftlichen Erkenntnisse zusammen mit den Projektionen des POLES-Modells in Bezug auf das 2 °C-Ziel vorgestellt, also die Reduzierung der weltweiten Emissionen bis 2050 auf die Hälfte von 1990.
- (11) Die Preise für fossile Brennstoffe spielen bei der Abschätzung der Folgen von THG-Emissionssenkungen eine wichtige Rolle; sie werden jedoch weitestgehend von den Weltmärkten bestimmt. Außerdem können globale Klimaschutzmaßnahmen die Preise für fossile Brennstoffe beeinflussen. Mithilfe des globalen POLES-Modells wurde die Wechselbeziehung zwischen Klimaschutzmaßnahmen und den Preisen für fossile Brennstoffe anhand von drei Szenarien analysiert:
- *Weltweiter Status quo:* Weltweit werden bis 2050 keine weiteren Klimaschutzmaßnahmen getroffen.
  - *Weltweite Maßnahmen:* Durch weltweite Maßnahmen werden die globalen Emissionen bis 2050 auf die Hälfte von 1990 zurückgeführt.
  - *Dezentrale Maßnahmen:* Die EU verfolgt eine Strategie zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes, andere Länder ziehen jedoch nicht nach. Sie orientieren sich bis 2020 lediglich an der Untergrenze der in der Vereinbarung von Kopenhagen gemachten Zusagen und unternehmen nach 2020 keine weiteren Anstrengungen.

Diese Modellprojektion wurde erweitert, um weltweite Landwirtschaft und Landnutzungsänderungen einzubeziehen. Hierfür wurden das GLOBIOM- und das G4M-Modell herangezogen.

- (12) Für die EU-weite Modellierung wurde das Energiesystemmodell PRIMES herangezogen und mit dem GAINS-Modell für Projektionen der Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen der EU kombiniert. Ebenfalls auf EU-Ebene wurden die Beziehungen zwischen Energie und LULUCF mit dem G4M- und dem GLOBIOM-Modell untersucht. Die Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes (Dekarbonisierung) wird vor allem von den CO<sub>2</sub>-Preisen für CO<sub>2</sub>- und Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen getrieben.
- (13) Auf EU-Ebene wurden folgende Szenarien aufgestellt:
- Ein Referenzszenarium, das die Umsetzung und Weiterführung derzeitiger Politikstrategien widerspiegelt (d. h. das integrierte Klima- und Energiepaket bis 2020).
  - Mehrere Dekarbonisierungsszenarien, die bis 2050 eine EU-interne Reduzierung um 80 % gegenüber 1990 aufzeigen, mit Ausnahme eines Szenariums dezentraler

Maßnahmen, bei dem zusätzliche Maßnahmen getroffen werden, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit energieintensiver Industriezweige zu schützen.

- Die Dekarbonisierungsszenarien sind entsprechend den Ergebnissen der globalen Analyse anhand des POLES-Modells nach Preisen für fossile Energieträger differenziert:
    - Szenarien mit niedrigen, relativ stabilen Energiepreisen (Ölpreise 2050 bei etwa 70 USD<sub>2008</sub> pro Barrel), die eintreten dürften, wenn weltweite Maßnahmen getroffen werden.
    - Szenarien mit einem allmählichen Anstieg der Ölpreise bis auf das Doppelte (Anstieg auf 127 USD<sub>2008</sub> pro Barrel bis 2050), wie beim Referenzszenarium, die eintreten dürften, wenn dezentrale Maßnahmen getroffen werden.
    - Szenarien mit einem vorübergehenden Ölschock oder anhaltend hohen Energiepreisen ab 2030 (Verdoppelung auf 212 USD<sub>2008</sub> pro Barrel bis 2030), wofür im Falle dezentraler Maßnahmen ein echtes Risiko besteht.
  - Die Dekarbonisierungsszenarien werden nach den Prämissen für die technologische Entwicklung differenziert:
    - Szenarien effizienter Technologie zur Darstellung der erfolgreichen Einführung effizienter CO<sub>2</sub>-armer Technologien;
    - Szenarien „verzögerter CCS“ und „verzögerter Elektrifizierung“ zur Analyse der Sensitivität in Bezug auf die Verfügbarkeit bestimmter Technologiepfade;
    - eine Sensitivitätsanalyse verzögerter Klimaschutzmaßnahmen, die davon ausgeht, dass vor 2030 keine neuen oder zusätzlichen Klimaschutzstrategien aufgestellt werden.
- (14) Bei künftigen Verbesserungen der Modelle könnte berücksichtigt werden, wie sich der Klimawandel als solcher beispielsweise auf die Erzeugung und den Verbrauch von Agrarprodukten und Energie auswirkt. Durch eine weitere Verbesserung der Modelle in Bezug auf Energiespeicherung und Lösungen für intelligente Netze ließe sich die Einführung einer dezentralen Stromerzeugung besser projizieren.

#### **4. ERGEBNISSE DER GLOBALEN ANALYSE**

##### ***Globale Reduzierungsanstrengungen und Beitrag der EU***

- (15) Aus der jüngsten wissenschaftlichen Literatur und aus Modellprognosen des POLES-Modells geht hervor, dass die EU bis 2050 ihre Treibhausgasemissionen EU-intern gegenüber 1990 um mindestens 75 %, 80 % oder noch mehr verringern müsste.
- (16) Globale Maßnahmen in Einklang mit dem 2 °C-Ziel würden bedeuten, dass andere Industrieländer genauso strikt durchgreifen wie die EU und sich an einem auf dem CO<sub>2</sub>-Preissignal beruhenden Modell orientieren. Schwellenländer würden sich dem allmählich anschließen, was durch eine allmähliche Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Marktes

simuliert wird, auf dem bis 2030 die CO<sub>2</sub>-Preise in den Industrie- und den Schwellenländern vergleichbar sind. Dadurch würden die THG-Emissionen der Entwicklungsländer bis 2050 um 80 % unter dem Ausgangsniveau liegen, was bedeutete, dass die Emissionsmenge von 1990 erreicht oder gar unterschritten würde. Dies bedeutet, dass im Falle globalen Handelns keine günstigen internationalen Gutschriften verfügbar sind und dass umfangreiche Ausgleichsmaßnahmen keine Alternative zu EU-internen Maßnahmen darstellen. Das Ziel der EU, die THG-Emissionen um 80 % bis 95 % zu reduzieren, muss – auch unter dem Aspekt der Kostenwirksamkeit - vorwiegend intern erreicht werden. Die Pro-Kopf-Emissionen würden mit der Zeit konvergieren, so dass die absoluten Differenzen bis 2050 wesentlich geringer wären, auch wenn die Pro-Kopf-Emissionen in den Industrieländern höher bleiben.

