



Studie

Auswirkungen von verschärften Klimaschutzzielen auf Wirtschaftsstruktur sowie Wachstum und Beschäftigung in Deutschland und in der EU

Auftraggeber:
RWE AG, Essen

Projektteam:
Prognos AG
Dr. Michael Schlesinger
Marco Wunsch
Dr. Andreas Kemmler
Vincent Rits

GWS mbH
Dr. Christian Lutz

Basel, Berlin, Osnabrück,
07. Dezember 2009

Die Unternehmen im Überblick

Prognos AG

Geschäftsführer

Christian Böllhoff

Handelsregister

Basel-Stadt Hauptregister CH-270.3.003.262-6

Hauptsitz

Prognos AG

Henric Petri-Str. 9

CH - 4010 Basel

Telefon +41 61 32 73-200

Telefax +41 61 32 73-300

info@prognos.com

www.prognos.com

Weitere Standorte

Prognos AG

Goethestr. 85

D - 10623 Berlin

Telefon +49 30 520059-200

Telefax +49 30 520059-201

Prognos AG

Schwannenmarkt 21

D - 40213 Düsseldorf

Telefon +49 211 887-3131

Telefax +49 211 887-3141

Prognos AG

Sonnenstraße 14

D - 80331 München

Telefon +49 89 515146-170

Telefax +49 89 515146-171

Prognos AG

Wilhelm-Herbst-Straße 5

D - 28359 Bremen

Telefon +49 421 2015-784

Telefax +49 421 2015-789

Prognos AG

Square de Meeus 37

B - 1000 Brüssel

Telefon +32 2 791 77-34

Telefax +32 2 791 79-00

Prognos AG

Friedrichstraße 15

D - 70182 Stuttgart

Telefon +49 711 2194-245

Telefax +49 711 2194-219

GWS mbH

Geschäftsführer

Prof. Dr. Bernd Meyer, Dr. Christian Lutz

Handelsregister

Amtsgericht Osnabrück, HRB 18184

Hauptsitz

GWS mbH

Heinrichstrasse 30

D-49080 Osnabrück

Telefon: +49 541 40933-0

Telefax: +49 541 40933-11

info@gws-os.de

www.gws-os.de

Management Summary

Die **Treibhausgasemissionen** sollen in der EU bis 2020 um 20 % gegenüber 1990 reduziert, die Energieeffizienz soll um 20 % erhöht werden und der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoenergieverbrauch soll auf 20 % steigen.

Wenn in Kopenhagen ein **internationales Klimaschutzabkommen** erreicht wird und sich andere Länder zu vergleichbaren Minderungszielen verpflichten, sollen die Treibhausgasemissionen der EU bis 2020 gegenüber 1990 um 30 % reduziert werden. Deutschland will bei einer 20 %igen Reduktion der EU seine Treibhausgase zwischen 1990 und 2020 um 30 % reduzieren, bei einer 30 %igen Reduktion der EU um 40 %.

Die folgende Studie untersucht die **Konsequenzen**, die eine verschärfte Klimaschutzpolitik auf Wirtschaft, Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und der EU hat.

Die Untersuchung basiert auf folgenden vier skizzierten Szenarien:

Tabelle S-1: Untersuchte Szenarien

	Internationales Klimaabkommen/ gleichwertig	CO ₂ -Minderung (1990-2020) *	CO ₂ -Preis im Vergleich zum Preis in Europa	Kernenergie in Deutschland
Referenz-Szenario	Nein/-	EU-27: 20 % DE: 30 %	Industriestaaten: 25 % Schwellenländer: 0 % Entwicklungsländer: 0 %	Ausstieg
Reduktions-Szenario A	Ja/ Nein	EU-27: 30 % DE: 40 %	Industriestaaten: 25 % Schwellenländer: 0 % Entwicklungsländer: 0 %	Ausstieg
Reduktions-Szenario B	Ja/ Nein	EU-27: 30 % DE: 40 %	Industriestaaten: 25 % Schwellenländer: 0 % Entwicklungsländer: 0 %	Laufzeitverlängerung für alle bestehenden KKW
Reduktions-Szenario C	Ja/ Ja	EU-27: 30 % DE: 40 %	Industriestaaten: 100 % Schwellenländer: 25 % Entwicklungsländer: 0 %	Laufzeitverlängerung für alle bestehenden KKW

* CO₂-Äquivalente

Prognos / GWS 2009

Energiewirtschaftliche Konsequenzen

Die Szenarienergebnisse zeigen den Einfluss des europaweiten CO₂-Minderungsziels auf **die konventionelle Stromerzeugung**. Im Referenzszenario behält die Braun- und Steinkohleverstromung im Vergleich zu 2005 bis zum Jahr 2020 eine relativ stabile Wettbewerbsposition. Erdgas gewinnt geringe Anteile in der Stromerzeugung hinzu. Bei verstärkten Klimaschutzanstrengungen wächst die Erzeugung aus Gaskraftwerken bis zum Jahr 2020 um etwa die Hälfte und verdrängt im Wesentlichen Stromerzeugung aus Braun-

kohle und aus Steinkohle, die gegenüber dem Jahr 2005 um jeweils etwa ein Drittel zurückgehen.

Im Szenario mit einer **Laufzeitverlängerung** der deutschen Kernkraftwerke steigt die Stromerzeugung aus Erdgas bis 2020 um 23 %, während die Kohlestromerzeugung um 25 % zurückgeht.

Im Vergleich zur Referenzentwicklung steigen der **Gasbedarf** und infolgedessen die Erdgasimporte der EU für die Stromerzeugung, da innerhalb der EU die Erdgasförderung nicht mehr ausgeweitet werden kann. Der Anstieg des Gasbedarfs fällt aber aufgrund der zukünftig höheren Wirkungsgrade neuer Erdgaskraftwerke schwächer aus als die Zunahme der Erdgasbasierten Stromerzeugung.

In allen Szenarien steigt der **CO₂-Preis** infolge der Zertifikateverknappung kontinuierlich an. Im Referenzszenario ergibt sich ein Preis von 31 Euro₂₀₀₈ pro Tonne CO₂ im Jahr 2020. Das Reduktionsziel von 30 % führt zu einem CO₂-Preis von 43 Euro₂₀₀₈. Bei einer gleichzeitigen Laufzeitverlängerung der deutschen Kernkraftwerke, steigt der CO₂-Preis nur auf 38 Euro₂₀₀₈ pro Tonne.

Folgen für Wirtschaft und Beschäftigung

In der **Referenzentwicklung** führt die Berücksichtigung der aktuellen Wirtschafts- und Finanzkrise dazu, dass Bruttoinlandsprodukt, Stromverbrauch und CO₂-Emissionen auch im Jahr 2020 niedriger sind als in früheren Projektionen unterstellt. Das 20 %-THG-Minderungsziel der EU wird in diesem Referenzszenario erreicht. Die Kosten dieser Zielerreichung sind in den weiteren Betrachtungen nicht enthalten.

Der Vergleich von Szenario A mit der Referenz zeigt die Wirkungen einseitig verschärfter Klimaschutzziele der EU. Danach liegt das **Bruttoinlandsprodukt** in der EU im Jahr 2020 um rund 0,5 % oder 61 Mrd. Euro₂₀₀₈ unter dem Wert der Referenz. Überdurchschnittliche BIP-Verluste weisen Deutschland (19 Mrd. Euro₂₀₀₈) und Polen auf. Der Beschäftigungsverlust liegt in Deutschland bei rund 55 Tausend Arbeitsplätzen. Darüber hinaus fallen Löhne und Gehälter der Arbeitsplatzinhaber niedriger aus.

Der Vergleich von Szenario B mit Szenario A zeigt die **Effekte einer Laufzeitverlängerung** von Kernkraftwerken in Deutschland bei jeweils verschärftem Klimaschutz. Das Bruttoinlandsprodukt Deutschlands könnte dadurch im Jahr 2020 um 0,8 % (21 Mrd. Euro₂₀₀₈) höher liegen als bei Kernenergieausstieg. Die Beschäftigung wäre um 80.000 Personen höher. Auch die übrigen europäischen Volkswirtschaften würden von der Laufzeitverlängerung leicht profitieren. Für die EU-27 liegt das BIP im Jahr 2020 um 46 Mrd. Euro₂₀₀₈ über dem Wert von Szenario A.

Der Vergleich von Szenario C mit Szenario B beschreibt schließlich die **Wirkungen eines gleichwertigen internationalen Klimaschutzabkommens** (level playing field) im Vergleich zu einer ein-

seitigen Belastung der EU. Deutschland und Polen sind wiederum diejenigen Mitgliedsstaaten, die ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit dadurch verbessern können. Entsprechend liegen die Exporte und damit auch das BIP durch das gleichwertige Klimaschutzabkommen höher, in Deutschland um 0,4 % oder fast 12 Mrd. Euro₂₀₀₈. Für die EU-27 macht der Effekt im Jahr 2020 34 Mrd. Euro₂₀₀₈ aus.

Das **Szenariodesign** ist an verschiedenen Punkten auf kostengünstigen Klimaschutz angelegt. So wird eine Zielerreichung beim Ausbau der erneuerbaren Energien, eine ambitionierte Emissionsminderung im Nicht-ETS-Sektor und die Nutzung flexibler Mechanismen wie CDM unterstellt. Ohne diese Entwicklungen könnten die volkswirtschaftlichen Effekte einer einseitigen Klimaschutzpolitik deutlich stärker ausfallen.

Die folgende Tabelle zeigt die wesentlichen Ergebnisse der Studie im Überblick. Die volkswirtschaftlichen Effekte sind jeweils im Vergleich zu dem darüberliegenden Szenario ausgewiesen:

Tabelle S-2: Wesentliche Szenarienergebnisse für das Jahr 2020

Szenario	CO ₂ -Preis Euro ₂₀₀₈ /t	Stromgroßhandelspreis Euro ₂₀₀₈ /MWh	BIP in Mrd. Euro ₂₀₀₈ Gegenüber dem darüberliegenden Szenario	Beschäftigung in 1000 Gegenüber dem darüberliegenden Szenario	Erdgasanteil an der Nettostromerzeugung	Kohleanteil an der Nettostromerzeugung
Referenz	31	EU: 66 DE: 75	-	-	EU: 20 % DE: 20 %	EU: 24 % DE: 40 %
Reduktions-Szenario A	43	EU: 72 DE: 81	EU: - 61 DE: - 19	EU: -182 DE: -55	EU: 27 % DE: 32 %	EU: 17 % DE: 27 %
Reduktions-Szenario B	38	EU: 68 DE: 71	EU: +46 DE: +21	EU: +219 DE: +80	EU: 22 % DE: 16 %	EU: 19 % DE: 25 %
Reduktions-Szenario C	38	EU: 68 DE: 71	EU: +34 DE: +12	EU: +250 DE: +82	EU: 22 % DE: 16 %	EU: 19 % DE: 25 %

Prognos / GWS 2009

Die **Analyse** zur Ausgestaltung des **Klimaregimes** zeigt, dass ein ambitioniertes internationales Klimaschutzabkommen das wirksamste Mittel zur Vermeidung von Carbon Leakage ist. Durch die Festlegung verbindlicher Emissionsobergrenzen für alle Handelspartner werden globale Preissignale für CO₂-Emissionen gebildet. Die CO₂-bedingten Kostendifferenzen können noch stärker abgebaut werden, wenn die Handelspartner ebenfalls Handelssysteme einführen und diese mit dem europäischen ETS verknüpfen. Eine Voraussetzung zur Vermeidung von Carbon Leakage sind verbindliche Zusagen aller Industrie- und Schwellenländer.

Inhalt

Management Summary	I
Verzeichnis der Tabellen	V
Verzeichnis der Abbildungen	VII
1 Ziel des Projekts und Aufbau des Berichts	1
2 Methodik	2
2.1 Vorgehen	2
2.2 Abgrenzungen	4
3 Definition der Szenarien	5
3.1 Definitionen der Szenarien	5
3.2 Allgemeine Rahmendaten	6
3.3 Nachfrage	6
3.4 Brennstoffpreise	7
3.5 EU-Emissionshandel	9
3.6 Ausbau der Erneuerbaren Energien in Europa	14
4 Konsequenzen für die Stromerzeugung	15
4.1 Konsequenzen für die Stromerzeugung in Europa	15
4.2 Konsequenzen für die Stromerzeugung in Deutschland	20
4.3 Entwicklung des CO ₂ -Zertifikatepreises und des Strompreises	25
5 Ökonomische Konsequenzen	29
5.1 Sozioökonomischer Rahmen in der Referenz	29
5.2 Interpretation der Szenarien	30
5.3 Internationaler Ergebnisüberblick	31
5.4 Ergebnisse für Deutschland	41
5.5 Ausgewählte Ergebnisse für andere EU-Staaten (FR, UK, PL)	46
Literaturverzeichnis	50
Anhang	52
Anhang A: Ausgestaltung eines internationalen Klimaregimes	52
Anhang A: Technische und wirtschaftliche Charakteristika der Großkraftwerke	64
Anhang B: Stromerzeugung und Erneuerbaren Energien Europa	65
Anhang C: Modellbeschreibung GINFORS (GWS)	67
Anhang D: Modellbeschreibung europäisches Kraftwerksparkmodell	69
Anhang E: Umrechnungsfaktoren	71

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle S-1:	Untersuchte Szenarien	I
Tabelle S-2:	Wesentliche Szenarienergebnisse für das Jahr 2020	III
Tabelle 3-1:	Untersuchte Szenarien	6
Tabelle 5-1:	Gesamtwirtschaftliche Entwicklung in der Referenz	29
Tabelle 5-2:	Interpretation der Szenarienvergleiche	31
Tabelle 5-3:	Überblick über die Szenarienergebnisse für die EU-27	36
Tabelle 5-4:	Gesamtwirtschaftliche Effekte für Deutschland im Szenario A	41
Tabelle 5-5:	Sektorale Produktionseffekte für Deutschland im Szenario A	42
Tabelle 5-6:	Sektorale Beschäftigungseffekte für Deutschland im Szenario A	42
Tabelle 5-7:	Gesamtwirtschaftliche Effekte für Deutschland im Szenario B im Vergleich zur Referenz	44
Tabelle 5-8:	Gesamtwirtschaftliche Effekte für Deutschland im Szenario B im Vergleich zu Szenario A	44
Tabelle 5-9:	Gesamtwirtschaftliche Effekte für Deutschland im Szenario C im Vergleich zur Referenz	45
Tabelle 5-10:	Gesamtwirtschaftliche Effekte für Deutschland im Szenario C im Vergleich zu Szenario B	46
Tabelle 5-11:	Sektorale Produktionseffekte für Frankreich im Szenario A	47
Tabelle 5-12:	Sektorale Produktionseffekte für das Vereinigte Königreich im Szenario A	47
Tabelle 5-13:	Sektorale Produktionseffekte für Polen im Szenario A	48
Tabelle 5-14:	Sektorale Beschäftigungseffekte für Frankreich im Szenario A	48
Tabelle 5-15:	Sektorale Beschäftigungseffekte für das Vereinigte Königreich im Szenario A	49
Tabelle A-1:	Sektorale Produktionseffekte im Jahr 2020 für Deutschland im Szenario C gegenüber Szenario B, Abweichungen	55
Tabelle A-2:	Sektorale Beschäftigungseffekte im Jahr 2020 für Deutschland im Szenario C gegenüber Szenario B	56

Tabelle A-3:	Energiebedingte CO ₂ -Emissionen	62
Tabelle A-4:	BIP in Mrd. US Dollar 2000 (Kaufkraftparitäten)	63
Tabelle A-5:	Investitionskosten (ohne Bauzeitinsen),	64
Tabelle A-6:	Netto Wirkungsgrade bei optimalem Anlagebetrieb	64
Tabelle A-7:	Nettostromerzeugung in Europa bis 2030	65
Tabelle A-8:	Erneuerbaren Energien in Europa bis 2030	66
Tabelle A-9:	Vorsatzzeichen und entsprechende Faktoren	71
Tabelle A-10:	Umrechnungsfaktoren Energieeinheiten	71

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 2-1:	Untersuchungsablauf	2
Abbildung 2-2:	Vorgehen und Modellstruktur	3
Abbildung 3-1:	Entwicklung der Stromerzeugung in der EU-27	7
Abbildung 3-2:	Entwicklung des Ölpreises bis 2020	8
Abbildung 3-3:	Entwicklung der Importpreise für Erdöl, Erdgas und Steinkohle	9
Abbildung 3-4:	CO ₂ -Cap für den ETS-Sektor ohne CDM/JI	10
Abbildung 3-5:	CO ₂ -Cap für den ETS-Sektor inkl. CDM/JI	11
Abbildung 3-6:	CO ₂ -Cap für den ETS-Sektor inkl. CDM/JI im 20 %-Szenario	13
Abbildung 3-7:	CO ₂ -Cap für den ETS-Sektor inkl. CDM/JI im 30 %-Szenario	13
Abbildung 4-1:	Stromerzeugung nach Energieträgern in der EU-27 im Referenzszenario	15
Abbildung 4-2:	CO ₂ -Ausstoß der Stromerzeugung und Fernwärmeerzeugung in der EU-27 im Referenzszenario	16
Abbildung 4-3:	Stromerzeugung nach Energieträgern in der EU-27, Reduktionszenario A (ohne KKW-Verlängerung)	17
Abbildung 4-4:	CO ₂ -Ausstoß der Stromerzeugung und Fernwärmeerzeugung in der EU-27 im Reduktionszenario A (ohne KKW-Verlängerung)	18
Abbildung 4-5:	Stromerzeugung nach Energieträgern in der EU-27, Reduktionszenario B und C (mit KKW-Verlängerung)	19
Abbildung 4-6:	CO ₂ -Ausstoß nach Energieträgern in der EU-27, Reduktionszenario B (KKW-Verlängerung)	20
Abbildung 4-7:	Stromerzeugung in Deutschland im Referenzszenario, 2005 bis 2020	21
Abbildung 4-8:	CO ₂ -Ausstoß nach Energieträgern in Deutschland, Referenzszenario, 2005 bis 2020	22
Abbildung 4-9:	Stromerzeugung in Deutschland im Reduktionsszenario A, 2005 bis 2020	23
Abbildung 4-10:	CO ₂ -Ausstoß nach Energieträgern in Deutschland, Reduktionsszenario A, 2005 bis 2020	23

Abbildung 4-11:	Stromerzeugung in Deutschland im Reduktionsszenario B und C, 2005 bis 2020	24
Abbildung 4-12:	CO ₂ -Ausstoß nach Energieträgern in Deutschland, Reduktionsszenario B und C, 2005 bis 2020	25
Abbildung 4-13:	Entwicklung des CO ₂ -Zertifikatepreis bis zum Jahr 2020	26
Abbildung 4-14:	Entwicklung der Großhandelsstrompreise in der EU-27 bis zum Jahr 2020	27
Abbildung 4-15:	Entwicklung der Großhandelsstrompreise in Deutschland bis zum Jahr 2020	28
Abbildung 5-1:	Abweichung des Bruttoinlandsprodukts in ausgewählten Ländern in Szenario A gegenüber der Referenz im Jahr 2020	32
Abbildung 5-2:	Abweichung des Bruttoinlandsprodukts in ausgewählten Ländern in Szenario B gegenüber Szenario A im Jahr 2020	34
Abbildung 5-3:	Abweichung des Bruttoinlandsprodukts in ausgewählten Ländern in Szenario C gegenüber Szenario B im Jahr 2020	35
Abbildung 5-4:	Abweichung des Bruttoinlandsprodukts der EU-27 in den drei Szenarien von der Referenz	37
Abbildung 5-5:	Abweichung der Beschäftigung in der EU-27 in den drei Szenarien von der Referenz	38
Abbildung 5-6:	Abweichung des Bruttoinlandsprodukts in ausgewählten Ländern in den drei Szenarien gegenüber der Referenz im Jahr 2020	39
Abbildung 5-7:	Sektorale Preiseffekte für Deutschland im Szenario A – Abweichungen von der Referenz	43
Abbildung A-1:	Beschreibung Kraftwerksmodell der Prognos AG	70

1 Ziel des Projekts und Aufbau des Berichts

Die **Treibhausgasemissionen** sollen in der EU bis 2020 um 20 % gegenüber 1990 reduziert, die Energieeffizienz soll um 20 % erhöht werden (gegenüber der bislang prognostizierten Entwicklung eines Business-As-Usual-Szenarios) und der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoenergieverbrauch soll auf 20 % steigen.

Wenn in Kopenhagen ein **internationales Klimaschutzabkommen** erreicht wird und sich andere Länder zu vergleichbaren Minderungszielen verpflichten, sollen die Treibhausgasemissionen der EU bis 2020 gegenüber 1990 um 30 % reduziert werden. Deutschland will bei einer 20 %igen Reduktion der EU seine Treibhausgase zwischen 1990 und 2020 um 30 % reduzieren, bei einer 30 %igen Reduktion der EU um 40 %.

Es stellt sich die Frage, welche Konsequenzen solche Reduktionsziele auf Wirtschaft, Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und der EU haben. Zudem haben die Minderungsziele energiewirtschaftliche Konsequenzen hinsichtlich des Energiemixes, der CO₂- und der Großhandelsstrompreise. Die Auswirkungen hängen entscheidend von der Ausgestaltung des Klimaregimes ab.

Hieraus abgeleitet sind die Ziele des Projektes:

- Quantifizierung der ökonomischen und energiewirtschaftlichen Konsequenzen verschärfter Klimaschutzziele für Deutschland und Europa bis 2020;
- Analyse ausgewählter Aspekte der Ausgestaltung eines internationalen Klimaregimes.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind im vorliegenden Bericht, der aus fünf Kapiteln besteht, aufbereitet. In Kapitel 2 wird zunächst das methodische Vorgehen erläutert. Im 3. Kapitel werden die Rahmenbedingungen und Voraussetzungen der einzelnen Szenarien beschrieben. Die Konsequenzen für die Stromerzeugung bis 2020 werden nach den einzelnen Szenarien im Kapitel 4 analysiert. Kapitel 5 stellt die gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Auswirkungen für die einzelnen Szenarien dar. Die Anforderungen an ein Klimaabkommen werden in zudem im Anhang A dargestellt.

2 Methodik

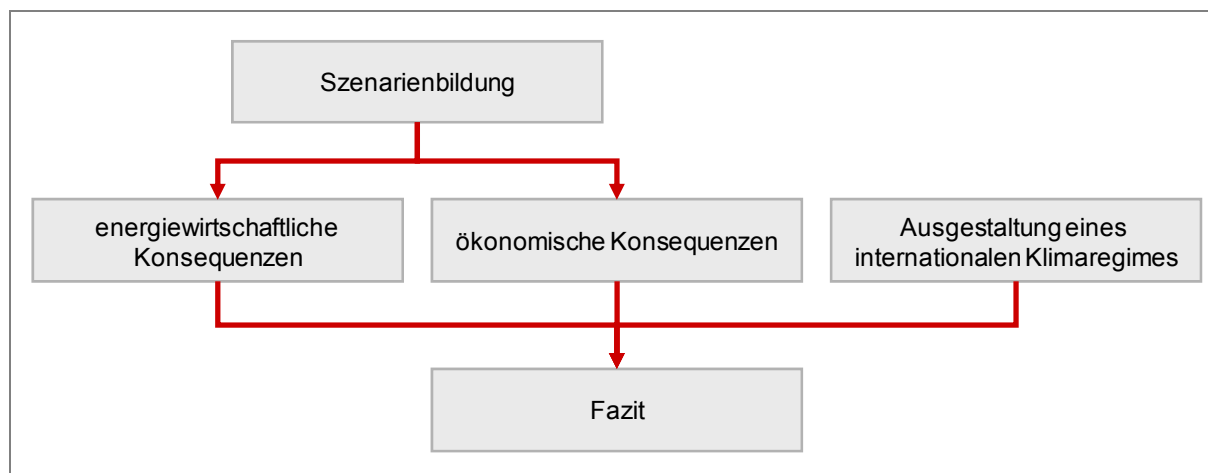
2.1 Vorgehen

Die Studie setzt sich aus fünf Phasen zusammen:

1. Definitionen der Szenarien:
Rahmendaten, politischer Rahmen, technische Parameter
2. Ermittlung der Konsequenzen für Energiemix, THG-Emissionen, CO₂-Preise, Strompreise und Klimaschutzkosten
3. Ermittlung der quantitativen Wirkungen auf Wirtschaft, Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und der EU
4. Ausgestaltung eines internationalen Klimaregimes:
Analyse und Vorschläge
5. Ableitung von Schlussfolgerungen

Der Ablauf ist in Abbildung 2-1 schematisch dargestellt.

Abbildung 2-1: Untersuchungsablauf

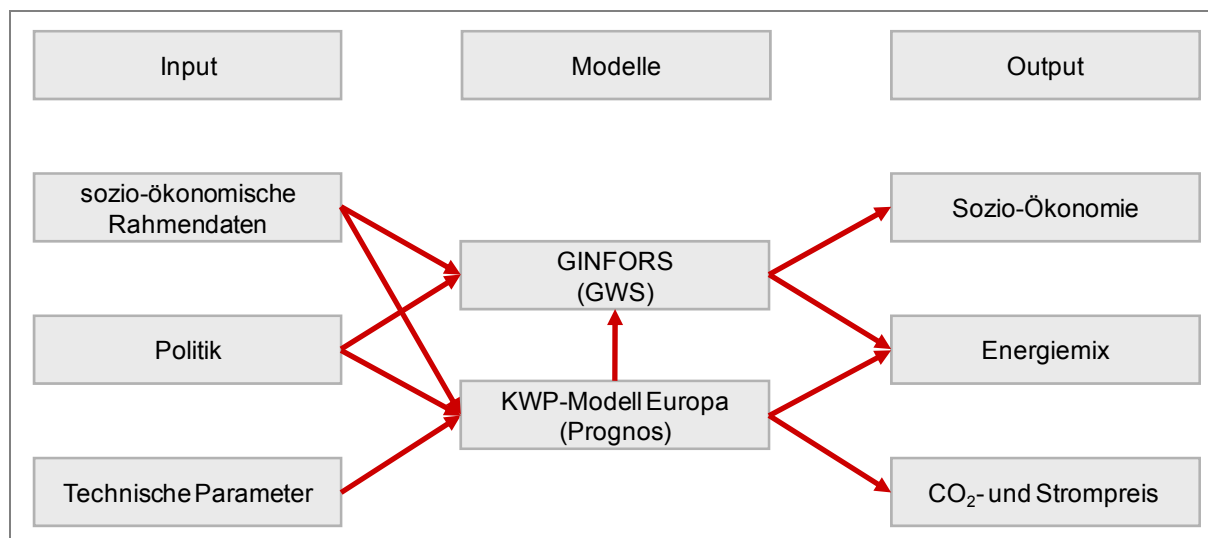


Prognos / GWS 2009

Die Phasen 2 und 3 werden anhand des GWS-Modells GINFORS bzw. des Prognos-EU-Kraftwerksparkmodells durchgeführt (siehe eine kurze Beschreibung in den Anhängen C und D). Den Zusammenhang zwischen Input, Modellen und Output zeigt die Abbildung 2-2. Das Kraftwerksparkmodell liefert die Strompreise und die Stromerzeugung nach Energieträgern für die einzelnen EU-Staaten und den CO₂-Zertifikatspreis als Input für die makroökonomischen Berechnungen mit GINFORS. Die gesamtwirtschaftlichen Entwicklungen in beiden Modellen sind aufeinander abgestimmt. Der Energiemix außerhalb des Kraftwerksparks wird in GINFORS bestimmt.

Die qualitativen Teile wurden aus der aktuellen Literatur sowie durch spezifische Recherche aufgearbeitet.

Abbildung 2-2: Vorgehen und Modellstruktur



Prognos / GWS 2009

In der hier vorliegenden Studie ist der Zeithorizont, den Reduktionszielen entsprechend, 2020. Eine alleinige Betrachtung des ETS-Sektors für diesen Zeitraum bis zum Jahr 2020 zur Bestimmung des CO₂-Preises mit dem Kraftwerksparkmodell würde jedoch zu ungenügenden Ergebnissen führen.

Der CO₂-Preis im Emissionshandelssektor (Emissions Trading System ETS) wird durch die vorhandene Zertifikatmenge, den CO₂-Ausstoß im Kraftwerkssektor und in den verpflichteten Industrieanlagen sowie durch die Emissionen des Luftverkehrs unter Berücksichtigung der Grenzvermeidungskosten bestimmt. Für eine realistische Berechnung des CO₂-Preises für den Zeitraum bis zum Jahr 2020 ist eine zeitlich darüber hinaus gehende Betrachtung notwendig. Aufgrund der aktuellen Wirtschaftskrise ist die aktuelle Zertifikateausstattung für den gesamten ETS-Sektor bis zum Jahr 2020 sehr auskömmlich. Das 20 %- und auch das 30 %-Minderungsszenario wären bei einer bis zum Jahr 2020 isolierten Betrachtung relativ leicht und mit niedrigen CO₂-Preisen zu erreichen. Und sofern nach 2020 wieder eine Übertragungsmöglichkeit von CO₂-Zertifikaten eingeräumt würde, würde der Markt schon vor dem Jahr 2020 mit verstärkten CO₂-Minderungsanstrengungen reagieren.

Um dieses vom Markt zu erwartende Verhalten abzubilden wird bei der Berechnung des CO₂-Preises deshalb für den erweiterten Zeitraum 2008-2030 ein Gleichgewicht von Zertifikaten und CO₂-Ausstoß unterstellt.

Alle relevanten Einflussfaktoren für die Entwicklung des CO₂-Systems werden in dieser Studie bis zum Jahr 2030 ermittelt, die Modellergebnisse zum Kraftwerkspark stellen dann den berechneten Ausschnitt bis zum Jahr 2020 dar.

2.2 Abgrenzungen

Die Analyse wurde unter folgenden Annahmen erstellt:

- Angesichts der für das Projekt geltenden zeitlichen Restriktionen lassen sich für die einzelnen Größen belastbare Tendenzaussagen ableiten, nicht aber detaillierte Ergebnisse.
- Für die verschiedenen Kenngrößen der einzelnen Technologien werden in einem typologischen Ansatz durchschnittliche Kosten, Leistungen und Wirkungsgrade unterstellt, auch wenn diese in der Realität Streubreiten aufweisen können.
- CCS spielt für Großkraftwerke bis 2020 keine Rolle. Entsprechende Einsätze und Kosten werden bei den Berechnungen nicht angesetzt.

3 Definition der Szenarien

In den folgenden Abschnitten werden die untersuchten Szenarien und ihre zugehörigen Rahmenbedingungen beschrieben.

3.1 Definitionen der Szenarien

Die Szenarien werden durch Variation dreier Parameter gebildet:

- Erreichung eines internationalen Klimaabkommens und damit zusammenhängende Minderungsziele:

Variation der Reduktionziele der Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 für Europa und Deutschland in Abhängigkeit vom in Kopenhagen erreichten internationalen Klimaabkommen.

- Gleichwertigkeit des internationalen Klimaabkommens:

Diese wird in dieser Studie über das Verhältnis des CO₂-Preises in den Schwellenländern und den Industriestaaten außerhalb Europas im Vergleich zum CO₂-Preis in Europa ausgedrückt.

Beispiel Reduktionsszenario C (vgl. Tabelle 3-1): Würde der CO₂-Preis in Europa 40 Euro/t CO₂ betragen, dann läge der Preis in den anderen Industriestaaten bei ebenfalls 40 Euro/t CO₂, in den Schwellenländern (vor allem China, Indien und Brasilien) bei 10 Euro/t CO₂ und in den Entwicklungsländern bei 0 Euro/t CO₂. Diese Gleichwertigkeit würde bei Etablierung eines einheitlichen Emissionshandelsystems für die Industrieländer realisiert, das im Koalitionsvertrag als Zwischenziel hin zu einem globalen Kohlenstoffmarkt aufgeführt wird.

- Laufzeit der Kernkraftwerke in Deutschland:

Ausstieg aus der Kernenergie in Deutschland gemäß der Vereinbarung vom 14. Juni 2000 oder eine Laufzeitverlängerung für alle bestehenden Kernkraftwerke um 20 Jahre.

Vier Szenarien wurden durch Kombination obenstehender Parameter ausgewählt, welche in Tabelle 3-1 definiert sind.

Tabelle 3-1: Untersuchte Szenarien

	Internationales Klimaabkommen/ gleichwertig	CO ₂ -Minderung (1990-2020) *	CO ₂ -Preis im Vergleich zum Preis in Europa	Kernenergie in Deutschland
Referenz-Szenario	Nein/-	EU-27: 20 % DE: 30 %	Industriestaaten: 25 % Schwellenländer: 0 % Entwicklungsländer: 0 %	Ausstieg
Reduktions-Szenario A	Ja/ Nein	EU-27: 30 % DE: 40 %	Industriestaaten: 25 % Schwellenländer: 0 % Entwicklungsländer: 0 %	Ausstieg
Reduktions-Szenario B	Ja/ Nein	EU-27: 30 % DE: 40 %	Industriestaaten: 25 % Schwellenländer: 0 % Entwicklungsländer: 0 %	Laufzeitverlängerung für alle bestehenden KKW
Reduktions-Szenario C	Ja/ Ja	EU-27: 30 % DE: 40 %	Industriestaaten: 100 % Schwellenländer: 25 % Entwicklungsländer: 0 %	Laufzeitverlängerung für alle bestehenden KKW

* CO₂-Äquivalenten

Prognos / GWS 2009

3.2 Allgemeine Rahmendaten

Die Bevölkerungszahl in der EU steigt, nach EU TREN 2007, von heute (2007) rund 495 Mio. bis 2020 auf 496,4 Mio. Personen. Die Zahl der Einwohner in den neuen Mitgliedstaaten sinkt zwischen 2005 und 2020 jedoch um etwa 7,5 Mio. Personen. Das entspricht einem Rückgang von 7,23 % (DG TREN, 2008).

Die BIP-Entwicklung ist abhängig von den Szenarien, hierauf wird in Kap. 5 ausführlich eingegangen.

3.3 Nachfrage

Die Entwicklung der Stromnachfrage in dieser Studie basiert auf einer von Prognos angepassten Entwicklung des aktuellen Baseline-Szenarios der EU (DG TREN, 2008). Im Vergleich zum Baseline-Szenario wurde die aktuelle Wirtschaftskrise berücksichtigt. So steigt das BIP in der ersten Dekade durchschnittlich nur um 1,3 % pro Jahr. Danach wird mittelfristig von einer Erholung der Wirtschaft ausgegangen, so dass im Zeitraum 2010 bis 2020 die europäische Wirtschaft im Mittel um 2,3 % im Jahr wächst. Im Baseline-Szenario wurde hingegen für den gesamten Zeitraum 2005 bis 2020 von einem Wirtschaftswachstum von 2,4 % pro Jahr ausgegangen.

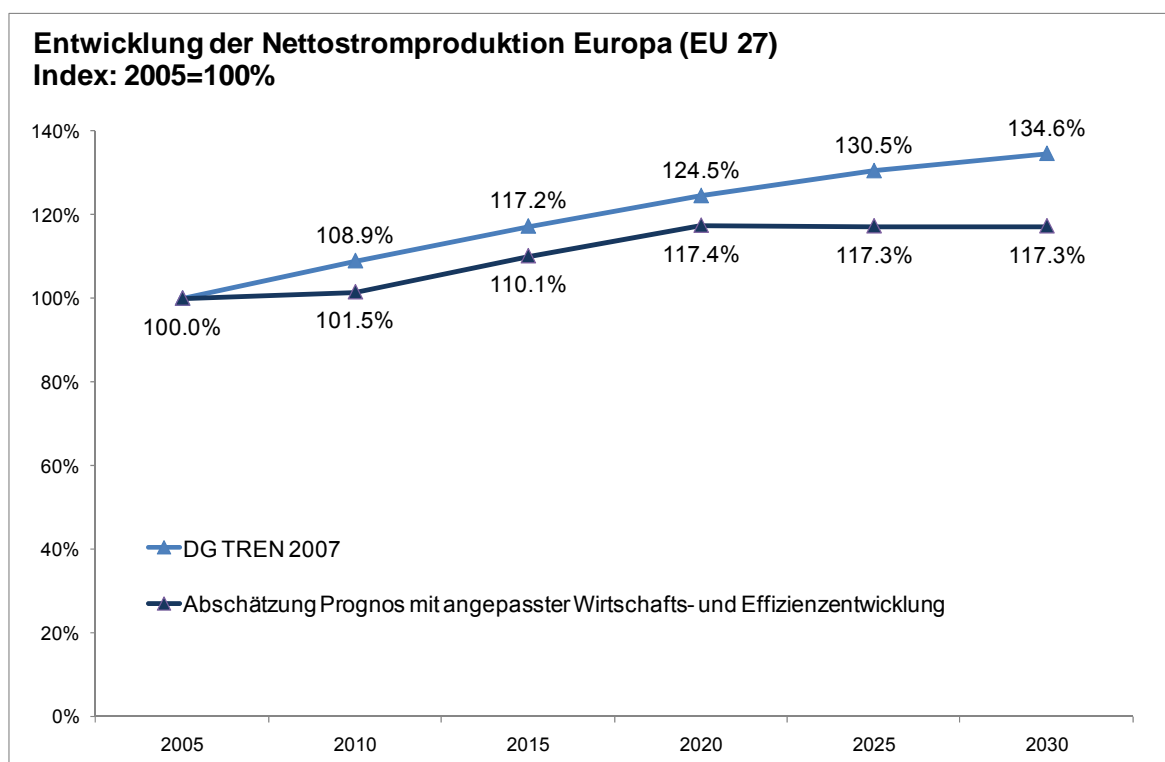
Neben der veränderten Wirtschaftsentwicklung wurde für diese Studie im Bereich der Stromnachfrage eine gegenüber dem Baseline-Szenario verstärkte, zum Teil schon umgesetzt, EU-weite Effizienzpolitik berücksichtigt (z.B. Ökodesign-Richtlinie, Glühlampenverbot).

Unter Berücksichtigung dieser Faktoren steigt der Stromverbrauch in Europa bis zum Jahr 2020 um 17,4 % im Vergleich zum Jahr 2005 an. Im Zeitraum 2020-2030 ist mit einer annähernd konstanten Nachfrage zu rechnen. Der noch steigende Stromverbrauch in Ost- und teilweise Südeuropa wird durch den zu erwartenden leicht zurückgehenden Verbrauch in den mitteleuropäischen Staaten ausgeglichen.

Der Stromverbrauch der Elektromobilität wurde im Rahmen dieser Studie nicht genauer untersucht und bleibt aufgrund der noch hohen Unsicherheiten bezüglich der Ausbaugeschwindigkeit dieser Technik unberücksichtigt.

Tabelle A-3 im Anhang weist die Entwicklung der Stromerzeugung für die einzelnen EU-Staaten aus.

Abbildung 3-1: Entwicklung der Stromerzeugung in der EU-27



Prognos / GWS 2009

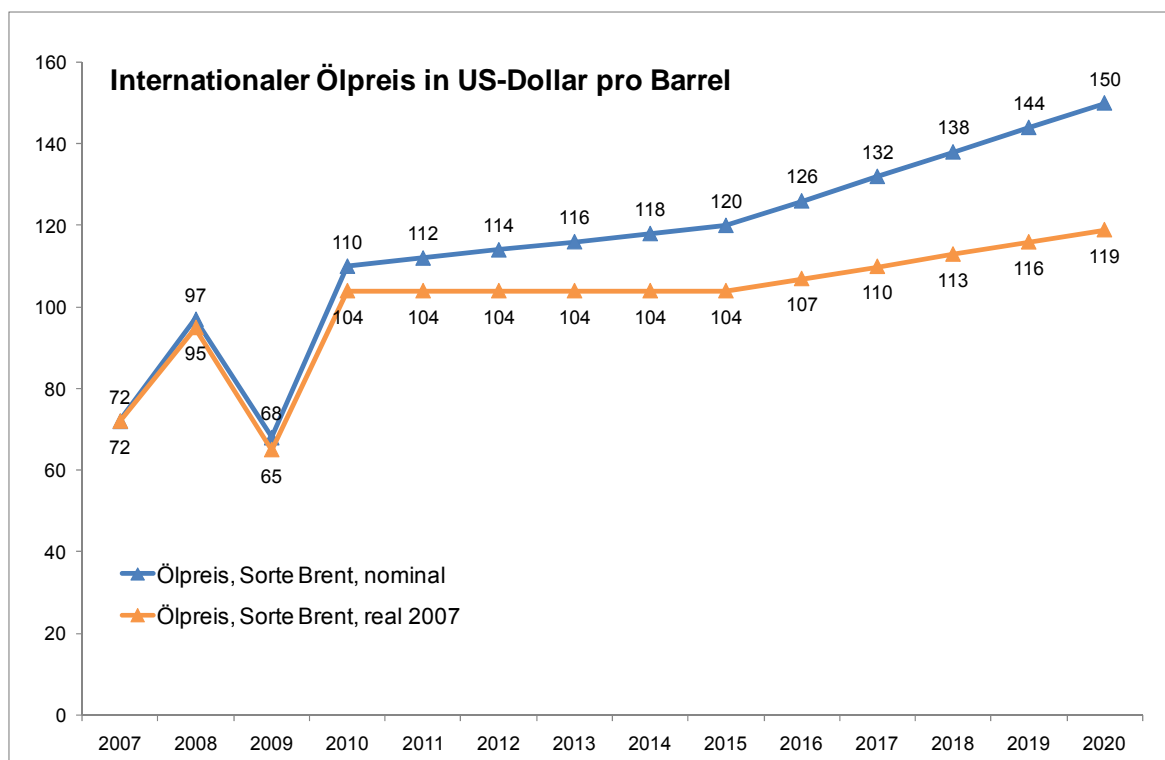
3.4 Brennstoffpreise

Die internationalen Brennstoffpreise sind ein bedeutender Faktor für die Entwicklung des Kraftwerkssektors in Europa. Für diese Studie wurde dafür auf die Prognose des World-Energy-Outlook 2008 zurückgegriffen (IEA, 2008). Demnach steigt der Rohölpreis bis zum Jahr 2020 auf 110 Dollar₂₀₀₇ pro Barrel und auf 122 Dollar₂₀₀₇ pro Barrel im Jahr 2030.

Die folgende Abbildung zeigt die für Europa relevante Entwicklung des Rohölpreises der Sorte Brent. Aufgrund der höheren Qualität liegt

der Preis etwas über dem mittleren internationalen Ölpreis. Bis zum Jahr 2020 steigt der Ölpreis der Sorte Brent bis auf 119 Dollar₂₀₀₇ pro Barrel.