### ***Zusammenhang zwischen Klimapolitik und Weltmarktpreisen für fossile Brennstoffe***

- (17) Die Analyse mit POLES zeigt die Wechselbeziehung zwischen globalen Klimaschutzmaßnahmen und den künftigen Preisen für fossile Brennstoffe auf. Während die Status-quo-Projektionen für Ölpreise beinahe eine Verdoppelung vorsehen, würden in einer Welt mit globalen Klimaschutzmaßnahmen die Ölpreise im Jahr 2050 gegenüber heute stabil bleiben. Dieser relative Preisrückgang ergäbe sich aus der geringeren Energienachfrage und einer Umstellung auf CO<sub>2</sub>-arme Brennstoffe. Eine Welt globaler Maßnahmen ist im Wesentlichen durch niedrigere Brennstoffpreise und hohe CO<sub>2</sub>-Preise gekennzeichnet.
- (18) Aus der Analyse geht hervor, dass in einer Welt dezentraler Maßnahmen die Ölpreise gegenüber den Status-quo-Werten um lediglich 15 % zurückgehen. Diese Ergebnisse decken sich im Wesentlichen mit dem World Energy Outlook 2010 der Internationalen Energieagentur. Die Daten der IEA weisen auf klare Risiken für die Energieversorgungssicherheit hin, die sich aus der Kombination von steigender Nachfrage, Lieferschwierigkeiten und geopolitischen Risiken in erdöl- und -gasexportierenden Ländern ergeben.
- (19) Preisänderungen bei Energieträgern beeinflussen die Einkünfte der Länder, die diese Waren exportieren, diese Auswirkungen können jedoch bewältigt werden. Den Projektionen zufolge erzielen die OPEC-Länder selbst im Falle globaler Maßnahmen in den kommenden 20 Jahren wesentlich höhere Einkünfte als in den vergangenen 20 Jahren.

### ***Der globale Beitrag von Land- und Forstwirtschaft und der Zusammenhang mit Bioenergie***

- (20) Als Teil globaler Maßnahmen zur Verwirklichung des 2 °C-Ziels wurden auch der Beitrag von Landwirtschaft und LULUCF sowie die Korrelation mit dem Energiesektor auf globaler Ebene untersucht. Dabei wurde Folgendes berücksichtigt:
  - (a) das Erfordernis, die Ernährungssicherheit zu gewährleisten, um die wachsende Weltbevölkerung zu ernähren;
  - (b) das EU-Ziel, die weltweite Entwaldung vor allem in den Entwicklungsländern zu verringern und bis 2030 völlig zu stoppen;
  - (c) Anstrengungen zur Verringerung der Emissionen aus der Landwirtschaft;

- (d) zunehmende Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung im Falle von Klimaschutzmaßnahmen;
- (e) unveränderte Ernährungsgewohnheiten bzw. Übergang zu CO<sub>2</sub>-intensiveren Lebensmitteln infolge des steigenden Wohlstands.

Die Analyse führt zu dem Schluss, dass Land- und Forstwirtschaft die vorstehenden Anforderungen bis 2050 erfüllen können, wenn geeignete Anreize gegeben werden; Produktivitätssteigerungen auf globaler Ebene sind jedoch unverzichtbar. Können diese Verbesserungen nicht erreicht werden, so werden die vorgenannten Ziele schlicht und einfach nicht oder nur durch einen beträchtlichen Preissprung bei Nahrungsmitteln verwirklicht.

Eine Umkehr des derzeitigen Trends zu CO<sub>2</sub>-intensiveren Nahrungsmitteln könnte ebenfalls einen Beitrag leisten, wurde jedoch nicht untersucht. Lifestyle- und Verhaltensänderungen könnten die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass die hoch gesteckten Reduzierungsziele erreicht werden, und die Kostenwirksamkeit der Maßnahmen insgesamt verbessern, indem sie dazu beitragen, kostspieligere Abmilderungsoptionen in anderen Sektoren zu vermeiden. Eine Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf 2 °C käme in beträchtlichem Maße der Biodiversität zugute, da Tropenwälder mit ihrem extrem hohen Biodiversitätswert erhalten blieben. Es sollte jedenfalls darauf geachtet werden, dass die Produktivitätssteigerungen in der Land- und Forstwirtschaft nicht zu einem Rückgang der Biodiversität, zur Erschöpfung von Wasserressourcen oder zu anderen Umweltproblemen führen.

## 5. ERGEBNISSE DER EU-ANALYSE

### *Allgemeine Wege zur THG-Reduzierung in der EU und Beiträge einzelner Sektoren*

- (21) Aus der Analyse der Projektionen der verschiedenen EU-Dekarbonisierungsszenarien geht hervor, dass mit bewährten Technologien bis 2050 EU-intern Emissionsverringerungen um 80 % gegenüber 1990 technisch machbar sind, sofern ein hinreichend starker CO<sub>2</sub>-Preisreiz in allen Sektoren gilt (etwa 100 EUR bis 370 EUR je Tonne CO<sub>2</sub>-Äqu bis 2050). Dies bedeutet, dass zum einen vorhandene Technologien in großem Maße weiterer Innovationen bedürfen, ohne dass jedoch bahnbrechende Technologien (Kernfusion, Wasserstoff- und Brennstoffzellen) erforderlich wären. Zum anderen kann dies durch die Errichtung eines Stromnetzes mit der flächendeckenden Schaffung dezentraler Energiespeicher und ohne größere Veränderungen des Lifestyles (z. B. andere Ernährungsweise, erhebliche Veränderungen bei der Mobilität) erreicht werden. Solche Entwicklungen könnten ihrerseits zu einer CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft beitragen, wurden jedoch in Anbetracht der Unsicherheiten ihrer technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit und wegen ihrer schwierigen Einbeziehung in die Modellierungsinstrumente in der Analyse nicht berücksichtigt.
- (22) Obwohl sich die einzelnen Szenarien bei den Prämissen für Technologien und die Preise von fossilen Brennstoffen beträchtlich unterscheiden, sind die Ergebnisse im Hinblick auf das Tempo und den Umfang der Emissionsreduktionen zuverlässig, wobei sich auf sektoraler Ebene etwas größere Unterschiede ergeben.