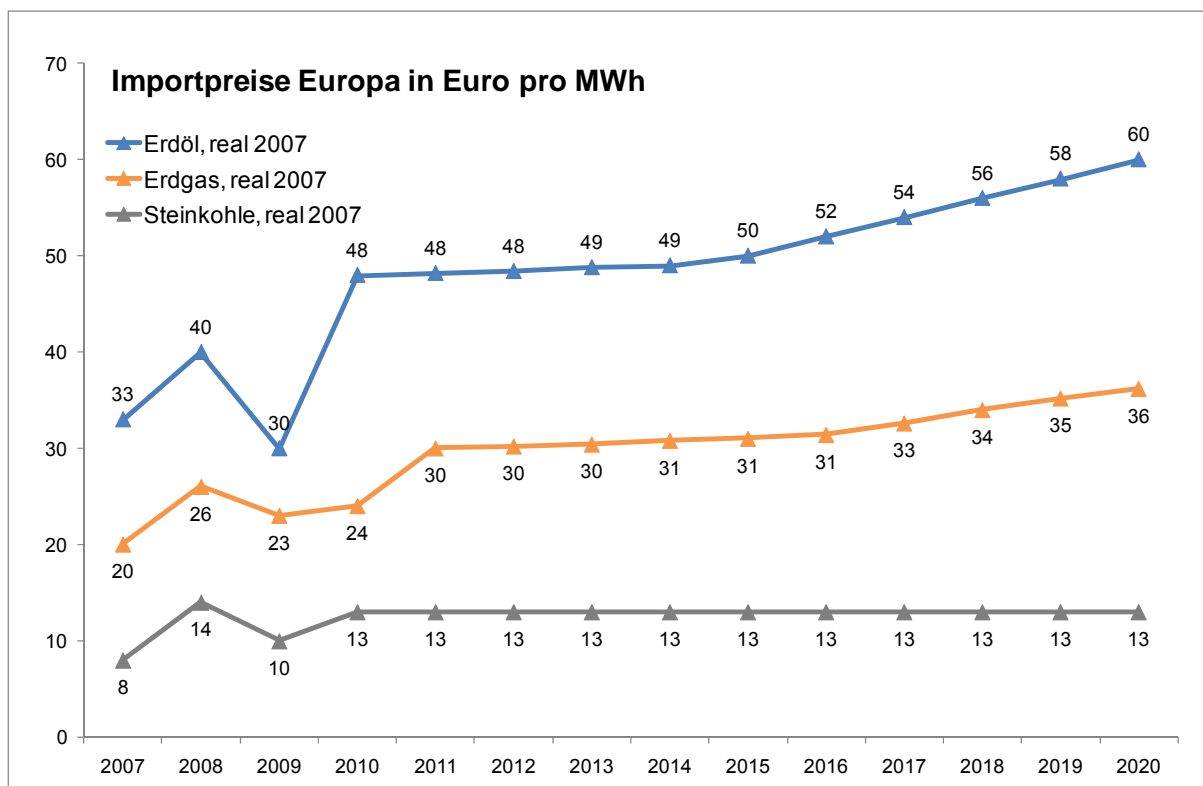
Abbildung 3-2: Entwicklung des Ölpreises bis 2020



Quelle: IEA WEO 2008; eigene Darstellung

Die Entwicklung des Erdgaspreises bleibt, gemäß der IEA, bis zum Jahr 2030 voraussichtlich an den Erdölpreis gekoppelt. Aufgrund der vom Prognos Worldreport unterstellten Wechselkursentwicklung, die bis zum Jahr 2020 einen leicht verbesserten US-Dollar sieht (EUR/USD=1,33) fällt der Anstieg der Brennstoffpreise im Euroraum gegenüber der IEA-Prognose etwas höher aus. Die folgende Abbildung zeigt die europäischen Importpreise für Erdöl, Erdgas und Steinkohle.

Abbildung 3-3: Entwicklung der Importpreise für Erdöl, Erdgas und Steinkohle bis zum Jahr 2020, in Euro/MWh



Quelle: IEA WEO 2008; eigene Berechnungen und Darstellung

3.5 EU-Emissionshandel

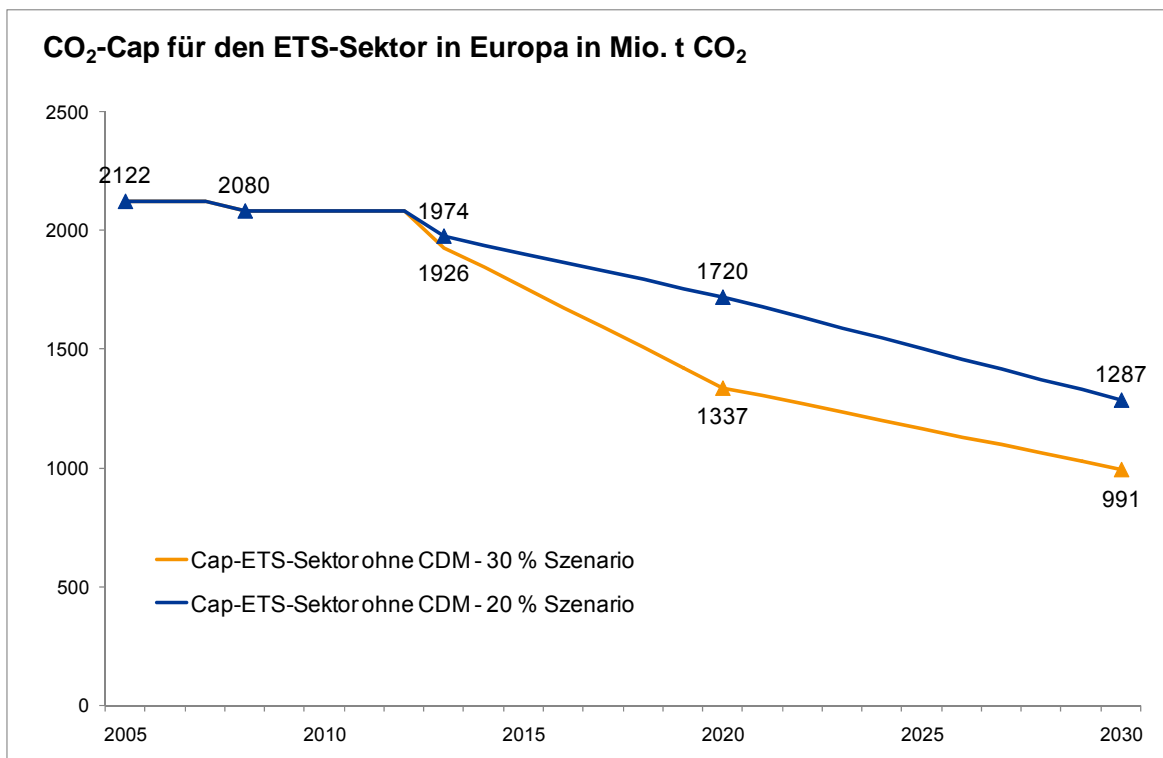
Der EU-Emissionshandel (European Union Emission Trading System, EU ETS) ist ein marktwirtschaftliches Instrument, mit dem Ziel, die Treibhausgasemissionen unter minimalen volkswirtschaftlichen Kosten zu senken. Das System funktioniert nach dem Prinzip *cap & trade*. Einerseits wird die Höhe der Treibhausgasemissionen beschränkt, andererseits können die Emissionsberechtigungen frei gehandelt werden. Dadurch soll ein ökonomischer Anreiz entstehen, den Ausstoß von Klimagasen dort zu senken, wo es am effizientesten ist.

Die Höhe des Caps für den ETS-Sektor ist bis zum Jahr 2020 von der EU am 23. April 2009 festgelegt worden. Sollte das EU-weite Treibhausgasemissionsminderungsziel noch verschärft werden, wird das Cap für den ETS-Sektor ebenfalls verschärft.

Für diesen Fall wurde die genaue Lastenverteilung der zusätzlichen CO₂-Minderung zwischen den nicht im ETS erfassten Sektoren (Haushalte, Tertiärer Sektor, Schienen und Straßenverkehr) und den ETS-Sektoren von der EU noch nicht festgelegt.

Im Rahmen dieser Studie wurde davon ausgegangen, dass zwei Drittel der zusätzlichen Minderung im ETS-Sektor erbracht werden müssen und ein Drittel von den anderen Sektoren getragen wird.

Abbildung 3-4: CO₂-Cap für den ETS-Sektor ohne CDM/JI, in Mio. t CO₂



Prognos 2009

Entwicklung der zur Verfügung stehenden CDM/JI-Mengen

CDM (Clean Development Mechanism), der Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung, ist einer der vom Kyoto-Protokoll vorgesehenen flexiblen Mechanismen. Ziel ist es, die den Industrieländern entstehenden Kosten zum Erreichen des vertraglich festgelegten Reduktionsziels zu senken und Entwicklungsländern eine ökologisch nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung zu ermöglichen, indem Treibhausgas-Emissionen in Entwicklungsländern verringert werden, wo dies häufig günstiger möglich ist als im Investorland.

Der JI-Mechanismus (Joint Implementation) ermöglicht es einem Industriestaat oder Unternehmen, in einem anderen Industriestaat emissionsreduzierende Projekte durchzuführen und sich diese Reduktionen im eigenen Land anzurechnen.

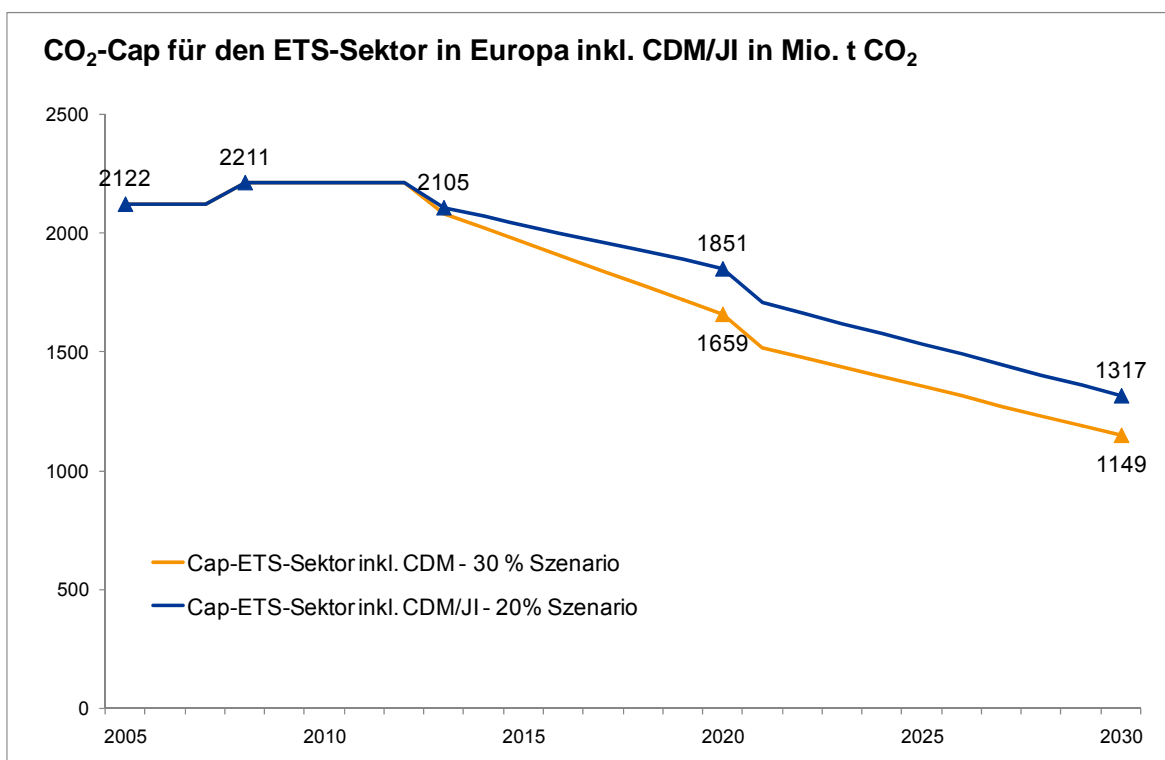
Im Referenzszenario, mit einer angestrebten Minderung der Treibhausgasemissionen um 20 % bis zum Jahr 2020, beträgt die zur Verfügung stehende CDM/JI-Menge voraussichtlich 1.700 Millionen Tonnen. Davon entfallen 1.400 Millionen Tonnen auf die 2. Handelsperiode (2008-2012) und 300 Millionen Tonnen auf die 3. Handelsperiode (2013-2020).

Für die Periode von 2020 bis zum Jahr 2030 wurde für das Referenzszenario von einer Weiterführung der restriktiven CDM/JI Politik Europas ausgegangen. Für diesen 10-Jahreszeitraum wurde von einer CDM/JI-Menge von insgesamt 300 Millionen Tonnen ausgegangen.

Für den Fall der Verschärfung der europäischen Klimaziele mit einer angestrebten Minderung um 30 % bis zum Jahr 2020 kann die Hälfte der im ETS-Sektor zusätzlich zu erbringenden Minderung über CDM/JI-Projekte erbracht werden. Bis zum Jahr 2020 erhöht sich damit die CDM/JI-Menge auf etwa 2.562 Millionen Tonnen. Bei der Fortschreibung dieses Szenarios bis zum Jahr 2030 wird eine sich jährlich linear verringernde CDM/JI-Menge unterstellt¹, so dass zwischen 2020 und 2030 insgesamt 1.864 Millionen Tonnen für den ETS-Sektor zur Verfügung stehen.

In allen Szenarien wird unterstellt, dass die politisch erlaubten CDM/JI-Mengen am internationalen Markt auch realisiert werden können.

Abbildung 3-5: CO₂-Cap für den ETS-Sektor inkl. CDM/JI, in Mio. t CO₂



Prognos 2009

Enthalten sind im europäischen ETS-Sektor momentan die Kohlendioxid-Emissionen aus der Strom- und Fernwärmeerzeugung in thermischen Kraftwerken ab 20 MW Leistung und aus den Indust-

¹ Zielwert liegt bei einer Menge von Null im Jahr 2050.

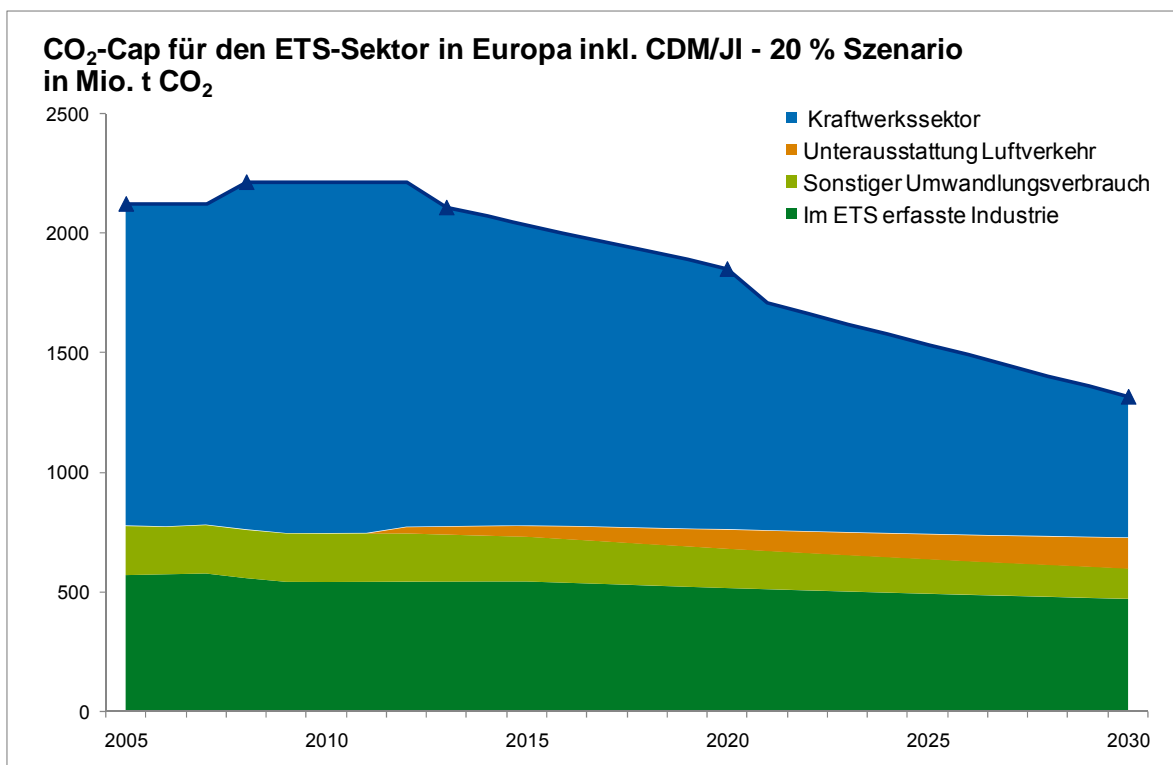
riebranchen: Eisen- und Stahlverhüttung, Kokereien, Raffinerien, Zement- und Kalkherstellung, Glas-, Keramik- und Ziegelindustrie, sowie Papier- und Zelluloseproduktion.

Ab dem Jahr 2012 wird der Luftverkehr auch in das Handelssystem einbezogen. Für alle Flüge, die in der EU starten oder landen, müssen Verschmutzungszertifikate erworben werden. Alle Fluggesellschaften erhalten eine kostenlose Zuteilung von 97 % bzw. 95 % (ab 2015) auf Basis ihrer historischen Emissionen im Zeitraum 2004-2006. Aufgrund des prognostizierten starken Anstieges der Flüge und des absoluten Energieverbrauchs werden die Fluggesellschaften ab 2012 voraussichtlich als Nettonachfrager im ETS-System auftreten. Die im Folgenden unterstellte Entwicklung der CO₂-Emissionen in der Luftfahrt basiert auf dem EU Baseline-Szenario 2007 (DG TREN, 2008), der Effekt der aktuellen Wirtschaftskrise wurde zusätzlich berücksichtigt, so dass der Anstieg weniger stark ausfällt.

Die zukünftigen Emissionen der im ETS-Sektor erfassten Industrieanlagen konnten im Rahmen dieser Studie nicht detailliert modelliert werden. Die Entwicklung des CO₂-Ausstoßes dieser Anlagen basiert ebenfalls auf dem EU Baseline-Szenario 2007 (DG TREN, 2007), wobei die Wirtschaftskrise und die in dieser Studie angenommene niedrige Wachstumsprognose berücksichtigt wurden. Im Fall einer Verschärfung der Klimapolitik ist mit einem Beitrag der Industrieanlagen zu rechnen.

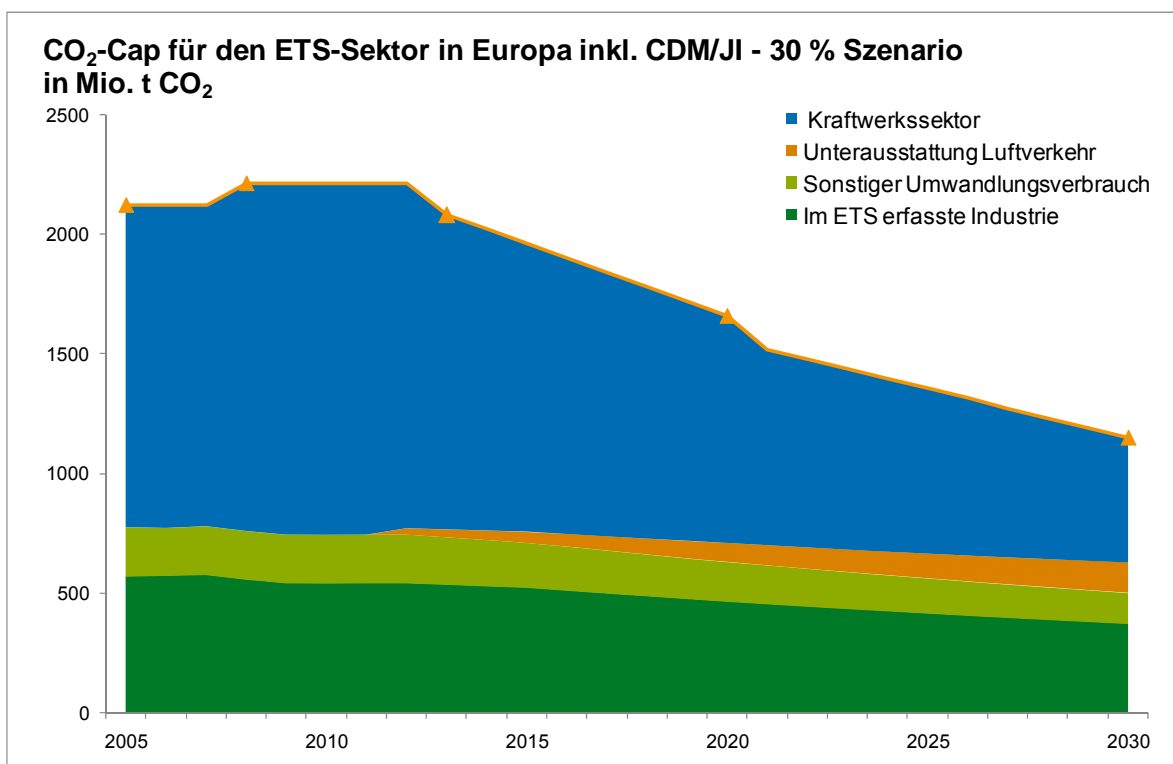
Die mögliche Höhe der Emissionsminderung wurde mit Hilfe von typischen Grenzvermeidungskosten der Industrie abgeschätzt (McKinsey, 2008).

Abbildung 3-6: CO₂-Cap für den ETS-Sektor inkl. CDM/JI im 20 %-Szenario, in Mio. t CO₂



Prognos 2009

Abbildung 3-7: CO₂-Cap für den ETS-Sektor inkl. CDM/JI im 30 %-Szenario



Prognos 2009

3.6 Ausbau der Erneuerbaren Energien in Europa

Der Ausbau der erneuerbaren Energien wurde in dieser Studie vom sektorübergreifenden EU-Ziel abgeleitet, den erneuerbaren Anteil am gesamten Endenergieverbrauch auf 20 % bis zum Jahr 2020 zu steigern. In welchem Verbrauchssegment und welche Energieträger aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt werden, ist den Mitgliedstaaten überlassen. Für den erneuerbaren Anteil am Treibstoffverbrauch gibt es einen anzupeilenden Richtwert von 10 %.

Für die vorliegende Arbeit wurde das 20 %-Ziel für die Bereiche: Erneuerbare Stromproduktion, Erneuerbare Treibstoffe und Erneuerbare Energie bei sonstigen Anwendungen für die einzelnen Mitgliedstaaten definiert.

Dabei wurde ein realistischer und ausgeglichener Anstieg bei den verschiedenen Verwendungszwecken in den einzelnen Staaten angenommen.

Der Anteil an der Nettostromproduktion steigt demnach in der EU von heute 17 % auf 33 % im Jahr 2020 und auf 43 % im Jahr 2030.

Tabelle A-4 im Anhang enthält die Anteile der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung für die alle EU-Staaten.

4 Konsequenzen für die Stromerzeugung

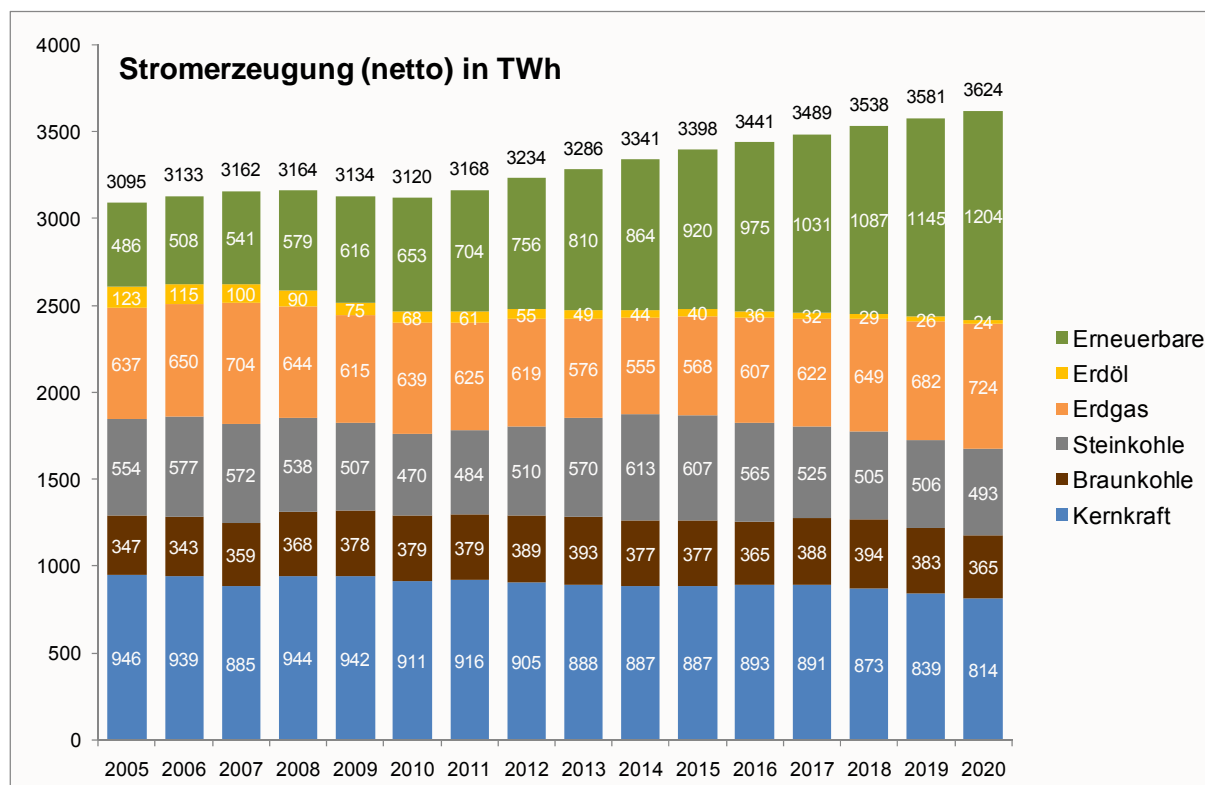
Dieses Kapitel zeigt europaweit die Konsequenzen der Minde-
rungsziele für die Stromerzeugung und für die Entwicklung der CO₂-
Preise und Großhandelspreise, sowie gesondert für Deutschland.

4.1 Konsequenzen für die Stromerzeugung in Europa

4.1.1 Stromerzeugung und CO₂-Emissionen in der Referenz

Im Referenzszenario steigt die Stromerzeugung in der EU 27 im Zeit-
raum 2005 bis 2020 um etwa 17 % an. Die Erzeugung aus Er-
neuerbaren Energien wächst in dieser Zeitspanne auf fast das 2½-
fache an. Damit sinkt, trotz des insgesamt steigenden Strombedarfs,
die Stromproduktion der konventionellen Kraftwerke um etwa 7 %.

Abbildung 4-1: Stromerzeugung nach Energieträgern in der EU-27 im Referenzszenario



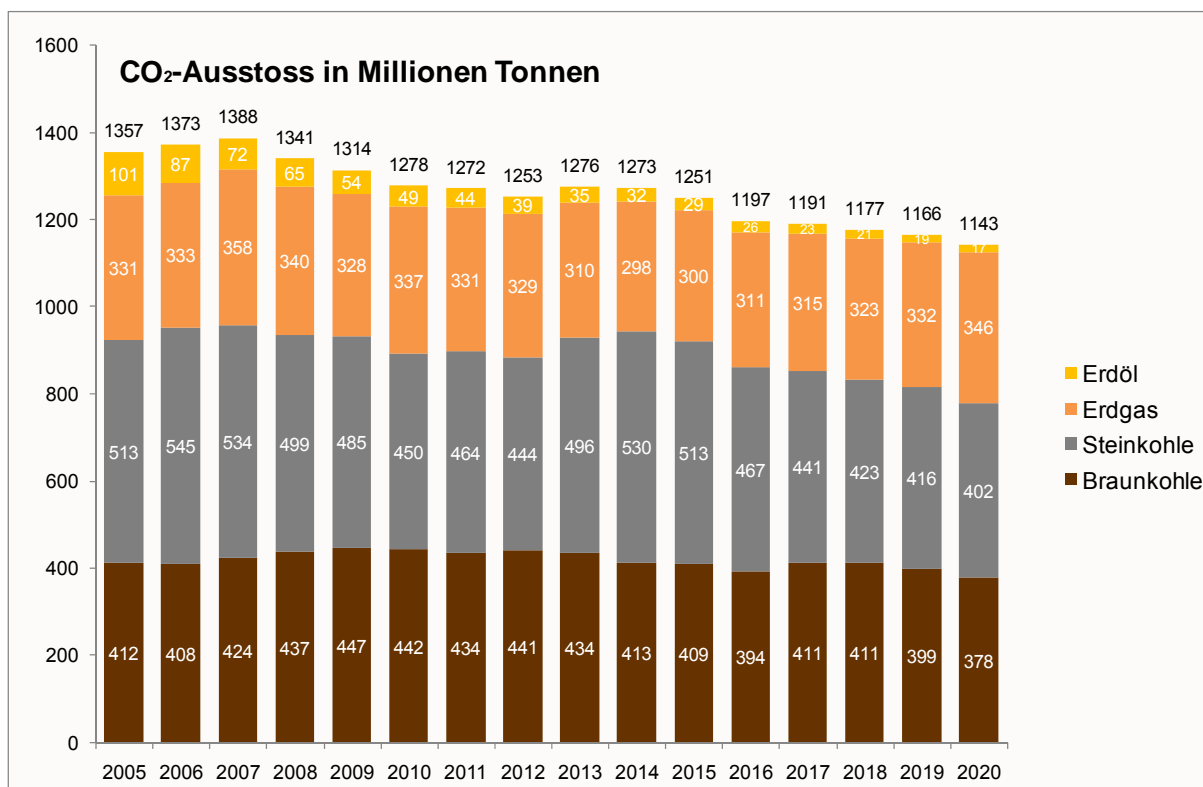
Prognos 2009

Bis zum Jahr 2020 sind im Bereich der fossilen Erzeugung nur leichte
Strukturveränderungen in Europa zu erwarten. Die Braun-
kohleverstromung bleibt etwa konstant. Ausgehend vom Jahr 2005
verringert sich, aufgrund der steigenden CO₂-Preise, die Stromer-
zeugung der Steinkohlekraftwerke um etwa 11 %. Die Kernener-
gieerzeugung sinkt bis 2020 um 14 %, hauptsächlich durch den

Atomausstieg in Deutschland. Erdgas hingegen profitiert als CO₂-armer Energieträger von den steigenden Klimaschutzvorgaben und gewinnt langfristig bei der Stromerzeugung bis zum Jahr 2020 etwa 14 % hinzu.

Aufgrund der reduzierten konventionellen Stromerzeugung, verbesserten Kraftwerkswirkungsgraden und des höheren Anteils von Erdgas an der Stromerzeugung sinken die CO₂-Emissionen des Kraftwerksparks bis zum Jahr 2020. Verglichen mit 2005 beträgt der Rückgang etwa 16 %. Gegenüber dem Jahr 1990 mit einem Ausstoß von 1.448 Millionen Tonnen (UNFCCC, 2009) beträgt der Rückgang 21 %.

Abbildung 4-2: CO₂-Ausstoß der Stromerzeugung und Fernwärmeerzeugung in der EU-27 im Referenzszenario, in Mio. t CO₂



Prognos 2009

4.1.2 Stromerzeugung und CO₂-Emissionen im Reduktionsszenario A

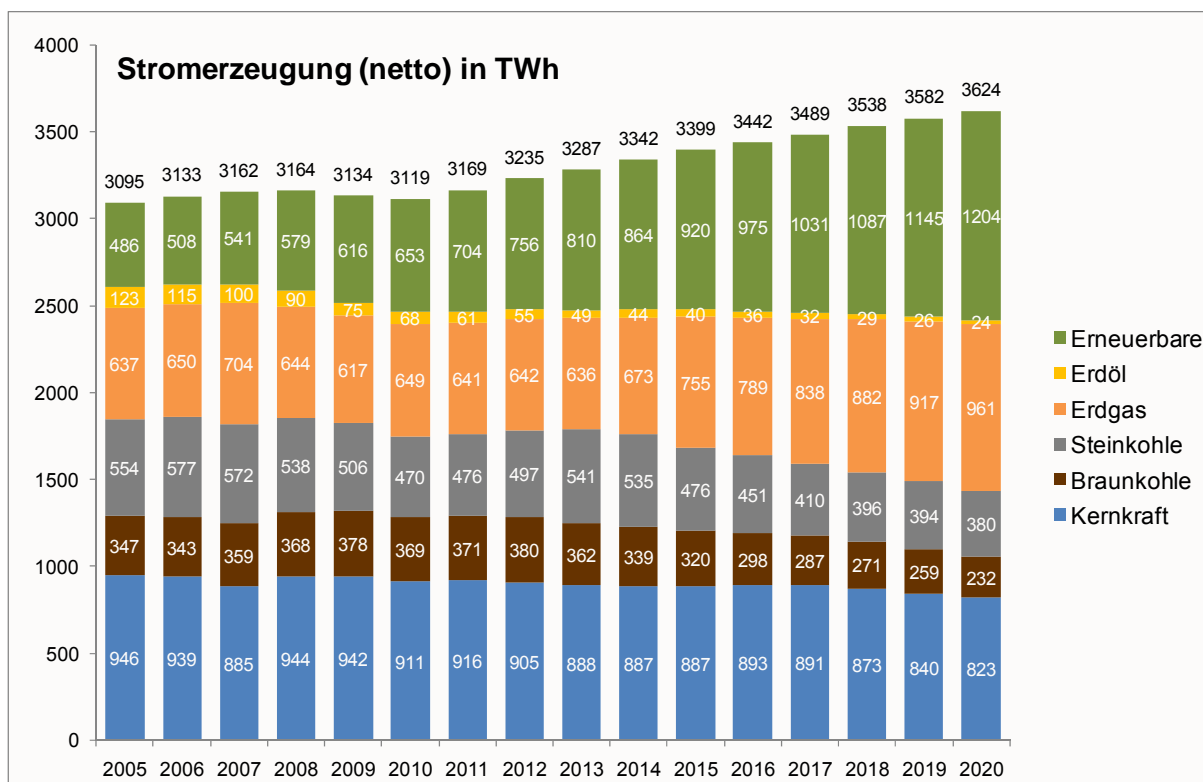
Die Summe der Stromerzeugung und der Anteil der erneuerbaren Energien ist in Reduktionsszenario A ebenso hoch wie im Referenzszenario, da die Größen als exogene Vorgaben gesetzt wurden. Bis zum Jahr 2020 ist in Europa auch bei verschärften Klimaschutzanstrengungen mit keiner von der Referenz erheblich abweichenden Stromnachfrage zu rechnen, da wesentliche Politikmaßnahmen bereits umgesetzt wurden bzw. sich aktuell in Umsetzung befinden.

Der konventionelle Kraftwerkspark hingegen entwickelt sich aufgrund der geringeren zur Verfügung stehenden CO₂-Menge zugunsten von Gas. Die Erzeugung aus Gaskraftwerken wächst bis zum Jahr 2020 um 51 % und verdrängt im Wesentlichen die Stromerzeugung aus Braun- und Steinkohle, welche gegenüber dem Jahr 2005 um jeweils etwa ein Drittel zurückgeht.

Im Vergleich zur Referenzentwicklung steigen der Gasbedarf und infolgedessen die Erdgasimporte der EU für die Stromerzeugung, da innerhalb der EU die Erdgasförderung nicht mehr ausgeweitet werden kann. Der Anstieg des Gasbedarfs fällt aber aufgrund der zukünftig höheren Wirkungsgrade neuer Erdgaskraftwerke schwächer aus als die Zunahme der Erdgasbasierten Stromerzeugung.

Aufgrund der relativ langen Planungsfrist bei Kernkraftwerken ist bis zum Jahr 2020 auch bei ambitionierteren Klimaschutzanstrengungen mit keinem signifikanten zusätzlichen Neubau von Kernkraftwerken auszugehen, abgesehen von den bereits in Bau befindlichen Blöcken.

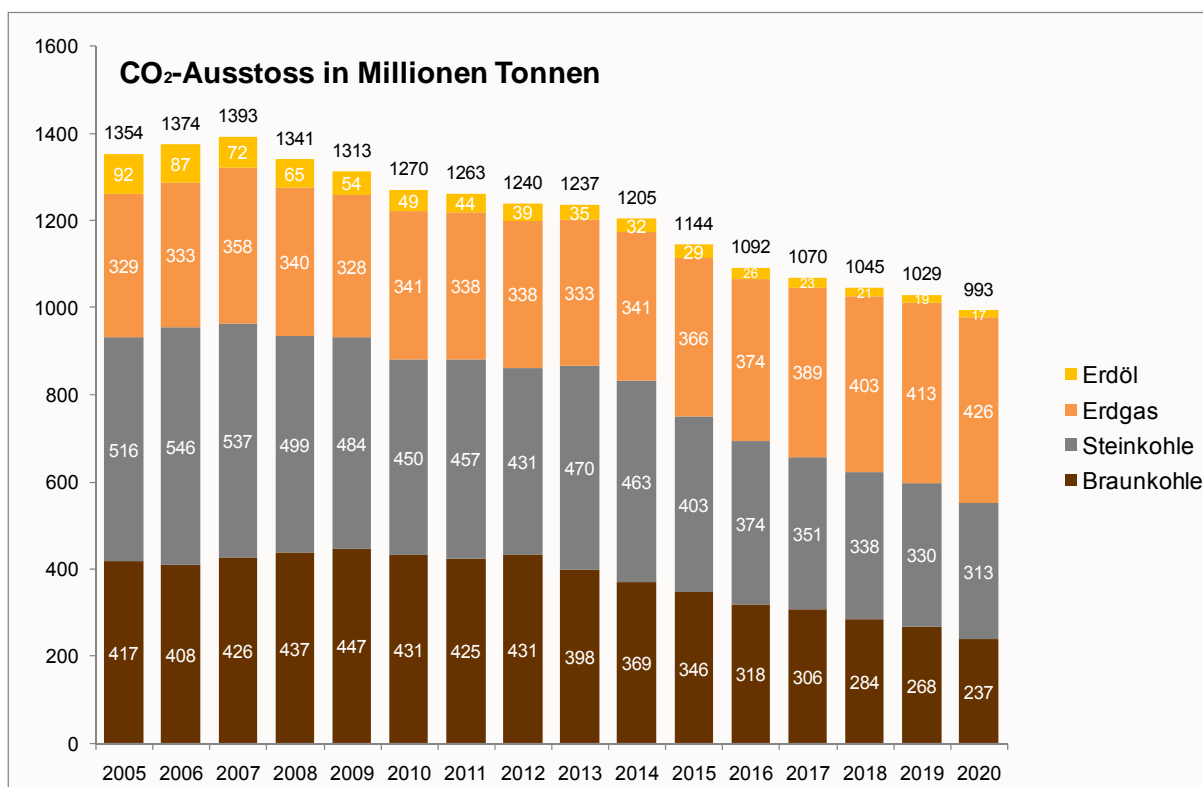
Abbildung 4-3: Stromerzeugung nach Energieträgern in der EU-27, Reduktionsszenario A (ohne KKW-Verlängerung), in TWh



Prognos 2009

Der CO₂-Ausstoß der Strom- und Fernwärmeerzeugung sinkt im Reduktionsszenario A bis zum Jahr 2020 um etwa 27 %. Gegenüber dem Jahr 1990 beträgt der Rückgang 32 %.

Abbildung 4-4: CO₂-Ausstoß der Stromerzeugung und Fernwärmeerzeugung in der EU-27 im Reduktionsszenario A (ohne KKW-Verlängerung), in Mio. t CO₂



Prognos 2009

4.1.3 Stromerzeugung und CO₂-Emissionen in den Reduktionsszenarien B und C

Hinsichtlich der Entwicklung des Kraftwerksparks in Europa und Deutschland sind die Reduktionsszenarien B und C identisch. Diese Szenarien unterscheiden sich nur hinsichtlich der Klimaschutzanstrengungen der Staaten außerhalb der EU.

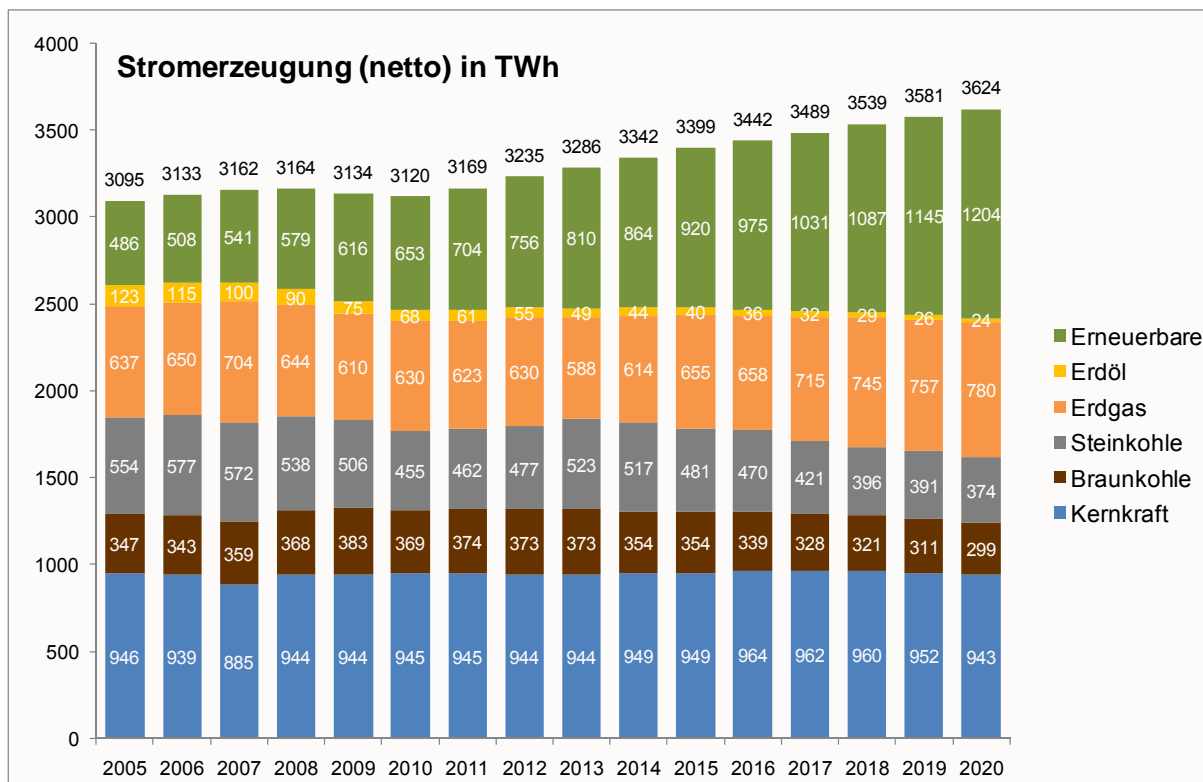
Bei einer Laufzeitverlängerung der deutschen Kernkraftwerke bleibt die europaweite Stromerzeugung aus Kernkraftwerken bis zum Jahr 2020 auf einem konstanten Niveau. Im Vergleich zum Reduktionsszenario A (ohne Verlängerung der KKW-Laufzeit) ist der Zuwachs der Erdgasverstromung geringer. Diese steigt um etwa 22 % im betrachteten Zeitraum, gegenüber 50 % im Reduktionsszenario A.