<b>THG-Emissionsverringerung gegenüber 1990</b>	<b>2005</b>	<b>2030</b>	<b>2050</b>
<b>Insgesamt</b>	-7%	-40 bis -44 %	-79 bis -82 %



Sektoren			
Stromerzeugung (CO <sub>2</sub> )	-7%	-54 bis -68 %	-93 bis -99 %
Industrie (CO <sub>2</sub> )	-20%	-34 bis -40 %	-83 bis 87 % <sup>1</sup>
Verkehr (einschl. Luftfahrt, ohne Seeverkehr) (CO <sub>2</sub> )	+30%	+20 bis -9 %	-54 bis -67 %
<i>Verkehr ohne Luftfahrt und ohne Seeverkehr</i>	+25%	+8 bis -17 %	-61 bis -74 %
Wohnen und Dienstleistungen (CO <sub>2</sub> )	-12%	-37 bis -53 %	-88 bis -91 %
Landwirtschaft (Nicht-CO <sub>2</sub> )	-20%	-36 bis -37 %	-42 bis -49 %
Andere Nicht-CO <sub>2</sub> -Emissionen	-30%	-71,5 bis -72,5 %	-70 bis -78 %

Quelle: PRIMES, GAINS

- (23) 2030 liegen die THG-Gesamtemissionen um 40 % unter dem Stand von 1990, außer im Fall hoher Ölpreise bis 2030; dann beträgt der Rückgang 44 %. Ein Rückgang um etwa 25 % bis 2020 und 60 % bis 2040 wären weitere Zwischenschritte auf einem kostengünstigen Pfad.
- (24) Bei gleichen wirtschaftlichen Anreizen für Emissionsverringerungen in allen Sektoren wäre ein größerer Beitrag der Sektoren, die unter das EU-Emissionshandelssystem (EHS) fallen, weiterhin kostenwirksam. In den EHS-Sektoren würden Emissionssenkungen um knapp 45% (2030) bzw. rund 90 % (2050) gegenüber 2005 erzielt werden, während die nicht unter das EHS fallenden Sektoren ihre Emissionen bis 2030 um etwa 25% und bis 2050 um knapp 70 % gemessen an 2005 reduzieren würden.
- (25) Die höchsten Emissionssenkungen ergäben sich im Stromsektor. Bei vergleichbaren wirtschaftlichen Anreizen in allen Sektoren verringert der Stromsektor den CO<sub>2</sub>-Ausstoß aufgrund der Durchdringung mit einem breiten Spektrum CO<sub>2</sub>-armer Technologien (verschiedene Technologien auf der Grundlage erneuerbarer Energieträger, Kerntechnik, CCS nach 2020) und der steigenden Effizienz auf der Nachfrageseite rapide und dürfte aller Voraussicht nach bis 2030 Emissionssenkungen um 60 % verwirklichen. Bis 2050 werden im Stromsektor praktisch keine CO<sub>2</sub>-Emissionen mehr freigesetzt.
- (26) Auch der Wohn- und Dienstleistungssektor kann mittel- und langfristig einen überdurchschnittlichen Beitrag leisten. Die wichtigsten Antriebskräfte für Emissionssenkungen sind eine beträchtliche Verringerung des Heizbedarfs durch bessere Wärmedämmung, die breitere Nutzung von (CO<sub>2</sub>-armem) Strom und erneuerbaren Energieträgern für die Gebäudeheizung sowie energieeffizientere Geräte.
- (27) Die Dekarbonisierung der Industrie bleibt mittelfristig etwas hinter der Gesamtwirtschaft zurück. Insbesondere die industrielle CCS schafft jedoch die Möglichkeit weiterer Reduzierungen, auch wenn diese später (nach 2030) als im Stromsektor verwirklicht werden.

<sup>1</sup> Ohne das besondere Szenarium mit Maßnahmen, die eine geringere Reduzierung der Emissionen energieintensiver Industrien vorsehen.

- (28) Verkehr und Landwirtschaft sind die wichtigsten Bereiche, in denen langfristig keine völlige Dekarbonisierung erreicht wird.
- (29) Im Verkehrswesen wird der Wachstumstrend der letzten 20 Jahre umgekehrt. 2030 werden nach den meisten Szenarien die Emissionen aus dem Verkehr (Straße, Schiene und Binnenschifffahrt) gegenüber den Werten von 1990 verringert, wobei bei dem Szenarium effizienter Technologien bei Referenzpreisen für fossile Brennstoffe ein Rückgang um -5 % und bei niedrigen Preisen für fossile Brennstoffe um -2 % erzielt wird. Der größte Teil der Emissionssenkungen würde allerdings zwischen 2030 und 2050 erzielt und dürfte im Verkehrssektor etwa -60 % betragen<sup>2</sup>.
- (30) Für die Landwirtschaft verläuft die Kurve umgekehrt. Hier werden zwischen heute und 2030 beträchtliche Emissionssenkungen erreicht, danach allerdings kommt es nur noch zu geringen technischen THG-Emissionsverringierungen. Wie in anderen Sektoren ist Spielraum vorhanden, um weiter zu untersuchen, wie sich Verhaltensänderungen auf die Optionen für die THG-Emissionsreduzierung auswirken.
- (31) Andere Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen, wie Methan aus Mülldeponien und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Industrie werden ebenfalls bis 2030 zügig reduziert, danach werden allerdings nur noch geringfügige weitere Senkungen erreicht. Was die Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen in unter das EHS fallenden Sektoren anbelangt, so werden Verringerungen bereits im Referenzszenario erzielt. Für die übrigen Bereiche wie Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und F-Gase müssten zusätzliche Maßnahmen getroffen werden, die über die derzeitigen politischen Maßnahmen hinausgehen.