Der Rückgang bei der Stromerzeugung der Braunkohlekraftwerke ist wesentlich geringer als im Reduktionsszenario A, aufgrund des niedrigeren CO₂-Preises und einer damit insbesondere gegenüber Erdgas-GuD-Kraftwerken verbesserten Wettbewerbsposition.

Der Rückgang der Braunkohlestromerzeugung beträgt gegenüber 2005 etwa 14 % (ggü. 5 % Anstieg im Reduktionsszenario A).

Die Erzeugung der Steinkohlekraftwerke geht mit 32 % im Zeitraum 2005-2020 etwa gleich stark zurück wie im Reduktionsszenario A.

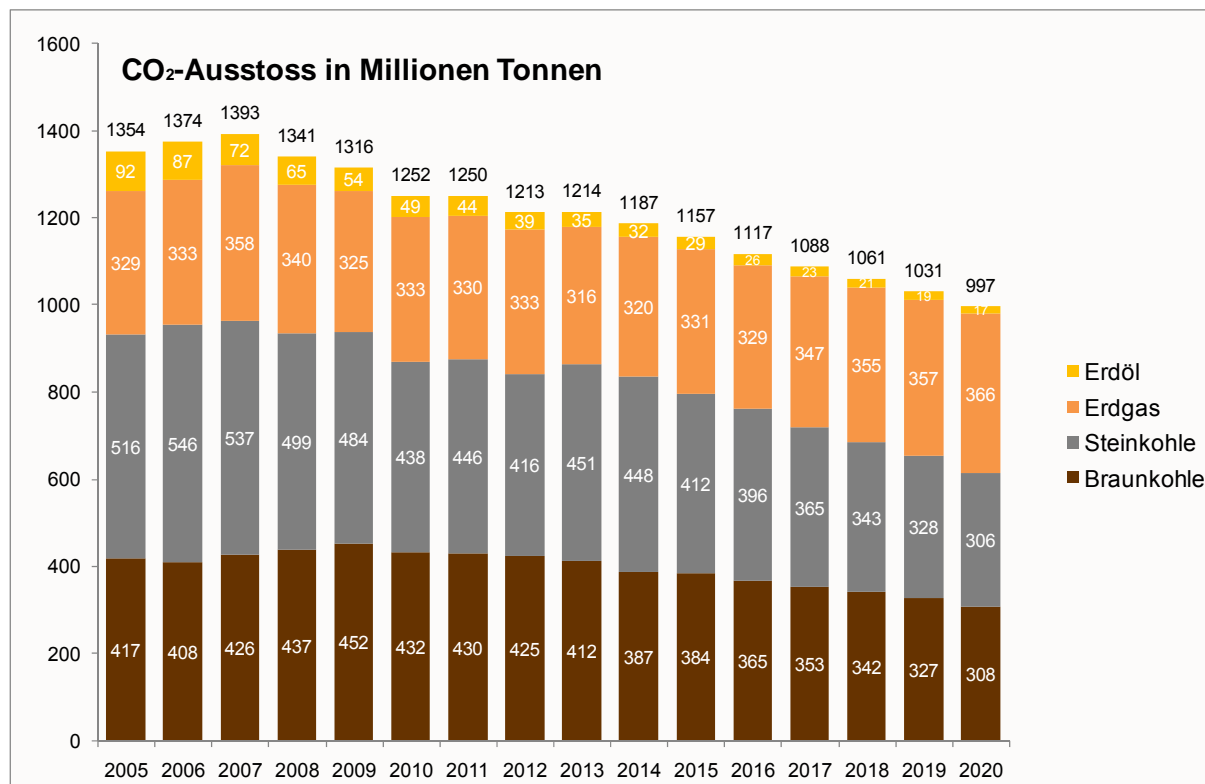
Abbildung 4-5: Stromerzeugung nach Energieträgern in der EU-27, Reduktionsszenario B und C (mit KKW-Verlängerung), in TWh



Prognos 2009

Die Höhe der absoluten CO₂-Emissionen unterscheidet sich in der Jahressumme nicht wesentlich vom Reduktionsszenario A. Da die Höhe der CO₂-Caps unabhängig von einer Laufzeitverlängerung der Kernenergie in Deutschland ist, ergeben sich europaweit die gleichen CO₂-Emissionen.

Abbildung 4-6: CO₂-Ausstoß nach Energieträgern in der EU-27, Reduktionszenario B (KKW-Verlängerung), in Mio. t CO₂



Prognos 2009

4.2 Konsequenzen für die Stromerzeugung in Deutschland

4.2.1 Stromerzeugung und CO₂-Emissionen im Referenzszenario

Die Stromnachfrage in Deutschland erreicht, entsprechend den Annahmen dieser Studie, nach dem starken Einbruch aufgrund der aktuellen Wirtschaftskrise bis zum Jahr 2020 etwa wieder das Niveau des Jahres 2008. Der Zeitraum ist durch einen schnellen Ausbau der Erneuerbaren Energien geprägt. Bis zum Jahr 2020 steigt der Anteil der regenerativen Energien an der Nettostromproduktion auf etwa 33 %.

Im Referenzszenario ist der Ausstieg aus der Kernenergie entsprechend dem Atomausstiegsgesetz aus dem Jahr 2002 abgebildet. Die Kernenergieerzeugung sinkt daher bis 2020 von etwa 150 TWh auf 30 TWh.

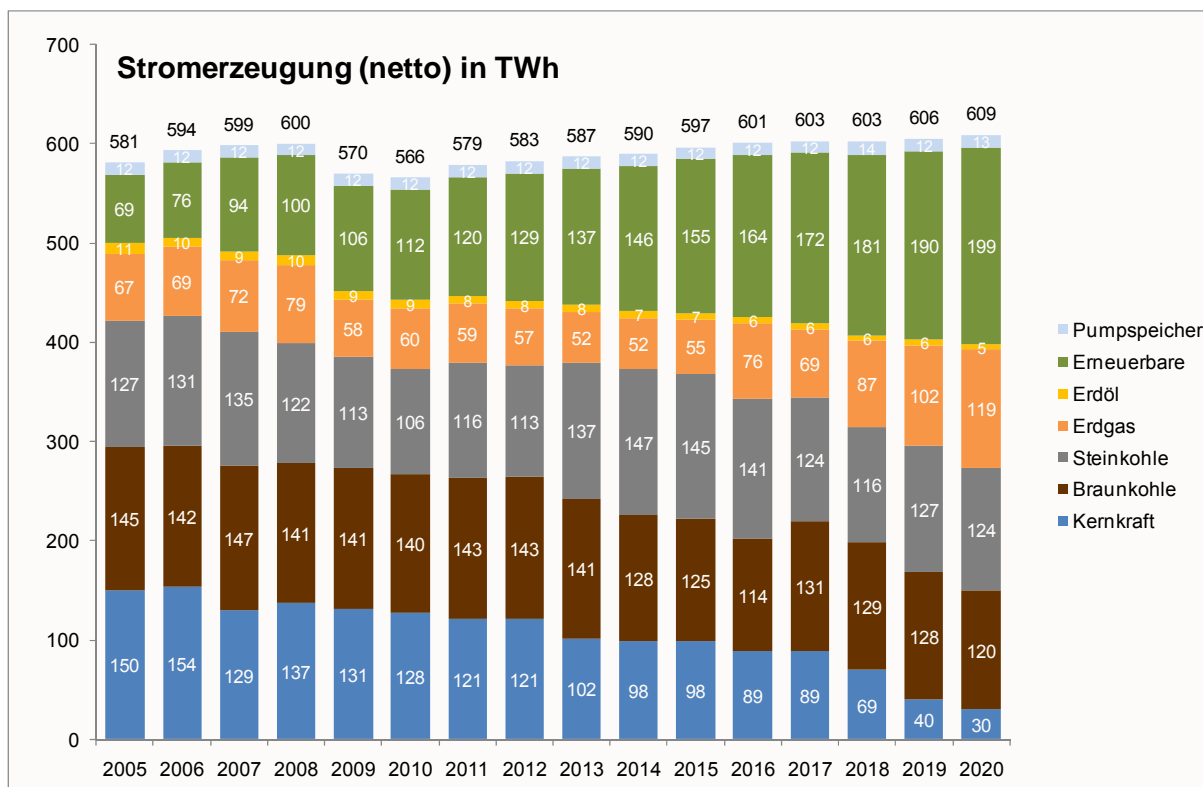
Über den betrachteten Zeitraum bleibt die Steinkohlestromerzeugung in etwa konstant. Die sinkende durchschnittliche Auslastung der Kraftwerke und altersbedingte Stilllegungen der Anlagen aus den 70er Jahren werden durch heute schon im Bau befindliche Kraftwerke

(wie in Datteln, Karlsruhe, Lünen und Hamburg) kompensiert. Diese neuen Anlagen gehen voraussichtlich 2013 und 2014 ans Netz.

Die Erzeugung der Braunkohlekraftwerke geht bis zum Jahr 2020 um etwa 17 % zurück. Aufgrund der zunehmenden Einspeisung von erneuerbaren Energien sinken die Volllaststunden der Anlagen. Zudem wird die installierte Leistung der Braunkohlekraftwerke bis zum Jahr 2020 in Deutschland wahrscheinlich um etwa 10 % abnehmen, da die Stilllegung von Altanlagen die Leistung der Neubauprojekte (wie BoA Neurath) übersteigt.

Aufgrund des Anstieges der CO₂-Zertifikatepreise gewinnt Erdgas nach 2015 zunehmend an Wirtschaftlichkeit; der Verbrauch in der Stromerzeugung wird bis zum Jahr 2020 gegenüber 2005 um etwa 78 % wachsen.

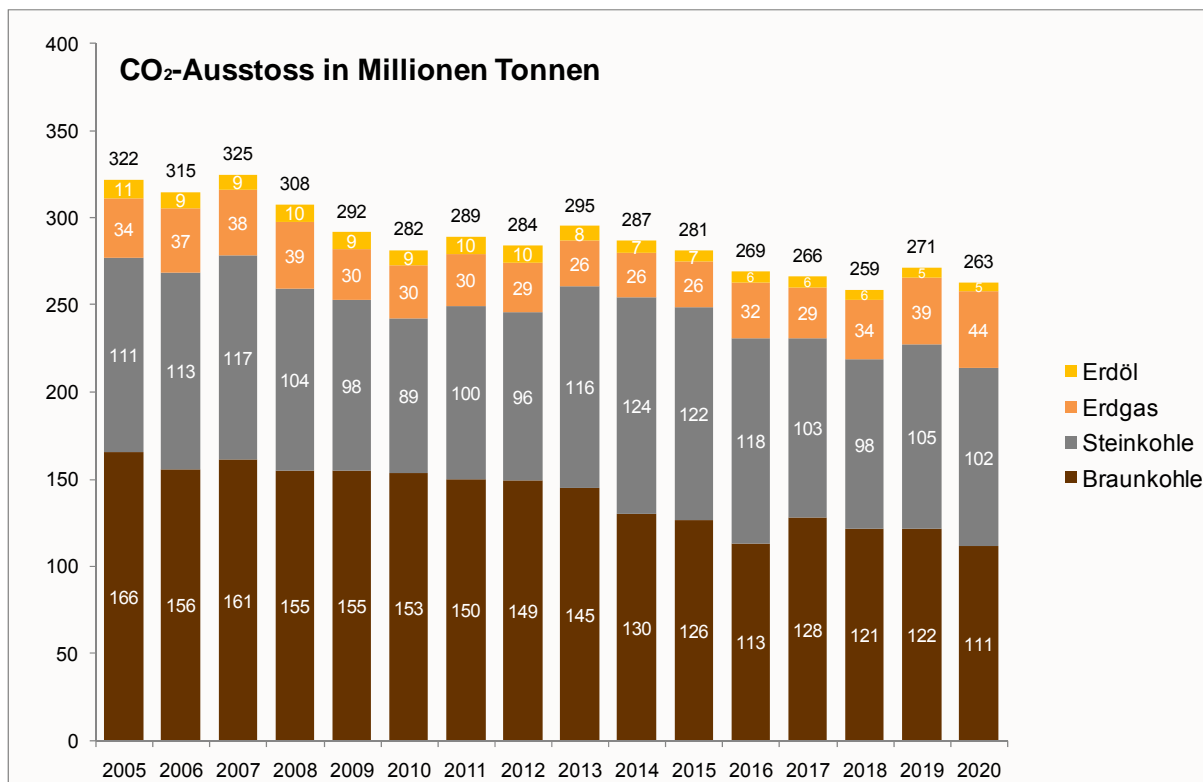
Abbildung 4-7: Stromerzeugung in Deutschland im Referenzszenario, 2005 bis 2020, in TWh



Prognos 2009

In Deutschland sinken die CO₂-Emissionen der Strom- und Fernwärmeerzeugung im Zeitraum 2005 bis 2020 um etwa 18 %. Gegenüber 1990 gehen die Emissionen um etwa 21 % zurück.

Abbildung 4-8: CO₂-Ausstoß nach Energieträgern in Deutschland, Referenzszenario, 2005 bis 2020, in Mio. t



Prognos 2009

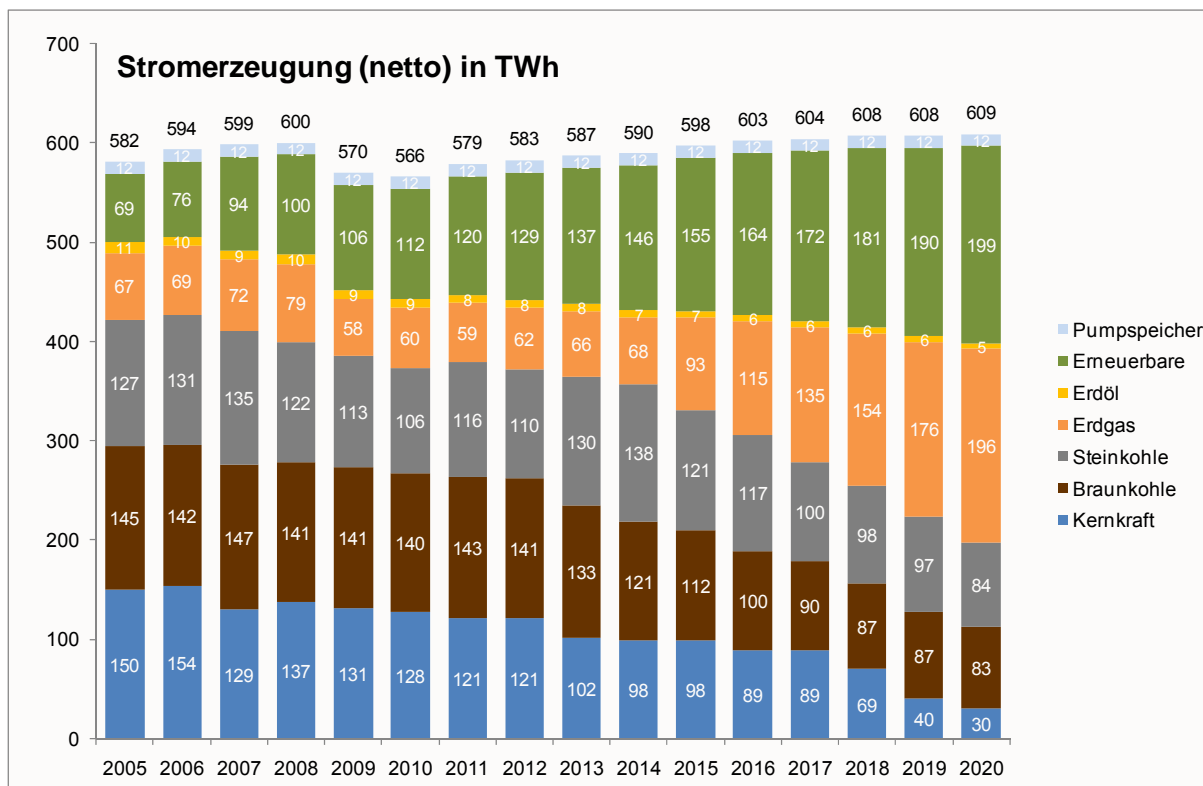
4.2.2 Stromerzeugung und CO₂-Emissionen im Reduktionsszenario A

Die Summe der Stromerzeugung und der Anteil der erneuerbaren Energien ist im Reduktionsszenario A gleich hoch wie im Referenzszenario, da die Größen als exogene Vorgaben gesetzt wurden.

Dieses Szenario ist gegenüber der Referenz wegen des schneller ansteigenden CO₂-Preises durch einen starken Anstieg der Stromerzeugung von Erdgaskraftwerken gekennzeichnet. Ab dem Jahr 2015 gewinnen GuD-Kraftwerke hohe Anteile und tragen im Jahr 2020 zu etwa einem Drittel der Stromproduktion bei. Die Stein- und Braunkohleverstromung reduziert sich gegenüber 2005 um 34 % bzw. 43 %.

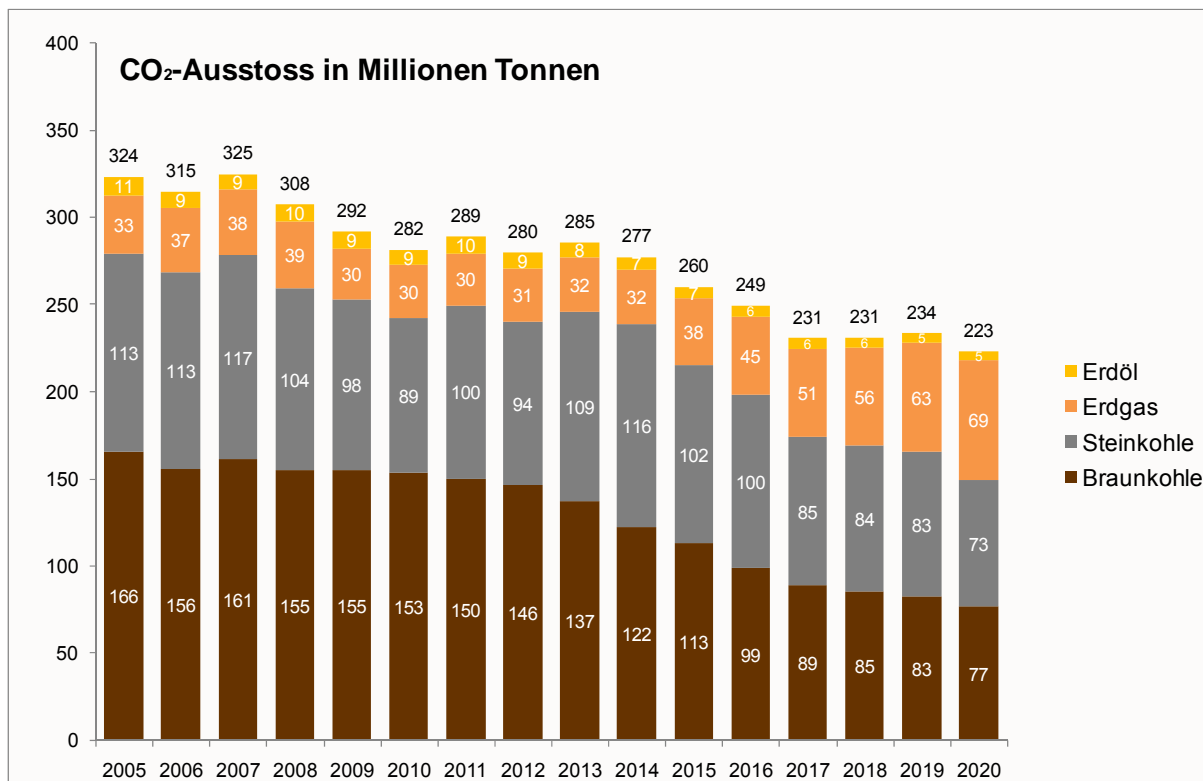
Damit sinken in Deutschland die CO₂-Emissionen der Strom- und Fernwärmeerzeugung im Zeitraum 2005 bis 2020 um etwa 31 %. Gegenüber 1990 gehen die Emissionen um etwa 34 % zurück.

Abbildung 4-9: Stromerzeugung in Deutschland im Reduktionsszenario A, 2005 bis 2020, in TWh



Prognos 2009

Abbildung 4-10: CO₂-Ausstoß nach Energieträgern in Deutschland, Reduktionsszenario A, 2005 bis 2020, in Mio. t

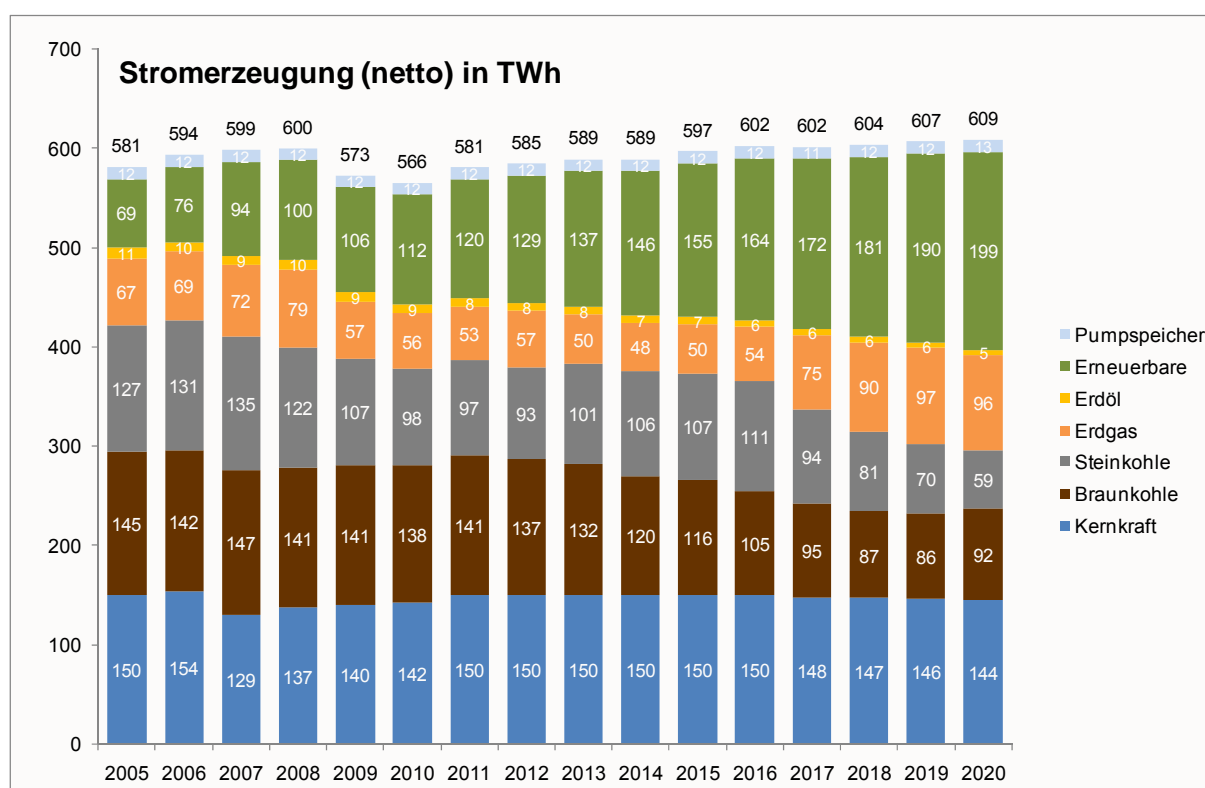


Prognos 2009

4.2.3 Stromerzeugung und CO₂-Emissionen in den Reduktionsszenarien B und C

In diesen Szenarien wurde eine Laufzeitverlängerung für alle bestehenden deutschen Kernkraftwerke um 20 Jahre modelliert. Die Stromproduktion der Kernkraftwerke bleibt bis zum Jahr 2020 daher in etwa konstant. Etwaige Engpässe auf der Ebene des Höchstspannungsnetzes, infolge dessen Kernkraftwerke in Norddeutschland, aufgrund der hohen Windenergieeinspeisung zeitweise nicht mit voller Leistung produzieren könnten, wurden nicht betrachtet.

Abbildung 4-11: Stromerzeugung in Deutschland im Reduktionsszenario B und C, 2005 bis 2020, in TWh

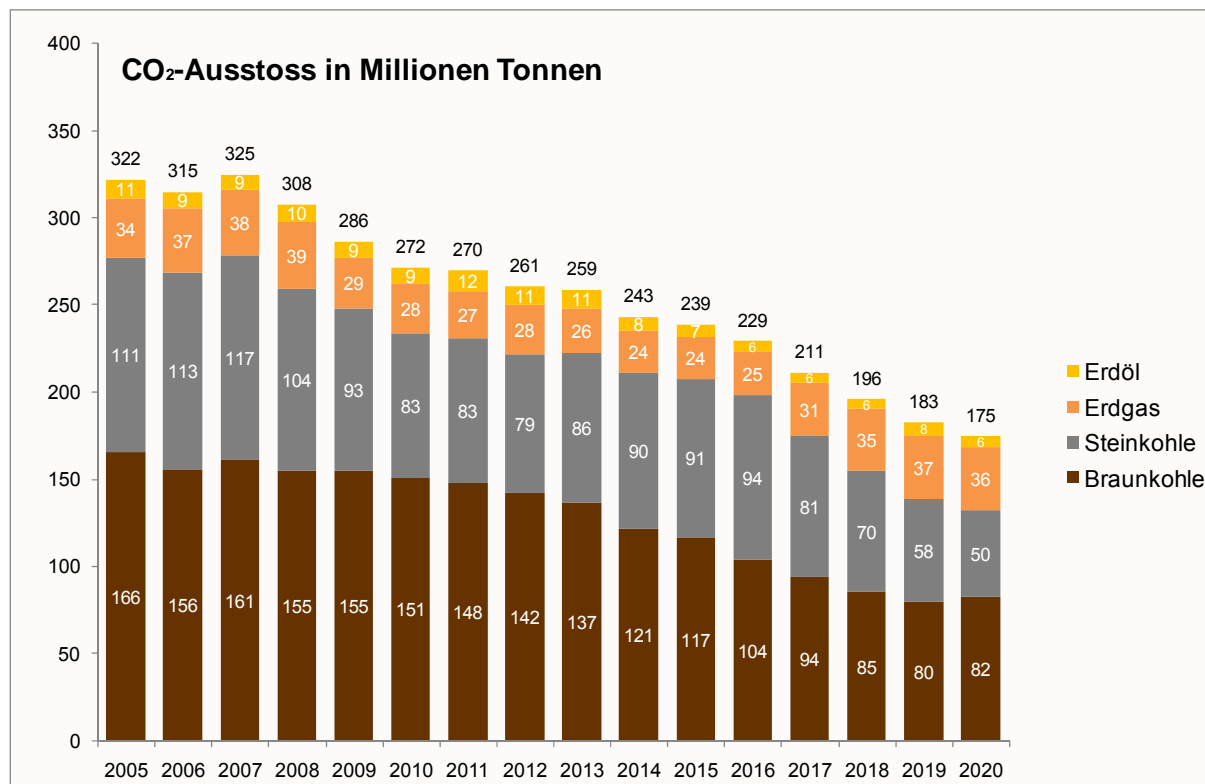


Prognos 2009

EU-weit hat die KKW-Verlängerung aufgrund des festgelegten CO₂-Caps keinen Einfluss auf den Gesamtausstoß des ETS-Sektors. In Deutschland hingegen sinken die CO₂-Emissionen im Kraftwerkssektor stärker als im Reduktionsszenario ohne Verlängerung, da die höhere Stromerzeugung der Kernkraftwerke fossile, nicht CO₂-freie Stromerzeugung verdrängt.

Damit sinken in Deutschland die CO₂-Emissionen der Strom- und Fernwärmeerzeugung im Zeitraum 2005 bis 2020 um etwa 46 %. Gegenüber 1990 gehen die Emissionen um etwa 48 % zurück.

Abbildung 4-12: CO₂-Ausstoß nach Energieträgern in Deutschland, Reduktionsszenario B und C, 2005 bis 2020, in Mio. t



Prognos 2009

4.3 Entwicklung des CO₂-Zertifikatepreises und des Strompreises

4.3.1 CO₂-Zertifikatepreis in Europa

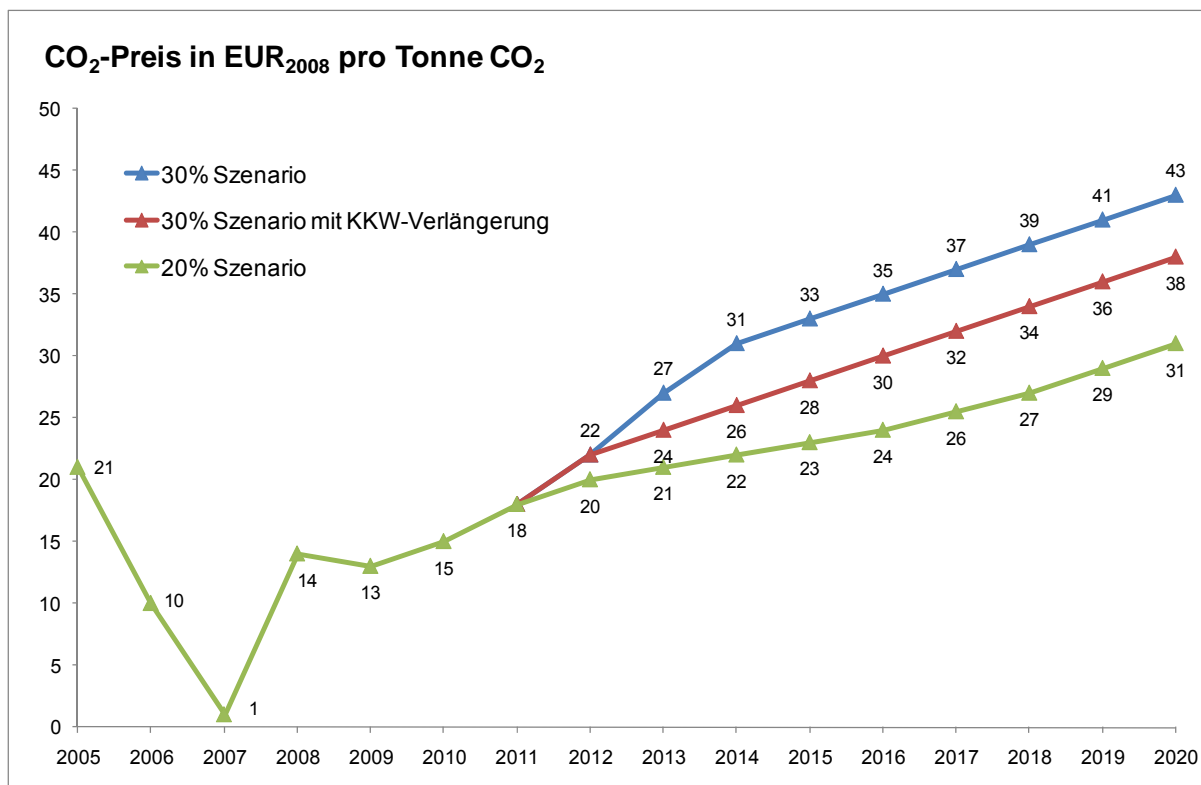
Der im Jahr 2005 gestartete EU-Emissionshandel ist ein marktwirtschaftliches Instrument der EU-Klimapolitik mit dem Ziel, die Treibhausgasemissionen unter minimalen volkswirtschaftlichen Kosten zu senken.

In der ersten Handelsperiode von 2005 bis 2007 waren große Preisschwankungen zu verzeichnen. Im Jahr 2006 erkannten die meisten Marktteilnehmer, dass es europaweit eine Überausstattung mit CO₂-Zertifikaten gab. Infolge dessen fiel der Preis massiv, zeitweise auf wenige Cent pro Tonne CO₂. Mit dem Start der zweiten Periode im Jahr 2008 und einer verringerten Zuteilung, stieg der Preis auf etwa 14 Euro/t CO₂ an.

Die Prognose des zukünftigen CO₂-Preises basiert auf den Berechnungen zum europäischen Kraftwerkspark und den Annahmen zur Entwicklung der im ETS-Sektor verpflichteten Industrieanlagen und der Luftfahrt.

Die folgende Abbildung 4-13 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen.

Abbildung 4-13: Entwicklung des CO₂-Zertifikatepreis bis zum Jahr 2020, in EUR₂₀₀₈ pro t



Prognos 2009

In allen drei betrachteten Szenarien steigt der CO₂-Preis infolge der sich verstärkenden Zertifikateverknappung kontinuierlich an. Sofern die europaweiten Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020 um 20 % verringert werden, ergibt sich ein Preis von 31 Euro pro Tonne CO₂ (real 2008) im Jahr 2020.

Das ambitioniertere Reduktionsziel von 30 % bis zum Jahr 2020 führt im ETS-Sektor zu einer höheren notwendigen CO₂-Reduktion. Diese führt zu einem CO₂-Preis von 43 Euro pro Tonne CO₂ (real 2008).

Wenn in Deutschland die Laufzeit aller bestehenden Kernkraftwerke um 20 Jahre verlängert wird (Reduktionszenarien B und C), steigt der CO₂-Preis um das 30 %-Reduktionsziel zu erreichen auf 38 Euro pro Tonne CO₂ (real 2008).

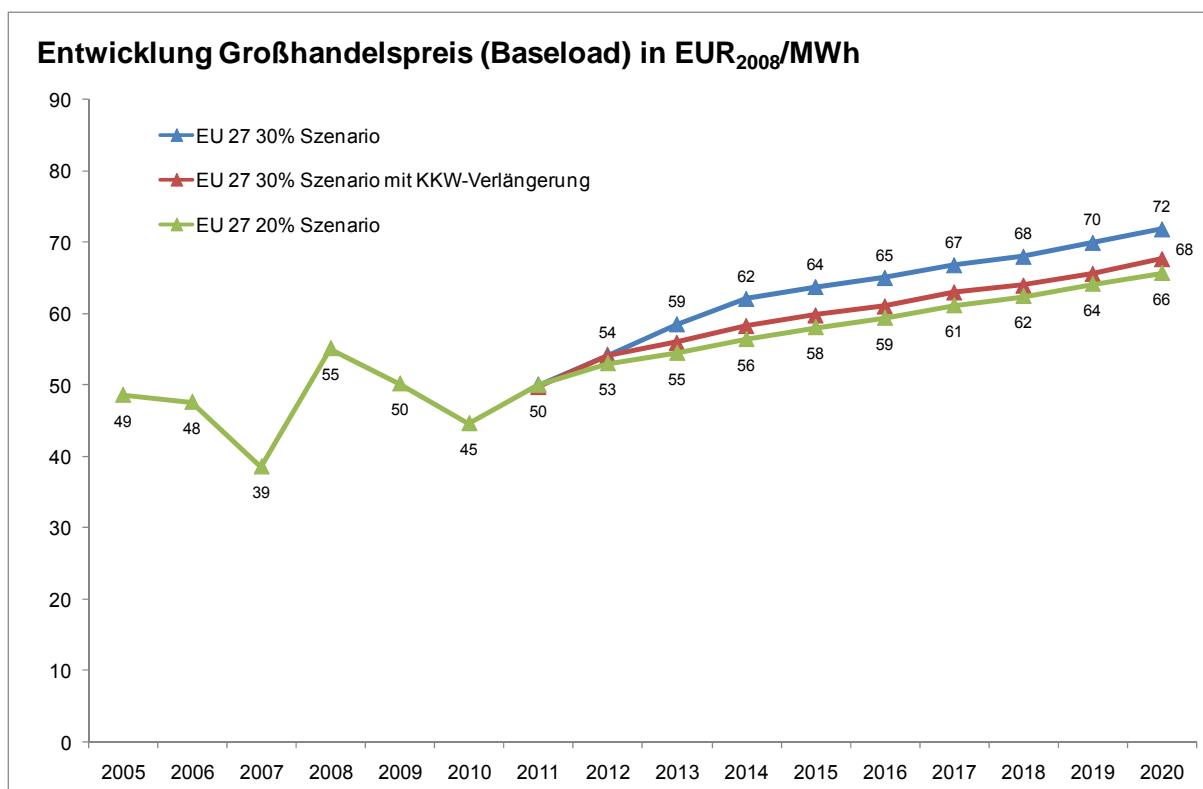
4.3.2 Entwicklung der Strompreise

Der Großhandelspreis für die EU ergibt sich als mit der Stromerzeugung der einzelnen Länder gewichtetes Mittel der berechneten Strompreise der Einzelstaaten. Für die Modellrechnungen zu den makroökonomischen Auswirkungen wurden die berechneten Großhandelspreise der einzelnen Staaten in Endkundenpreise für Haushalte und Industrie überführt.

In allen betrachteten Szenarien steigt sowohl im europäischen Mittel und in Deutschland der Großhandelsstrompreis im Zeitraum 2010 bis 2020.

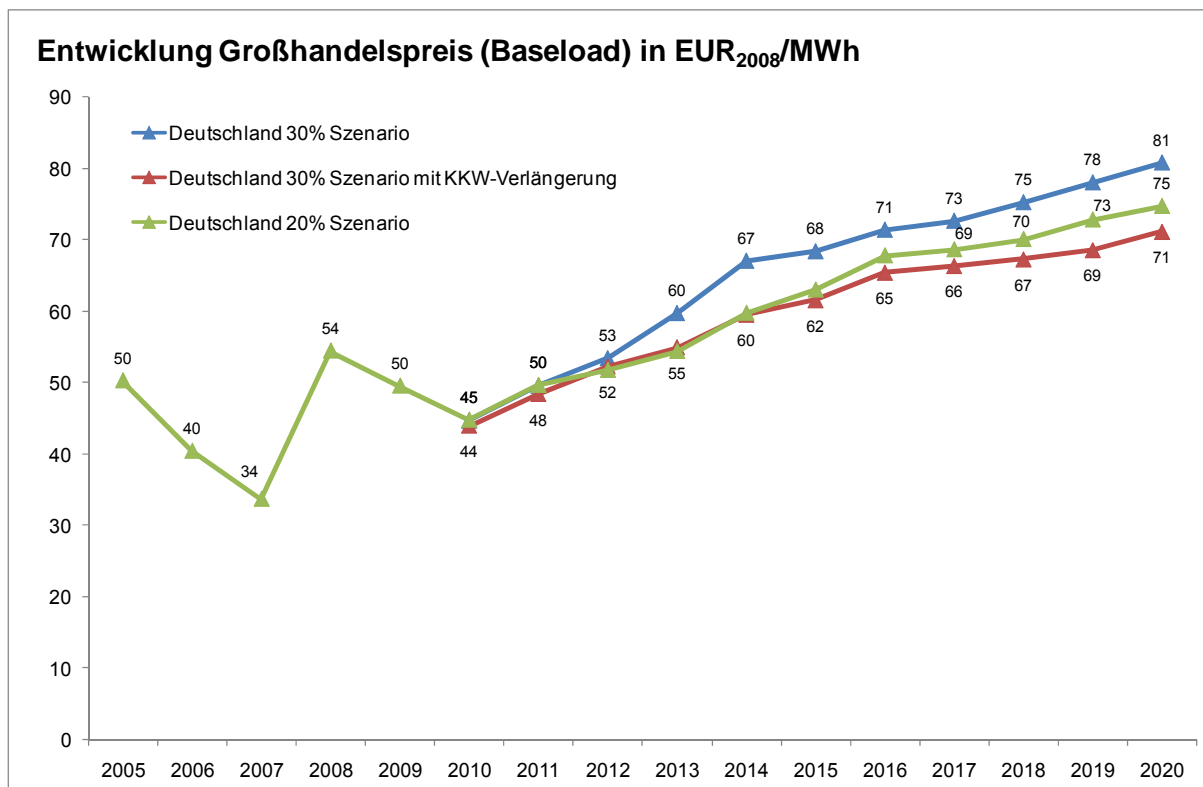
Bis zum Jahr 2020 steigen im Referenzszenario die Stromgroßhandelsstrompreise im europäischen Mittel gegenüber 2005 um etwa 32 %. In Deutschland beträgt der entsprechende Anstieg 50 %. Dieser Anstieg ist aufgrund der Abschaltung der meisten Kernkraftwerke und des hohen Einflusses des ansteigenden CO₂-Preises auf die deutschen Kohlekraftwerke überproportional hoch.

Abbildung 4-14: Entwicklung der Großhandelsstrompreise in der EU-27 bis zum Jahr 2020, in EUR₂₀₀₈ / MWh



Prognos 2009

Abbildung 4-15: Entwicklung der Großhandelsstrompreise in Deutschland bis zum Jahr 2020, in EUR₂₀₀₈ / MWh



Prognos 2009

5 Ökonomische Konsequenzen

Das Kapitel beschreibt die gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Konsequenzen der Szenarien. Die entscheidenden Preisimpulse für Strom und CO₂ werden aus Kapitel 4 übernommen.

5.1 Sozioökonomischer Rahmen in der Referenz

In der Referenzentwicklung führt die aktuelle Wirtschafts- und Finanzkrise dazu, dass das Wirtschaftswachstum zwischen 2000 und 2010 im Vergleich zum vorhergehenden Jahrzehnt deutlich reduziert ist. Nach dem Jahr 2010 kehren die Industrieländer wieder auf den Wachstumspfad zurück, der vor der Krise für Europa (DGTREN, 2008) und weltweit (IEA, 2008) erwartet wurde (vgl. Tabelle 5-1), das BIP bleibt aber unter der vorherigen absoluten Niveaulinie.

In Europa wachsen die neuen Mitglieder der EU (NMS-12) etwa so schnell wie die Weltwirtschaft, während die EU-15 deutlich zurückfällt. Die polnische Volkswirtschaft wächst weiter deutlich schneller als die deutsche, französische und britische mit entsprechenden Folgen für den Energieverbrauch.

Tabelle 5-1: Gesamtwirtschaftliche Entwicklung in der Referenz

Durchschn. jährliche Wachstumsraten	1990-2000	2000-2010	2010-2015	2015-2020
Deutschland	2,1 %	0,7 %	1,8 %	1,4 %
UK	2,5 %	1,6 %	1,9 %	2,1 %
Frankreich	2,1 %	0,8 %	2,2 %	1,7 %
Polen	3,6 %	3,5 %	4,4 %	3,8 %
EU-15	2,3 %	1,0 %	2,2 %	1,9 %
NMS-12	2,3 %	4,0 %	3,9 %	3,6 %
EU-27	2,3 %	1,3 %	2,4 %	2,2 %
andere Industrieländer	3,5 %	1,5 %	2,3 %	2,6 %
USA	3,3 %	1,5 %	2,0 %	2,2 %
Russland		4,1 %	3,3 %	4,2 %
G5	6,7 %	7,0 %	6,8 %	5,6 %
China	10,6 %	8,4 %	7,4 %	5,7 %
Indien	5,4 %	7,1 %	6,8 %	6,3 %
Brasilien	2,7 %	5,0 %	6,1 %	5,0 %
Rest der Welt	3,2 %	4,3 %	3,7 %	3,6 %
Welt (PPP2004)	3,7 %	3,4 %	4,1 %	3,9 %

Quelle: IMF, OECD, eigene Berechnungen der GWS

5.2 Interpretation der Szenarien

Die Zahl der Szenarien und der Vergleichsmöglichkeiten machen die Interpretation der Effekte nicht einfach.