#### ***Systemkosten: CO<sub>2</sub>-Preise, Investitionsaufwand und Kosten fossiler Brennstoffe***

- (32) Bei allen Szenarien steigen die CO<sub>2</sub>-Preise je nach den gewählten Parametern für Technologie und fossile Brennstoffe von etwa 50 bis 60 EUR pro Tonne CO<sub>2</sub>-Äqu, im Jahr 2030 auf 100 EUR bis 370 EUR je Tonne CO<sub>2</sub>-Äqu (150 - 200 EUR bei Szenarien effizienter Technologien).
- (33) Namentlich zwischen den Preisen für fossile Brennstoffe und den CO<sub>2</sub>-Preisen besteht eine klare negative Korrelation. Bei höheren Preisen für fossile Brennstoffe sind niedrigere CO<sub>2</sub>-Preise die Voraussetzung für eine Dekarbonisierung. Dies ergibt sich logisch aus der Tatsache, dass das Preisniveau im Allgemeinen, unabhängig davon, ob es sich um den CO<sub>2</sub>-Preis oder direkt um Energiepreise handelt, ein wichtiger Antriebsfaktor für Emissionssenkungen ist, da es die Energienachfrage und die Energieeffizienz beeinflusst. Der Vorteil der CO<sub>2</sub>-Preisbetrachtung besteht eindeutig darin, dass die CO<sub>2</sub>-intensivsten Vorleistungen und Verfahren am teuersten sind und dass Einkünfte in die lokale Wirtschaft zurückfließen, was bei hohen Energiepreisen nicht immer der Fall ist. Dies gilt besonders für die EU, die stark von Einfuhren fossiler Brennstoffe abhängt.
- (34) Die Untersuchungen führten darüber hinaus zu dem Schluss, dass die verzögerte Entwicklung und Verwendung bestimmter Technologien (CCS, Elektrifizierung) sowie verzögerte Klimaschutzmaßnahmen (keine zusätzlichen Maßnahmen vor 2030)

---

<sup>2</sup> Ohne NO<sub>x</sub>-Emissionen aus der Luftfahrt und andere indirekte Auswirkungen der Luftfahrt auf das Treibhauspotenzial.

letztendlich zu deutlich höheren CO<sub>2</sub>-Preisen und deutlich höheren Gesamtkosten sowie geringeren Brennstoffeinsparungen führen. Die unterstreicht die kritische Bedeutung

- von FuE und dem frühzeitigen Einsatz CO<sub>2</sub>-armer Technologien als Mittel zur Senkung der Gesamtkosten und zur Steigerung der Akzeptanz bestimmter Technologien in der Öffentlichkeit;
  - der Erfordernis stetiger, aber schrittweiser Emissionssenkungen im Laufe der Zeit, um zu vermeiden, dass späte Aufholmaßnahmen einen starken, plötzlichen Anstieg der CO<sub>2</sub>-Preise bewirken.
- (35) Die wichtigste Schlussfolgerung aller Dekarbonisierungsszenarien ist der massive Übergang von Brennstoffausgaben (Betriebskosten) zu Investitionsausgaben (Kapitalausgaben). Wichtig ist der Hinweis darauf, dass es sich aus gesamtwirtschaftlicher Sicht um Investitionen handelt, die überwiegend in die heimische Wirtschaft fließen und einen höheren Mehrwert sowie eine höhere Produktion aus unterschiedlichen Industriezweigen bewirken (Automobilindustrie, Stromsektor, Industrie- und Netzausrüstung, energieeffiziente Baustoffe, Bausektor usw.), während, angesichts der starken Abhängigkeit der EU von Einfuhren fossiler Brennstoffe, die Ausgaben für Brennstoffe überwiegend in Drittländer fließen.
- (36) Bei den Szenarien effizienter Technologien liegen die jährlichen Investitionen im Zeitraum 2040-2050 im Durchschnitt um etwa 550 Mrd. EUR höher als beim Referenzszenarium. Gemittelt über einen Zeitraum von 40 Jahren beträgt dieser Anstieg der Investitionsausgaben sowohl im Falle globaler als auch im Falle dezentraler Maßnahmen jährlich etwa 270 Mrd. EUR.
- (37) Die Kehrseite der höheren Investitionen ist ein Rückgang der Brennstoffausgaben in gleichem Umfang. Im Referenzszenarium steigen die Brennstoffausgaben weiter von durchschnittlich etwa 900 Mrd. EUR pro Jahr im Zeitraum 2010-2020 auf etwa 1400 Mrd. EUR im Zeitraum 2040-2050. Ausgehend von den Referenzenergiepreisen verringert die Dekarbonisierung die Brennstoffausgaben um fast 350 Mrd. EUR pro Jahr im Zeitraum 2040-2050. Wegen der kombinierten Wirkung von Einsparungen bei fossilen Brennstoffen und niedrigeren Preisen für solche Brennstoffe ist bei globalen Maßnahmen die Einsparung von Brennstoffausgaben im Vergleich zu den Referenzwerten natürlich noch höher und erreicht etwas mehr als 600 Mrd. EUR jährlich im Zeitraum 2040-2050. Über den gesamten Zeitraum von 40 Jahren betrachtet gehen die Brennstoffausgaben im Durchschnitt jährlich gegenüber den Referenzpreisen um 175 Mrd. EUR (dezentrale Maßnahmen - Referenzenergiepreise) bis 320 Mrd. EUR (globale Maßnahmen - niedrigere Preise für fossile Brennstoffe) zurück, sofern sich die Durchdringung des Verkehrssektors mit Elektrofahrzeugen nicht verzögert.
- (38) Bei einem Ölschock oder hohen Preisen für fossile Brennstoffe läge der erforderliche Investitionsaufwand im Referenzszenarium um etwa 100 Mrd. EUR höher; in den Dekarbonisierungsszenarien hingegen ist eine solche Auswirkung nicht zu verzeichnen. In den Dekarbonisierungsszenarien kombiniert mit hohen Preisen für fossile Brennstoffe sind die Brennstoffausgaben beträchtlich niedriger als im Referenzszenarium kombiniert mit hohen Preisen für fossile Brennstoffe. In dem Szenarium mit hohen Preisen für fossile Brennstoffe wird der Anstieg des

Investitionsaufwands für Klimaschutzmaßnahmen durch den Rückgang der Brennstoffkosten mehr als ausgeglichen.

- (39) Der Anstieg des Kapitalaufwands für die Dekarbonisierung betrifft alle Sektoren (Strom, Industrie, Verkehr und Gebäude). Der in absoluten Zahlen größte Investitionsschub tritt jedoch nicht bei der Stromerzeugung, Netzinfrastruktur oder in der Industrie auf, sondern bei nachfrageseitigen Technologien im Verkehrssektor (vor allem Fahrzeuge) und in Gebäuden (energieeffiziente Baumaterialien und -komponenten, Wärmepumpen, Geräte usw.). Die Wirtschaftszweige, die diese Technologien und Geräte liefern, würden am meisten von der Dekarbonisierung profitieren.
- (40) Umfang und Zusammensetzung des Kapitalaufwands für die Dekarbonisierung in den kommenden Jahrzehnten werfen wichtige politische Fragen dahingehend auf, wie selbst mit starken Anreizen zur CO<sub>2</sub>-Einsparung Finanzierungshindernisse, insbesondere für die Endnutzer von Verkehr und Gebäuden, überwunden werden können. Hier wären innovative Finanz- und Steuerinstrumente notwendig, wie zinsvergünstigte Darlehen, Zuschüsse zur Deckung eines Teils der Investitionen in Energiesparmaßnahmen und Steuernachlässe, um private Investitionen in CO<sub>2</sub>-arme Technologien anzustoßen. Darüber hinaus müsste ein größerer Anteil der Mittel für die Regionalentwicklung innerhalb des EU-Haushalts für Politikinstrumente vorgesehen werden, die private Mittel mobilisieren.

### ***Energieressourcen, Energieeffizienz und Energieversorgungssicherheit***

- (41) In den Dekarbonisierungsszenarien würde sich die Energieressourceneffizienz der EU beträchtlich verbessern, was darüber hinaus Vorteile in Bezug auf die Energieversorgungssicherheit hätte, da namentlich weniger fossile Brennstoffe verbraucht und eingeführt würden. Der Gesamtprimärenergieverbrauch ginge auf 1650 Mio. t RÖE im Jahr 2030 und auf etwa 1300 bis 1350 Mio. t RÖE im Jahr 2050 zurück, gemessen an über 1800 Mio. t RÖE im Jahr 2005. Es würden mehr heimische Energieressourcen genutzt, insbesondere erneuerbare Energien, und die Gesamtenergieeinfuhren gingen bis 2050 um mehr als die Hälfte (gemessen an 2005) zurück. Ab 2025 würde dies eine völlige Umkehr des Trends zur wachsenden Abhängigkeit von Brennstoffeinfuhren bewirken, die bis 2050 auf weniger als 35 % zurückginge. Die Kosten der Öleinfuhren würden im Vergleich zu heute bis 2050 mindestens halbiert und im Vergleich zum Referenzszenarium sogar um etwa 80 % gesenkt, das sind mindestens 400 Mrd. EUR.
- (42) Hier sei angemerkt, dass dieser geringere Verbrauch von Primärenergie im Wesentlichen auf den technologischen Wandel auf der Nachfrageseite zurückzuführen ist und nicht auf geringere Energiedienstleistungen. Dabei handelt es sich als Erstes um effizientere Gebäude, Heizungsanlagen und Fahrzeuge, was später durch die Elektrifizierung von Verkehr und Heizung verstärkt wird, wodurch sehr effiziente nachfrageseitige Technologien (Steckdosen-Hybridfahrzeuge, Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen) mit einem weitgehend dekarbonisierten Stromsektor kombiniert werden.
- (43) Wenn die EU bis 2020 das Ziel einer Energieeinsparung um 20 % erreicht, kann sie bis zu diesem Zeitpunkt die EU-weiten Emissionen um mindestens 25 % verringern.

- (44) Mit der Dekarbonisierung werden die Risiken für die Sicherheit der Versorgung mit fossilen Brennstoffen deutlich gesenkt; die weitgehende Elektrifizierung kombiniert mit dezentraler Stromerzeugung geht jedoch mit anderen Herausforderungen und Chancen einher. Der Energiefahrplan bis 2050 geht genauer auf diese Fragen ein.

### ***Stromsektor***

- (45) Während die Endenergienachfrage in allen Sektoren deutlich zurückgeht, steigt der Stromverbrauch bis 2050 weiter an. Dies ist auf zwei gegenläufige Trends zurückzuführen:

- mehr Effizienzverbesserungen auf der Nachfrageseite
- vor allem nach 2025 steigende Nachfrage bei Heizung und Verkehr, die durch die breite Anwendung effizienter nachfrageseitiger Technologien ausgelöst wird (z. B. Steckdosen-Hybridfahrzeuge, Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen).

Das Tempo des Anstiegs ist jedoch vergleichbar mit den historischen Trends der letzten 20 Jahre, auch wenn allmählich ein beträchtlicher Teil des Verkehrs- und Wärmesektors von Öl und Gas auf Strom umsteigt.