Das Referenzszenario unterstellt bereits, dass die EU ihr 20 %-Treibhausgasminderungsziel und ihr 20 %-Erneuerbarenziel bis zum Jahr 2020 jeweils erreicht. Kosten zur Einhaltung dieser Ziele sind in den folgenden Szenarienvergleichen nicht enthalten. Die EU Kommission (2008) geht z. B. in ihrem Impact Assessment des Energie- und Klimapakets von gesamtwirtschaftlichen Kosten in Höhe von rund 0,35 % des BIP aus. Die Höhe des Betrages hängt allerdings stark von der konkreten Ausgestaltung der Politikmaßnahmen ab.

Der Vergleich von Szenario A mit dem Referenzszenario zeigt die Wirkungen eines Klimaschutzabkommens, bei dem die EU gegenüber den anderen Industrieländern sehr viel höhere Minderungsanstrengungen unternimmt. Der in beiden Szenarien unterstellte Kernenergieausstieg beschreibt die gegenwärtige Gesetzeslage in Deutschland, die sich bis zur Kopenhagen-Konferenz nicht mehr ändern wird. Der Vergleich zeigt damit Strom- und CO₂-Preiseffekte sowie die damit verbundenen gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Wirkungen eines einseitig verschärften Klimaschutzes der EU.

Die großen Schwellenländer müssen in Szenario A keine eigenen Minderungsanstrengungen erbringen und profitieren zugleich von CDM-Maßnahmen der Industrieländer. Damit werden nicht nur die Kapitalstöcke modernisiert, sondern auch dauerhaft die Energieimporte der Länder reduziert. Beides macht die Länder international wettbewerbsfähiger.

Der Vergleich von Szenario B mit Szenario A beschreibt die Wirkungen einer Laufzeitverlängerung deutscher Kernkraftwerke. Es ist davon auszugehen, dass dieser Vergleich nicht entscheidend von der Wahl des Referenzszenarios abhängt, d.h. auch wenn das Referenzszenario mit einem alternativen Ausstiegsszenario, das sich nur durch die Laufzeitverlängerung von der Referenz unterscheidet, verglichen werden würde, dürften die Strompreiseffekte und damit auch die ökonomischen Effekte ähnlich ausfallen.

Der Vergleich von Szenario C mit Szenario B verdeutlicht die Wirkungen eines gleichwertigen Klimaschutzabkommens für Deutschland und die EU. In Szenario C ist unterstellt, dass die übrigen Industrieländer einen einheitlichen CO₂-Preis akzeptieren, was bei einem gemeinsamen Handelssystem per Definition der Fall wäre. Die Schwellenländer akzeptieren eigene Emissionsbegrenzungsleistungen, die in BIP-Verlusten gegenüber der Referenz etwa dem Effekt in den USA entsprechen. Die Minderung der EU fällt in beiden Szenarien identisch aus, weil unterstellt ist, dass die übrigen Industrieländer Maßnahmen ergreifen, die zu dem EU-ETS-Preis auch in diesen Ländern führen. Mit Blick auf die vielen günstigen Minde-

rungspotenziale z.B. in den USA wäre tatsächlich eher zu erwarten, dass der Zertifikatspreis in einem gemeinsamen Handelssystem niedriger liegt als im EU-ETS alleine .

Damit lassen sich mit Hilfe der Szenarien die ökonomischen Wirkungen von drei Politikoptionen bzw. möglichen Verhandlungsergebnissen einzeln und zusammen beschreiben:

1. Die Wirkung einseitig verschärften Klimaschutzes der EU (Szenario A im Vergleich zum Referenzszenario)
2. Die Wirkung einer Laufzeitverlängerung deutscher Kernkraftwerke (Szenario B gegenüber Szenario A) bei einseitig verschärftem Klimaschutz
3. Die Wirkung eines gleichwertigen Klimaschutzabkommens gegenüber einseitig höheren Verpflichtungen der EU (Szenario C gegenüber Szenario B)
4. Der Vergleich von Szenario C mit dem Referenzszenario beschreibt schließlich den Gesamteffekt.

Tabelle 5-2: Interpretation der Szenarienvergleiche

Vergleich von	mit	zeigt
Szenario A	Referenz	Wirkungen einseitig verschärfter Klimaschutzziele der EU (nicht gleichwertige Minderungsleistungen)
Szenario B	Szenario A	Wirkungen verlängerter Kernenergielaufzeiten in Deutschland
Szenario C	Szenario B	Wirkungen eines gleichwertigen Klimaschutzabkommens
Szenario C	Referenz	Gesamteffekt aus 1, 2 und 3

GWS 2009

5.3 Internationaler Ergebnisüberblick

5.3.1 Szenarioeinstellungen

Zentraler Unterschied zwischen den Szenarien A bis C und der Referenzentwicklung ist die Erreichung des 30 %-Treibhausgas-Minderungsziels in der EU. Dazu ist mit dem **Prognos-Kraftwerksparkmodell** sehr detailliert ermittelt worden, welche Strompreise sich in den einzelnen Szenarien ergeben werden. Die Bedingungen für das Eintreten dieser Strompreisänderungen sind in Kapitel 3 dargestellt.

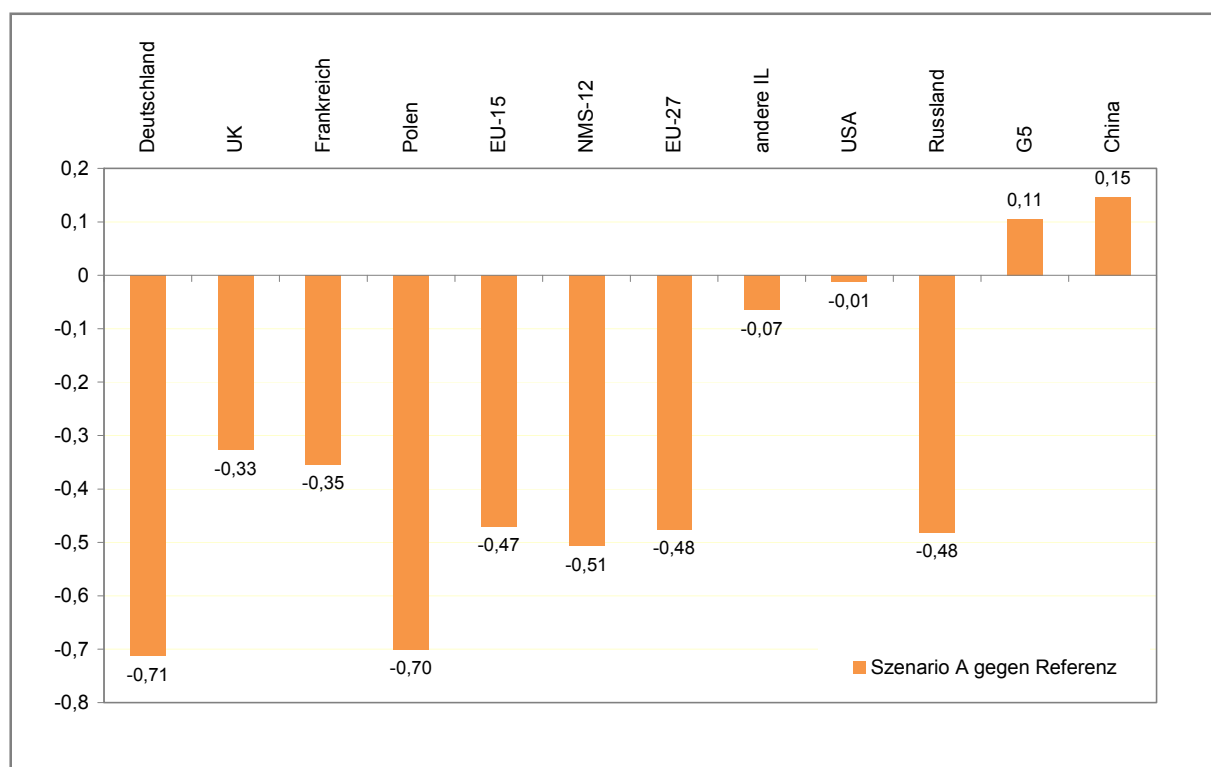
Für den Nicht-ETS-Sektor wird in allen drei Szenarien vereinfachend angenommen, dass verschiedene Maßnahmen (Effizienzrichtlinie, Gebäudesanierung, Kfz-Standards etc.) zur Zielerreichung ergriffen werden, deren CO₂-Preiswirkung dem ETS-Preis von 43 Euro/t CO₂

entspricht. Je nach konkreter Ausgestaltung der Politik könnten die CO₂-Minderungskosten deutlich höher oder niedriger und zwischen den Mitgliedstaaten unterschiedlich ausfallen.

5.3.2 Wirkung von verschärftem Klimaschutz ohne gleichwertige internationale Maßnahmen

Im Szenario A liegt das Bruttoinlandsprodukt der EU-27 im Jahr 2020 um 0,5 % unter dem Niveau der Referenz (vgl. Abbildung 5-1). In Preisen des Jahres 2008 liegt das Bruttoinlandsprodukt der EU-27 im Jahr 2020 um 61 Mrd. Euro niedriger als in der Referenz. Bezogen auf die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate zwischen 2012 und 2020 entspricht das einer um weniger als 0,1 % niedrigeren Rate. Besonders deutlich sind die negativen Wirkungen in Deutschland und Polen. Das BIP liegt in Deutschland im Jahr 2020 um rund 19 Mrd. Euro₂₀₀₈ niedriger als in der Referenz.

Abbildung 5-1: Abweichung des Bruttoinlandsprodukts in ausgewählten Ländern in Szenario A gegenüber der Referenz im Jahr 2020 in %



GWS 2009

Von einem Klimaschutzabkommen mit überproportionalen Minderungslasten für die EU profitieren insbesondere die Schwellenländer, allen voran China, wenn sie selbst keine Minderungslasten zu tragen haben und zugleich Effizienzverbesserungen durch CDM-Maßnahmen der Industrieländer ihre Energieimportrechnungen reduzieren und ihre Volkswirtschaften effizienter machen. Die Schwellenländer gewinnen internationale Wettbewerbsvorteile, was dazu führt,

dass Produktion und damit Emissionen in diese Länder verlagert werden. Es kommt zu einem, wenn auch begrenzten, Carbon Leakage. In China z.B. liegen die CO₂-Emissionen im Jahr 2020 um knapp 8 Mio. t höher als in der Referenz.

Für die Gruppe der übrigen Industrieländer sowie die USA halten sich dagegen Preisvorteile gegenüber der EU und Kosten eigener Treibhausgasminderungen (in Höhe von 25% des CO₂-Preises der EU) in etwa die Waage.

Russland kann bei verschärften Klimaschutzzielen zwar mehr Erdgas an die Stromerzeuger in der EU liefern, verliert auf der anderen Seite aber Abnehmer bei den übrigen Gasverbrauchern und beim Öl, so dass in der Summe sogar ein negativer Effekt auf das Bruttoinlandsprodukt zu verzeichnen ist.

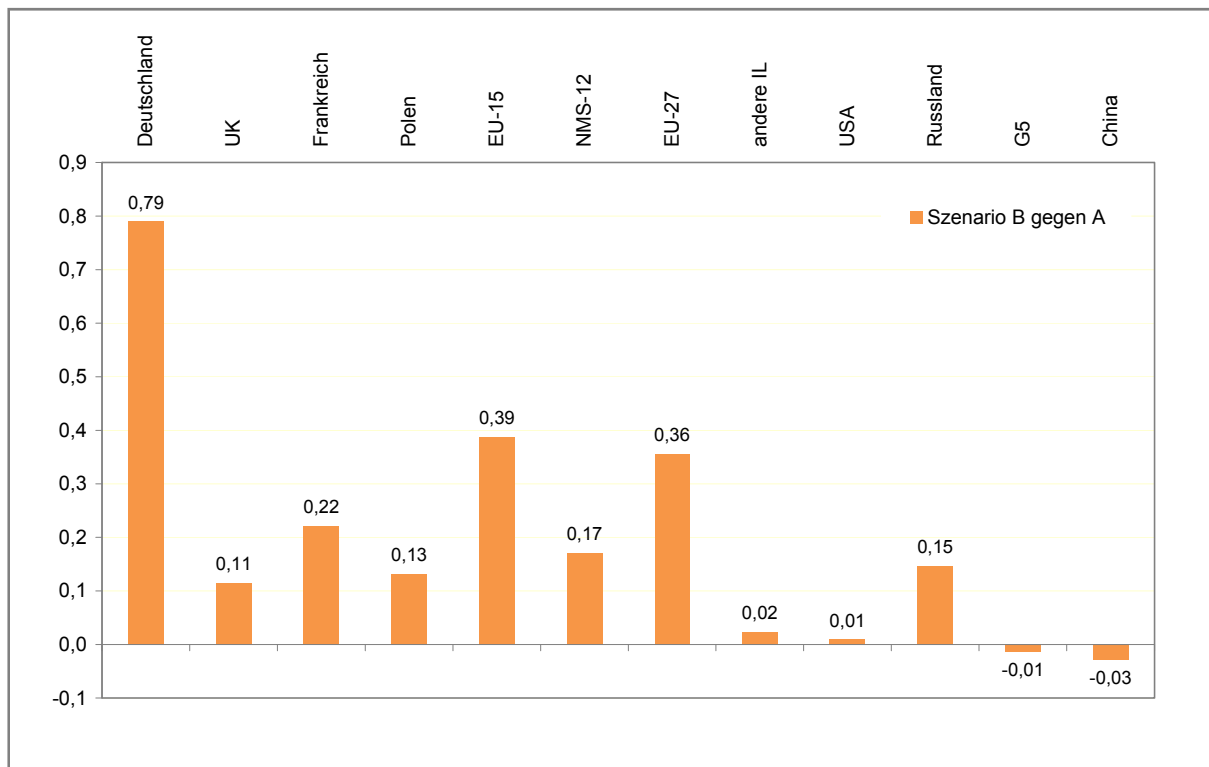
5.3.3 Wirkung verlängerter Kernenergielaufzeiten in Deutschland

Der alleinige Effekt der Laufzeitverlängerung von Kernkraftwerken ist in Abbildung 5-2 dargestellt. Für Deutschland ist die positive Wirkung mit 0,79% natürlich am größten. Das BIP liegt durch die Laufzeitverlängerung im Jahr 2020 um rund 21 Mrd. Euro₂₀₀₈ höher als in Szenario A. Der Effekt entspricht weitgehend der Variante des aktuellen Energiereports (IER et al., 2009, noch nicht veröffentlicht), der unter etwas anderen Ausgangsbedingungen (insbesondere geringere Klimaschutzanstrengungen) einen positiven BIP-Effekt der Laufzeitverlängerung von 0,62 % im Jahr 2020 gegenüber der Referenzprognose ausweist.

Niedrigere CO₂-Zertifikatspreise (Abbildung 4-13) und niedrigere Strompreise (Abbildung 4-14) im Vergleich zu Szenario A erklären die positiven gesamtwirtschaftlichen Wirkungen der Laufzeitverlängerung in allen EU-Staaten. Hiervon profitiert Deutschland aufgrund seiner Wirtschafts- und Stromerzeugungsstruktur bereits überdurchschnittlich. Daneben führen auch ein verbesserter Stromhandelssaldo und nicht zuletzt ein überdurchschnittlicher Strompreiseffekt (Abbildung 4-15) zu dem positiven Ergebnis für Deutschland.

Auch in den übrigen EU-Staaten liegt das BIP im Jahr 2020 im Szenario B höher als im Szenario A. Für die gesamte EU einschließlich Deutschland macht die Differenz im Jahr 2020 knapp 46 Mrd. Euro₂₀₀₈ aus. Dies liegt zum einen an ebenfalls niedrigeren Strompreisen in diesen Ländern und zum anderen löst ein höheres Wachstum in Deutschland auch Exporte aus anderen Ländern und damit Wachstum dort aus. Gegenläufig ist die Wirkung der höheren internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie, die im Fall China überwiegt.

Abbildung 5-2: Abweichung des Bruttoinlandsprodukts in ausgewählten Ländern in Szenario B gegenüber Szenario A im Jahr 2020 in %



GWS 2009

5.3.4 Wirkung eines gleichwertigen Klimaschutzabkommens

Bei gleichen CO₂-Preisen in allen Industrieländern (Szenario C) kann die EU-27 durch die gleichwertigen Wettbewerbsbedingungen im Außenhandel Vorteile im Vergleich zu Szenario B realisieren (Abbildung 5-3). Noch vor Deutschland könnte Polen relativ am stärksten von einem gleichwertigen internationalen Klimaschutzabkommen profitieren, wobei die Wirkungen stark von der Abbildung der östlichen Nachbarstaaten abhängen. Das Bruttoinlandsprodukt der EU-27 könnte dadurch im Jahr 2020 um 34 Mrd. Euro₂₀₀₈ höher liegen als in Szenario B. Für Deutschland würde sich gleichwertiger Klimaschutz in einer Zunahme des BIP von 12 Mrd. Euro₂₀₀₈ gegenüber Szenario B niederschlagen.

Es ist zu beachten, dass die EU in der Referenz bereits unilateral deutliche CO₂-Minderungen erbringt. Die Belastungen für die USA und China entsprechen sich etwa in den BIP-Verlusten gegenüber Szenario B und auch gegenüber der Referenz.

Abbildung 5-3: Abweichung des Bruttoinlandsprodukts in ausgewählten Ländern in Szenario C gegenüber Szenario B im Jahr 2020 in %



GWS 2009

5.3.5 Ergebnisse für die Reduktionsszenarien A bis C im Überblick

Insgesamt zeigt sich in Tabelle 5-3, dass mit höheren CO₂-Preisen auch höhere negative ökonomische Effekte verbunden sind. Im Szenario A liegt das Bruttoinlandsprodukt der EU-27 im Jahr 2020 um 0,5 % unter dem Niveau der Referenz.

Negative Wirkungen auf die Wirtschaftsleistung (Abbildung 5-4) übertragen sich nicht eins zu eins auf die Beschäftigung (Abbildung 5-5). Zum einen kommt es bei schwächerem Wachstum zu moderaten Lohnabschlüssen, was die Effekte im Zeitablauf eher reduziert. Zum zweiten kommt es auch zu Verschiebungen zwischen Ländern und Branchen, die unterschiedliche Beschäftigungsintensitäten aufweisen. Dadurch sind die Beschäftigungseffekte bzgl. der Lohn- und Gehaltssummen sehr viel höher als dies in den folgenden Zahlen ausgedrückt wird.

Bei einseitig verschärftem Klimaschutz würde die Beschäftigung in der EU-27 im Jahr 2020 um 182.000 Köpfe niedriger liegen. Die Laufzeitverlängerung der KKW in Deutschland würde für sich 219.000 zusätzliche Arbeitsplätze in der EU schaffen. Von gleichwertigem Klimaschutz könnte die EU-27 sogar 250.000 zusätzlich Beschäftigte erwarten.

Im Szenario B (Verlängerung Kernenergielaufzeiten) profitiert Deutschland deutlich von den im Vergleich zu Szenario A und im Vergleich zur Referenz niedrigeren Strompreisen. Auch für die EU-27 ergibt sich ein deutlich positiver Effekt im Vergleich zu Szenario A. Die übrigen EU-Staaten können aufgrund der niedrigeren CO₂- und Strompreise als in Szenario A ihre gesamtwirtschaftlichen Kosten ebenfalls reduzieren.

Im Szenario C mit gleichwertigen Minderungszielen der übrigen Industrieländer und Minderungen auch in den großen Schwellenländern kann die EU, wieder angeführt von der deutschen Industrie, ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit verbessern. Besonders günstig fällt der Effekt in den Jahren 2015 bis 2020 aus (vgl. Abbildung 4-15).