- (46) Auf der Angebotsseite steigt der Anteil CO<sub>2</sub>-armer Technologien am Strommix (erneuerbare Energieträger, fossile Brennstoffe und CCS, Kernenergie) rapide von derzeit 45 % auf 60 % im Jahr 2020 (als Folge der vollständigen Umsetzung des Klima- und Energiepakets), 75 – 80 % im Jahr 2030 und beinahe 100 % im Jahr 2050. Da ein höherer Kapitaleaufwand und niedrigere Brennstoffkosten kennzeichnend sind für CO<sub>2</sub>-arme Stromerzeugungstechnologien, sind hohe Investitionen in die Stromerzeugung und in die Netzerweiterung erforderlich. Wie in anderen Sektoren lautet die zentrale politische Frage, wie diese Investitionen am besten möglich gemacht werden.

### ***Verkehr***

- (47) Energieeffizienz leistet einen der wichtigsten Beiträge zur Dekarbonisierung des Verkehrs. Der Analyse zufolge trägt trotz stetig steigender Verkehrsleistungen die höhere Effizienz von Fahrzeugen bis 2025 am meisten dazu bei, den Trend steigender THG-Emissionen umzukehren und die THG-Emissionen des bodengebundenen Verkehrs bis 2030 auf Werte unter denen des Jahres 1990 zurückzuführen. Bei Personenwagen beispielsweise gehen diese Effizienzsteigerungen infolge der allmählichen Hybridisierung nach 2020 über die derzeitigen Rechtsvorschriften für CO<sub>2</sub> und Kraftfahrzeuge hinaus.
- (48) Während die Hybridisierung aus der Sicht höherer Effizienz bis 2025 wichtig ist, ist sie aus technologischer Sicht außerdem ein wesentlicher Schritt, um nach 2025 den Übergang zur Elektromobilität (elektrisch betriebene Fahrzeuge) zu ermöglichen. Für Personenwagen ist dies eine Schlüsseltechnologie, die es ermöglicht, nach 2030 im Verkehrssektor umfangreiche Emissionssenkungen zu erzielen. Für den Luftverkehr und in geringerem Umfang für schwere Nutzfahrzeuge würden Biokraftstoffe vor allem nach 2030 eine wichtigere Rolle spielen.
- (49) Für den Luftverkehr werden nach 2030 Biokraftstoffe eine wichtige Technologie zur Verringerung der THG-Emissionen. Beim Straßenverkehr wäre bis 2020 der größte

Anstieg beim Verbrauch von Biokraftstoffen zu verzeichnen, um das Ziel eines Anteils von insgesamt 20 % erneuerbarer Energien und speziell das 10 %-Ziel für erneuerbare Energien im Verkehrssektor zu verwirklichen. Nach 2020 und bis 2050 setzt sich der Zuwachs fort, aber langsamer als im Zeitraum 2005-2020, wenn dann die Elektromobilität den Markt erfolgreich durchdringt. Sollte dies nicht der Fall sein, müssten Biokraftstoffe an Bedeutung gewinnen, damit Emissionsverringerungen in gleichem Umfang erzielt werden. Solche Zuwächse bei den Biokraftstoffen könnten die Landnutzung, einschließlich der Emissionen aus der Landnutzung, die Biodiversität, die Wasserwirtschaft und die Umwelt im Allgemeinen zunehmend belasten, zumindest, wenn landerzeugte Biokraftstoffe verwendet würden.

- (50) In allen untersuchten Szenarien ist nur eine geringe Auswirkung auf die Gesamtnachfrage nach Verkehrsleistungen zu erkennen. Dies ist zum Teil auf den Modellierungsrahmen zurückzuführen, der THG-Emissionsverringerungen in den Mittelpunkt stellt und verkehrsspezifische Strategien nicht berücksichtigt, die auf ein effizienteres Verkehrssystem, Verkehrsverlagerung und die Verringerung verschiedener externer Effekte wie Staus und Luftverschmutzung abzielen. Solche Strategien können aber als zusätzlichen Nebeneffekt eine Emissionssenkung bewirken. Diese Aspekte werden eingehender in der Folgenabschätzung zum Weißbuch Verkehr behandelt.
- (51) Ein Vergleich zwischen verschiedenen Szenarien lässt eine klare Korrelation zwischen den THG-Emissionsverringerungen im Verkehrssektor und den Emissionen des Stromsektors erkennen. Wenn im Verkehrssektor die THG-Emissionen durch Elektromobilität verringert werden, steigt der Stromverbrauch, was sich auf die Emissionen aus der Stromerzeugung niederschlägt. Auch wenn der Verkehrssektor nicht unter das EHS fällt, würde er so mit der Zeit die Entwicklungen innerhalb des EU-EHS zunehmend beeinflussen.

### ***Bebaute Umwelt***

- (52) Auf Heizung und Kühlung (zwei Drittel) sowie auf Warmwasserbereitung und Kochen (über 20 %) entfällt der größte Energieverbrauch in diesem Sektor, der Rest entfällt im Wesentlichen auf Beleuchtung und Elektrogeräte.
- (53) Die Haupttrends sind denen im Verkehrssektor vergleichbar. Erstens geht die Gesamtenergienachfrage zurück. Die Effizienz, insbesondere die Energiebilanz von Gebäuden, wird besser, da die Passivhaustechnologie allgemein angewendet und die Energiebilanz von Bestandsgebäuden durch Renovierungsarbeiten verbessert wird. Dies setzt recht umfangreiche Investitionen voraus, die mit der Zeit durch niedrigere Energierechnungen amortisiert werden. Eine zentrale politische Frage lautet, wie anfängliche Finanzierungshindernisse überwunden werden können.
- (54) Wie im Verkehrssektor ist ein Energieträgerwechsel größeren Ausmaßes weg von Öl, Gas und Kohle und hin zu Elektrizität und erneuerbaren Energieträgern zu beobachten. Effiziente Wärmepumpen tragen wesentlich zu einer höheren Endnutzereffizienz und zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Intensivität von Energieträgern bei, da sie geothermische Energie und Strom nutzen. Außerdem werden fossile Brennstoffe in beträchtlichem Ausmaß durch Biogas, Biomasse und Solarheizung ersetzt.

### ***Industrie***

- (55) Der kosteneffiziente Beitrag energieintensiver Industriezweige im Szenarium effizienter Technologien dürfte von Emissionssenkungen von rund 35 % im Jahr 2030 auf 85 bis 90 % im Jahr 2050 steigen. Diese Potenziale ergeben sich aus einer Kombination einer weiter rückläufigen Energieintensität mit der Anwendung von CCS für die restlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus energieintensiven Industriezweigen (z. B. Prozessemissionen beispielsweise aus der Stahl- und Zementherstellung) nach 2035.
- (56) Im Kontext dezentraler Maßnahmen, in dem die EU ihre Emissionen deutlich stärker verringert als andere Länder, kommen bestimmten Industriezweigen zusätzliche Investitionen in eine Vielfalt neuer Technologien zugute und ihre Wettbewerbsfähigkeit steigt, da sie den Vorteil haben, Vorläufer zu sein.
- (57) Es wurde jedoch auch untersucht, wie sich eine ehrgeizigere Klimapolitik auf energieintensive Branchen auswirkt. Die Ergebnisse der vorigen makroökonomischen Modellierung wurden erneut betrachtet und bis zum Jahr 2030 verfeinert. Dabei hat sich bestätigt, dass die Auswirkungen auf den Produktionsumfang energieintensiver Industriezweige gering wären, und dass die kostenlose Zuteilung von Emissionszertifikaten energieintensive Industriezweige im EU-EHS auch dann schützt, wenn die EU in einer Welt, in der andere Regionen ihre Ziele weniger hoch stecken, ehrgeizigere Ziele verfolgen würde.
- (58) Damit energieintensive Industriezweige die beschriebenen Reduktionspotenziale nach 2035 ausschöpfen können, müsste allerdings in großem Maßstab CCS eingeführt werden, eine Technologie, deren einziger Vorzug in der Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen besteht, die dafür aber hohe zusätzliche Investitionen und höhere Betriebskosten nach sich zieht.
- (59) Deswegen wird ein Alternativszenarium untersucht, bei dem von energieintensiven Industriezweigen geringere Emissionssenkungen verlangt werden und die Industrieemissionen näher bei den Ergebnissen des Referenzszenarios bleiben, so dass bis 2050 keine Verringerung um -86 % erzielt würde, sondern um etwa -50 %, weil insbesondere CCS keine Standardtechnologie für prozessgebundene Emissionen würde. In einem solchen Szenarium müssten die energieintensiven Industriezweige nicht die Extrakosten für den Einsatz von CCS tragen, die ansonsten im letzten Jahrzehnt auf über 10 Mrd. EUR jährlich ansteigen würden.

### *Landwirtschaft und andere Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen*

- (60) Von 1990 bis 2005 wurden die Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen um ein Viertel und damit deutlich schneller als die CO<sub>2</sub>-Emissionen vermindert. Gegenwärtig machen landwirtschaftliche Emissionen (N<sub>2</sub>O und Methan) mehr als die Hälfte der Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen aus.
- (61) Den Prognosen zufolge sollen nicht aus der Landwirtschaft stammende Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen vor allem vor 2030 beträchtlich zurückgehen. Hauptursache hierfür sind die geringeren N<sub>2</sub>O-Emissionen in unter das EU-EHS fallenden Industriezweigen, die geringeren Methanemissionen, die sich aus der vollständigen Anwendung der

Deponie-Richtlinie ergeben, die Verringerung der FKW-Emissionen<sup>3</sup> und die geringere Freisetzung von Methan im Montan-, Energie- und Industriesektor.

- (62) Mit weiteren Maßnahmen können die landwirtschaftlichen Emissionen weiterhin bis 2030 zurückgehen, wobei sich der Trend nach 2030 verlangsamt. Mit Emissionen von rund 330 Mio. Tonnen im Jahr 2050 (ein Drittel weniger als 2005) entfallen auf die Landwirtschaft rund ein Drittel der restlichen Gesamtemissionen der EU im Jahr 2050. Dieser Anteil ist das Dreifache des Wertes von 2005. Dies macht deutlich, wie wichtig die Landwirtschaft für die Verwirklichung der Dekarbonisierung ist. Wenn die Emissionen bis 2050 nicht um ein Drittel gemessen an 2005 zurückgingen, müssten andere Sektoren sich noch mehr anstrengen.
- (63) Die Untersuchung zeigt deutlich auf, dass mit wachsender weltweiter Nachfrage nach Nahrungsmitteln und einer immer CO<sub>2</sub>-intensiveren Ernährungsweise der Senkung der landwirtschaftlichen Emissionen Grenzen gesetzt sind. Ein potenziell wichtiges Element, das nicht in die quantitative Bewertung eingeflossen ist, sind die möglichen Folgen von Verhaltensänderungen, die den derzeitigen Trend zu einer CO<sub>2</sub>-intensiveren Ernährungsweise umkehren würden. Langfristig könnte ein Übergang zu einer gesünderen Ernährung einen beträchtlichen Rückgang der Methan- und Stickoxid-Emissionen bewirken und den Flächenbedarf für die Landwirtschaft positiv beeinflussen.

#### ***Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft***

- (64) Energie aus Biomasse wird ein wesentlicher Bestandteil der für die kommenden Jahrzehnte prognostizierten zunehmenden Nutzung erneuerbarer Energieträger sein. Im Referenzszenarium steigt die Gewinnung von Bioenergie von 2010 bis 2050 praktisch auf das Doppelte. Im Dekarbonisierungsszenarium beträgt diese Zunahme im selben Zeitraum mehr als das Dreifache. Das zunehmende Angebot an Bioenergie geht hauptsächlich auf die wachsende Produktion von Biokraftstoffen aus Agrarrohstoffen sowie die zunehmende Nutzung von Agrarrückständen, Holzbiomasse und Abfällen zurück.
- (65) Die steigende Nachfrage nach Bioenergie wird sich auf die Landnutzung in der EU auswirken, wobei bis zu einem gewissen Maße eine Konkurrenz mit anderen Endnutzungen wie Nahrungsmittel-, Futtermittel-, Papier- und Holzherzeugung besteht. Darüber hinaus könnte sich die Erzeugung als solche auf die THG-Emissionen in der EU auswirken, indem sie Folgendes verändert: 1) die notwendigen Vorleistungen in der Landwirtschaft, die zu einem Emissionsanstieg führen könnten (z. B. höherer Düngemittleinsatz), 2) die Landnutzung, was zu mehr THG-Emissionen führen könnte (z. B. veränderte Entwaldungs- bzw. Aufforstungsraten oder Umwidmung von Grünland in Ackerland), und 3) die forstwirtschaftlichen Verfahren, wodurch sich die Abgabe und Aufnahme von Gasen in bewirtschafteten Wäldern ändert (z. B. Änderungen der Holzerntezyklen).
- (66) In Europa führen Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft namentlich in Wäldern zu einer Nettobindung von Kohlenstoff. Den Prognosen zufolge leistet diese Nettosenke mit der Zeit deutlich weniger, weil die Wälder altern und zunehmend Holz für die Gewinnung von Bioenergie, die Papierherstellung und

---

<sup>3</sup> F-Gas-Verordnung und Richtlinie über Klimaanlage in Kraftfahrzeugen.



die Holzproduktion entnommen wird. Wenn im Laufe der Zeit die steigende Nachfrage nach Frischholz beispielsweise durch das Recycling von organischen Abfällen und von Papier gedämpft würde, würde dies den Rückgang der Nettosenkenfunktion abschwächen.

- (67) Es bestehen große Ungewissheiten, und zwischen den Sektoren Energie, Forstwirtschaft und Landwirtschaft bestehen komplexe Querbeziehungen, auch auf globaler Ebene. Die Nachfrage nach Bioenergie in der EU kann teilweise auch durch Einfuhren gedeckt werden, wodurch die Folgen die EU weniger, Drittländer dafür potenziell mehr betreffen würden. Es liegt auf der Hand, dass dieses Thema weiterer Aufmerksamkeit und Untersuchungen bedarf. Produktivitätszuwächse in der Landwirtschaft wären sehr wichtig, um dafür zu sorgen, dass diese Zuwächse bei der Bioenergie erreicht werden können, ohne dass andere Endnutzungen von land- oder forstwirtschaftlichen Produkten dadurch zu sehr beeinträchtigt werden. Schließlich muss weiter darauf geachtet werden, wie sich geänderte Bewirtschaftungsverfahren auf die Biodiversität auswirken.

### ***Auswirkungen auf die Beschäftigung***

- (68) Was die Beschäftigung anbelangt, so werden die strukturellen Veränderungen voraussichtlich (zumindest langfristig) keine oder eine leicht positive Wirkung auf die Beschäftigungsquote insgesamt haben, doch sind bedeutende Beschäftigungsveränderungen zwischen und innerhalb von Sektoren zu erwarten, sofern angemessene arbeitsmarktpolitische Maßnahmen durchgeführt werden. Es ist wichtig, Strategien aufzustellen, die für eine positive Gesamtwirkung sorgen und gewährleisten, dass sich Arbeitsplätze auf innovative Sektoren und Berufe mit hohem Wachstumspotenzial verlagern. Die Analyse hat gezeigt, dass höhere Investitionen in kapitalintensive Güter (Stromerzeugungsanlagen, erneuerbare Energieträger, Verkehrsausrüstung, Gebäude und Gebäudekomponenten) eine gesteigerte Produktionsleistung in einer Vielfalt produzierender Sektoren und im Bausektor voraussetzen.
- (69) Veränderungen im Energiesystem, im Verkehrs- und im Wohnungssektor, den Hauptquellen von THG-Emissionen, ziehen eine höhere Nachfrage nach neuen Qualifikationen und Kompetenzen nach sich. Während der Energiesektor aufgrund umfangreicher Investitionen und der Expansion in den Teilsektoren „erneuerbare Energiequellen“ und „Energiemanagement“ besonders stark hiervon betroffen ist, besteht die wichtigste Aufgabe darin, das vorhandene Personal neu zu qualifizieren und seine Kenntnisse auf den neuesten Stand zu bringen. Die Neuqualifizierung beschränkt sich aber nicht nur auf Sektoren mit rückläufigem oder zunehmendem Wachstum, sondern betrifft auch indirekt einbezogene Sektoren wie den Bankensektor.
- (70) Darüber hinaus können Preisbildungsstrategien die intelligente Rückführung von Einkünften ermöglichen, wobei die Beschäftigung vor allem von einer Senkung der Arbeitskosten profitiert. Die Einführung von Preisbildungsstrategien wie die Versteigerung von Emissionszertifikaten in Sektoren, die nicht dem internationalen Wettbewerb ausgesetzt sind, oder die CO<sub>2</sub>-Besteuerung in Sektoren, die nicht unter das EU-EHS fallen, kombiniert mit einer Senkung der Arbeitskosten durch die Rückführung von Einkünften kann ein Netto-Beschäftigungswachstum von 0,7 % im

Vergleich zum Referenzszenarium bewirken; dies ist ein Beschäftigungszuwachs von etwas mehr als 1,5 Mio. Arbeitsplätzen bis 2020.

### *Zusätzliche Vorteile in Bezug auf die Luftqualität*

(71) Insgesamt wurde eine Verbesserung der Luftqualität beobachtet. Die durchschnittliche Luftverschmutzung läge 2030 um 65 % unter den Werten von 2005. Im Jahr 2030 könnten die jährlichen Kosten für die Bekämpfung der herkömmlichen Luftschadstoffe um 10 Mrd. EUR geringer sein. 2050 könnten jährlich sogar knapp 50 Mrd. EUR eingespart werden. Diese Entwicklungen würden auch die Mortalitätsrate senken; die damit verbundenen Vorteile werden 2030 mit etwa 7 bis 17 Mrd. EUR jährlich und 2050 mit 17 bis 38 Mrd. EUR jährlich beziffert. Darüber hinaus käme diese Entwicklung der Gesundheit der Menschen zugute; dadurch gingen die Gesundheitsausgaben zurück und Ökosysteme, Ernten, Materialien und Gebäude würden weniger geschädigt.

(72)