Tabelle 5-3: Überblick über die Szenarienergebnisse für die EU-27

Szenario	TGH-Ziel EU	CO ₂ -Preis Euro ₂₀₀₈ /t	BIP2008		Beschäftigung % ggü. jew. Vergleichs-szenario	CO ₂ -Reduktion	
			% ggü. jeweiligem Vergleichsszenario			% ggü. 1990	% ggü. Referenz
	2020	2020	2015	2020	2020	2020	2020
Referenz	20 %	31				-14,8	0,0
Szenario A	30 %	43	-0,47	-0,47	-0,08	-21,6	-7,9
Szenario B	30 %	38	0,31	0,36	0,09	-22,1	-8,6
Szenario C	30 %	38	0,14	0,26	0,11	-22,1	-8,6

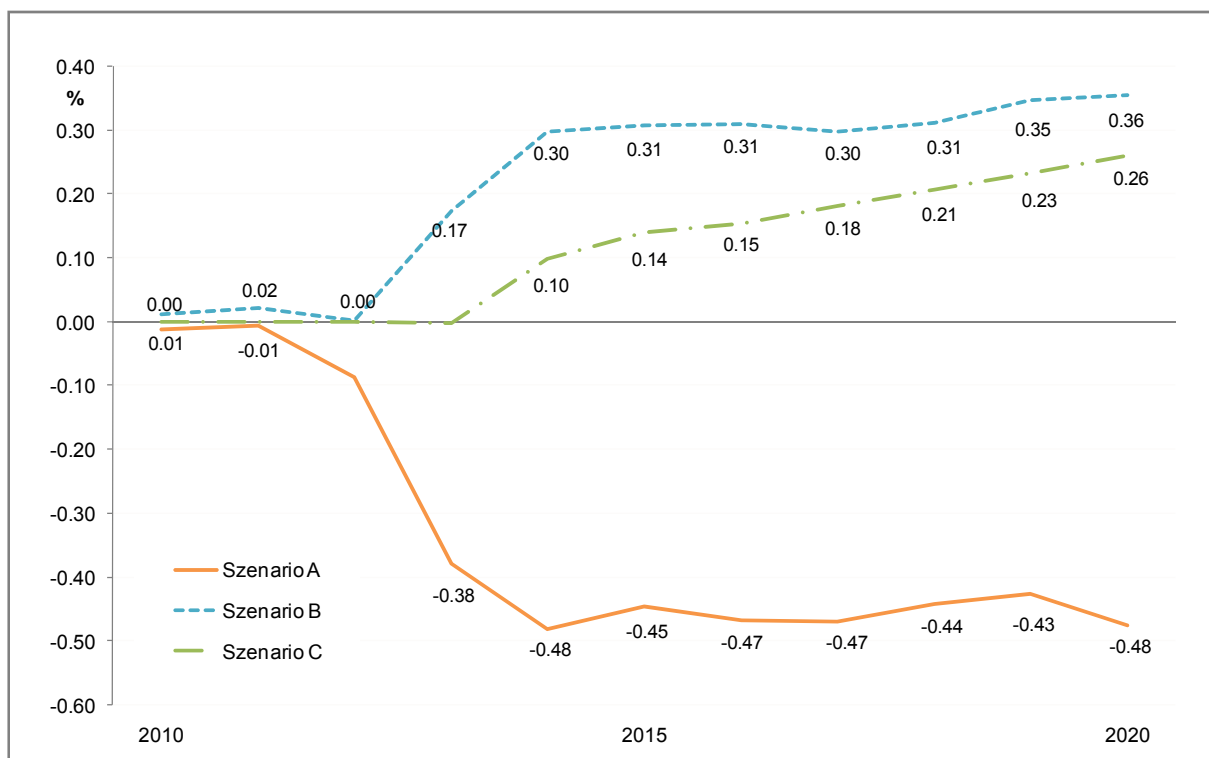
GWS 2009

Die Entwicklung der (energiebedingten) CO₂-Emissionen im Vergleich zu 1990 passt auf den ersten Blick nicht zu den THG-Minderungszielen. Es ist den EU-Mitgliedstaaten bis heute aber bereits gelungen, die Nicht-CO₂-Emissionen und prozessbedingte CO₂-Emissionen überproportional zu reduzieren. Im Bereich der Nicht-CO₂-Gase liegen noch weitere kostengünstige Potentiale, die zusammen etwa 5 Prozentpunkte der notwendigen Minderung bis 2020 erbringen werden. Eine Reduktion der energiebedingten CO₂-Emissionen um rund 15 % gegenüber 1990 reicht demnach aus, um das 20 %-THG-Minderungsziel einzuhalten.

In den Szenarien A, B und C ist außerdem unterstellt, dass 1/3 der zusätzlichen Minderung (50 % der Minderung im ETS-Sektor) durch Nutzung des Clean Development Mechanism (CDM) in Drittländern erfolgt. Die damit verbundenen Finanzströme sind in der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung enthalten. Bei einem jährlichen Volumen von bis zu knapp 200 Mio. Tonnen beläuft sich die Summe bei einem CO₂-Preis von in der Spitze 43 Euro auf maximal gut 8 Mrd. Euro im Jahr 2020 für die EU-27. Der direkte Impuls der mit dieser kosten-

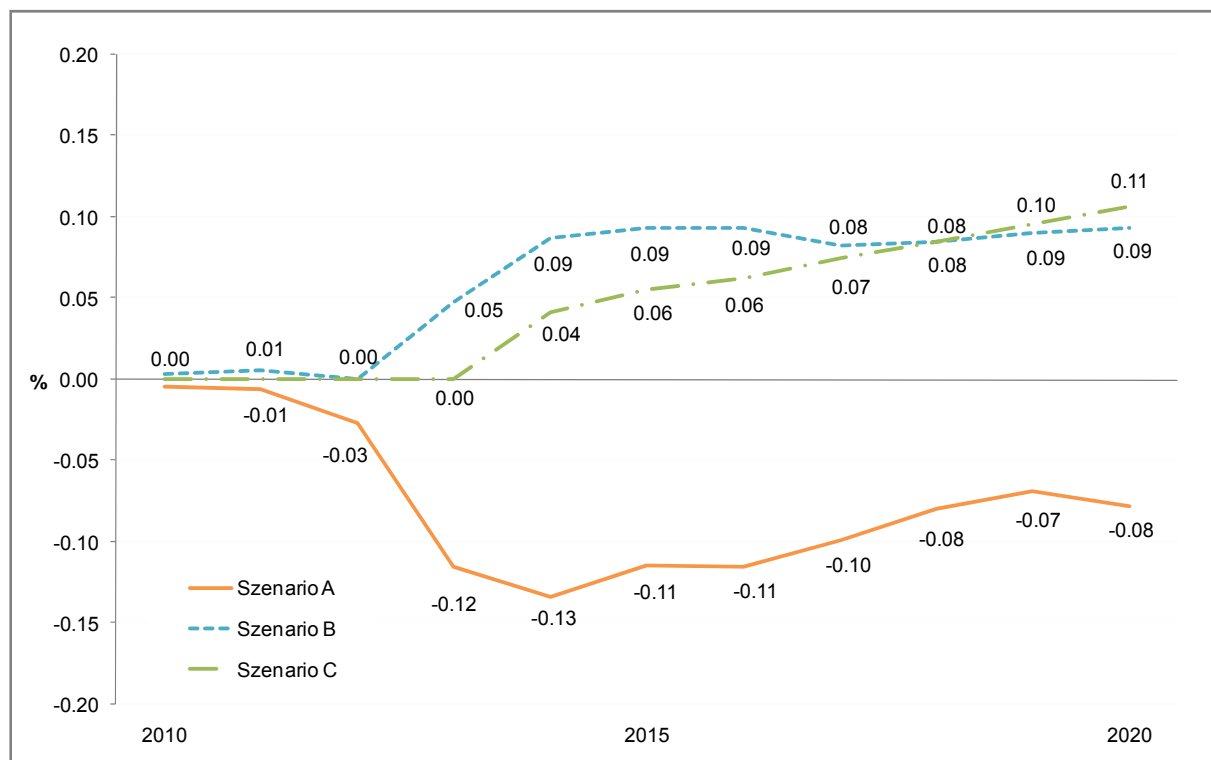
günstigen Minderungsoption verbundenen Finanzströme für die Gesamtergebnisse ist gering. Die Bedeutung liegt vor allem darin, dass auf teure heimische Minderungsoptionen verzichtet werden kann.

Abbildung 5-4: Abweichung des Bruttoinlandsprodukts der EU-27 in den drei Szenarien vom jeweiligen Vergleichsszenario in %



GWS 2009

Abbildung 5-5: Abweichung der Beschäftigung in der EU-27 in den drei Szenarien vom jeweiligen Vergleichsszenario in %

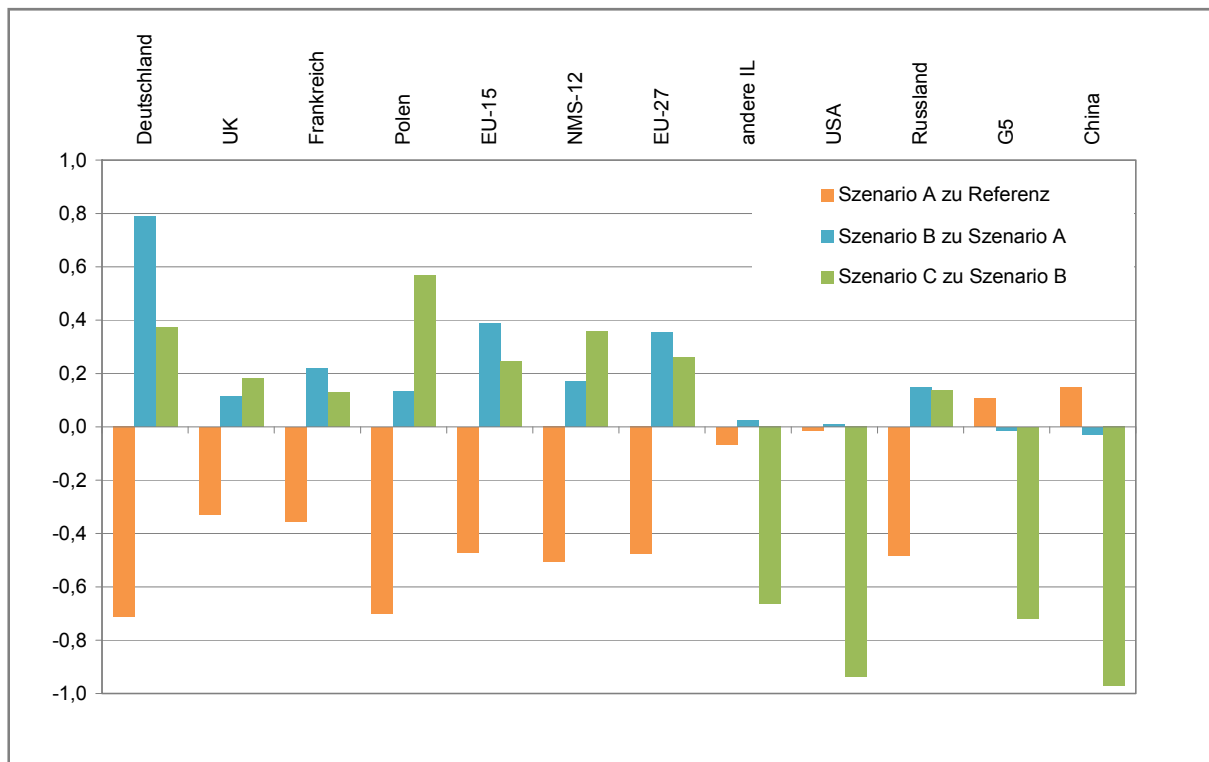


GWS 2009

Im Ländervergleich in Abbildung 5-6 fällt auf, dass Deutschland von der Laufzeitverlängerung in Szenario B und auch von der Gleichwertigkeit eines internationalen Abkommens überdurchschnittlich profitieren kann. Aber auch für die anderen EU-Volkswirtschaften ergibt sich aus dem niedrigeren CO₂-Preis und niedrigeren Strompreisen in Szenario B im Vergleich zu Szenario A ein ökonomischer Vorteil. Russland ist als Rohstofflieferant negativ von der reduzierten Energienachfrage vor allem in Europa betroffen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist auch zu berücksichtigen, dass die EU-Staaten unterschiedliche Strukturen aufweisen. Die Bedeutung des Außenhandels, die Struktur der Wirtschaft, die Energieintensität der Produktion und nicht zuletzt die CO₂-Intensität der Volkswirtschaft spielen eine wichtige Rolle. Die stark auf Dienstleistungen ausgerichtete britische Volkswirtschaft ist generell weniger betroffen als die stärker auf Güterproduktion spezialisierten Länder Deutschland und Polen. Der negative Effekt für Frankreich ist auch vor dem Hintergrund des Szenariodesigns zu erklären. Der relative Preisunterschied zwischen der Referenz und den drei Szenarien ist nicht so groß, dass Frankreich bei weitgehend CO₂-freier Stromerzeugung gegenüber Deutschland deutliche Wettbewerbsvorteile gewinnen kann (ein Großteil findet sich bereits in der Referenz).

Abbildung 5-6: Abweichung des Bruttoinlandsprodukts in ausgewählten Ländern in den drei Szenarien gegenüber dem jeweiligen Vergleichsszenario im Jahr 2020 in %



GWS 2009

5.3.6 Einordnung der Ergebnisse

Die ausgewiesenen makroökonomischen Effekte sind aus verschiedenen Gründen nicht als Kosten (oder Nutzen) des Klimaschutzes zu interpretieren:

1. Es wird nur die Differenz zwischen der THG-Minderung um 20 % und der Minderung um 30 % in den drei Szenarien ermittelt. Auch in der Referenz sind bereits deutliche Klimaschutzanstrengungen enthalten, was sich in dem CO₂-Preis von 31 Euro/t CO₂ niederschlägt. Der Aufschlag auf den CO₂-Preis ist mit maximal 12 Euro/t CO₂ in Szenario A im Vergleich zur Referenz viel niedriger.
2. Die Szenarien B und C beschreiben Handlungsoptionen, um die Klimaschutzkosten für Deutschland und die EU gering zu halten. Sie sind nicht als Wirkungen verschärften Klimaschutzes zu interpretieren. Dazu müssten sie einem Referenzszenario gegenübergestellt werden, das in Deutschland verlängerte Laufzeiten von Kernkraftwerken berücksichtigt. Bleibt dies in der Interpretation der positiven Ergebnisse unberücksichtigt, kann leicht der Eindruck entstehen, anspruchsvoller Klimaschutz sei zum Nulltarif zu haben.

3. Das Erneuerbarenziel der EU von 20 % bis 2020 wird in allen Szenarien erreicht. Kosten und Nutzen Erneuerbarer Energien, die auch von Land zu Land und je nach Ausgestaltung der Politik unterschiedlich ausfallen werden, sind entsprechend nicht enthalten.
4. Im Nicht-ETS-Sektor sind ganz unterschiedliche Politikmaßnahmen zur Zielerreichung denkbar, die grob vereinfacht über einen einheitlichen CO₂-Preiszuschlag erfasst werden.
5. Es ist zu erwarten, dass die Industrieländer im Rahmen eines Kyoto-Nachfolgeabkommens auch Anpassungsmaßnahmen und Technologietransfer in Schwellen- und Entwicklungsländer in Form staatlicher Transfers finanzieren werden. Die EU hat hierzu am 30.10.2009 ihre grundsätzliche Bereitschaft angeboten. Diese Kosten, die auch mit Exportchancen für europäische Anbieter verbunden sein können, aber auch über die CO₂-Einnahmen finanziert werden könnten, sind hier unberücksichtigt.
6. Gleichwertige Klimaschutzbemühungen werden in Szenario C als gleiche CO₂-Preise interpretiert. Angesichts eher niedrigerer CO₂-Vermeidungskosten in anderen Industrieländern im Vergleich zur EU-27 (allein wegen der Vorreiterrolle der EU im Referenzszenario) ist dies als Verhandlungsergebnis von Kopenhagen kaum zu erwarten. Szenario C beschreibt ein aus EU-Sicht sehr gutes Ergebnis in Kopenhagen, ein für alle Industrieländer einheitliches Emissionshandelssystem mit dann gleichen CO₂-Preisen, das als Obergrenze möglicher Effekte zu interpretieren ist.
7. Das Szenariodesign ist bereits auf kosteneffizienten Klimaschutz ausgerichtet, was sich u. a. in den Möglichkeiten für CDM und den Annahmen für den Nicht-ETS-Sektor niederschlägt. Minderungsoptionen, die vor allem nach 2020 wirksam werden könnten wie alternative Antriebe im Verkehr, werden bei den unterstellten CO₂-Preisen nicht ohne deutliche staatliche Förderung und Anschubfinanzierung Marktreife erlangen. Die Minderungskosten bis 2020 dürften entsprechend höher ausfallen.

5.4 Ergebnisse für Deutschland

5.4.1 Wirkung von verschärftem Klimaschutz ohne gleichwertige internationale Maßnahmen

Die größten Abweichungen zwischen den Szenarien zeigen sich erwartungsgemäß für Deutschland. Die gesamtwirtschaftlichen Ergebnisse hängen wesentlich vom Außenhandel ab. Je besser die Wirkung auf die Handelsbilanz ist, desto positiver fällt das gesamtwirtschaftliche Ergebnis aus.

Im Szenario A wird die deutsche Industrie im EU-Vergleich überdurchschnittlich negativ getroffen (Tabelle 5-4). Das BIP liegt im Szenario A im Jahr 2020 um 19,1 Mrd. Euro₂₀₀₈ niedriger als in der Referenz. Wesentlich getrieben wird dies durch den Rückgang der Exporte im Vergleich zur Referenz um fast 1 % im Jahr 2020. Zwar sinken auch die Importe etwas, aber der negative Außenhandelsimpuls reduziert auch Investitionen und Konsum. Der Beschäftigungsrückgang von knapp 55.000 fällt aufgrund von Lohnzurückhaltung – der durchschnittliche Stundenlohnsatz steigt weniger an als der Preisindex der Lebenshaltung – weniger deutlich aus als der Produktionseffekt. Der Rückgang bei der Lohn- und Gehaltssumme fällt sehr viel stärker aus. Nicht nur die zusätzlichen Arbeitslosen sind von einseitig verschärftem Klimaschutz negativ betroffen, sondern auch alle Beschäftigten über niedrigere Löhne.

Tabelle 5-4: Gesamtwirtschaftliche Effekte für Deutschland im Szenario A

2020	Abweichung von der Referenz	
	in %	absolut
BIP (Mrd. Euro ₂₀₀₈)	-0,71	-19,1
Privater Verbrauch	-0,48	-5,8
Staatsverbrauch	-0,76	-3,4
Investitionen	-0,49	-2,3
Exporte	-0,94	-16,7
Importe	-0,74	-9,1
Beschäftigte (in 1000)	-0,15	-54,7
Preisindex Lebenshaltung (1995 = 100)	0,75	1,1
Durchschnittlicher Stundenlohnsatz in Euro	0,18	0,3

GWS 2009

Am stärksten geht die Produktion im Produzierenden Gewerbe zurück, wo auch nennenswerte Beschäftigungsverluste zu verzeichnen sind (Tabelle 5-5). Auch in den mit der Industrie eng verbundenen Dienstleistungsbereichen sinkt die Beschäftigung, während in

anderen Bereichen auch Reallohneffekte eine Rolle spielen, die trotz sinkender Produktion zu leicht zunehmender Beschäftigung führen können (Tabelle 5-6). Allerdings müssen die Beschäftigten mit niedrigeren Löhnen als in der Referenz zurechtkommen. Die leichte Zunahme bei der Beschäftigung z.B. bei Handel, Gastgewerbe und Transport wird durch Lohnzurückhaltung erkaufte und ist nicht als Wohlstandsteigerung der Beschäftigten zu verstehen.

Tabelle 5-5: Sektorale Produktionseffekte für Deutschland im Szenario A

2020	Abweichung vom Referenzszenario	
	in %	in Mrd. Euro
Landwirtschaft, Forstwirtschaft	-0,7	-0,3
Produzierendes Gewerbe	-0,9	-16,3
Baugewerbe	-0,6	-1,6
Handel, Gastgewerbe, Transport	-0,8	-5,0
Unternehmensbezogene Dienstleistungen	-0,6	-5,3
Sonstige Dienstleistungen	-0,7	-5,5
Summe	-0,7	-34,0

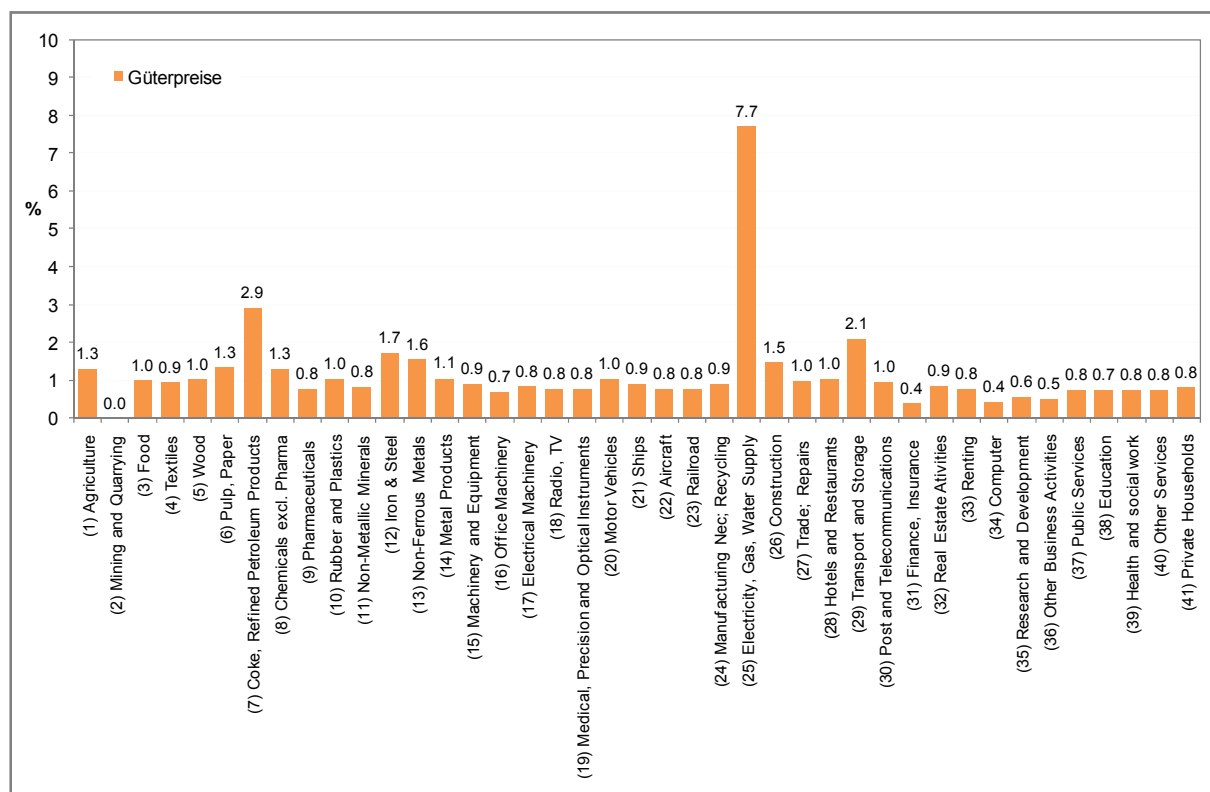
GWS 2009

Tabelle 5-6: Sektorale Beschäftigungseffekte für Deutschland im Szenario A

Beschäftigte DE in 2020	Abweichung von der Referenz	
	in %	in 1000
Landwirtschaft, Forstwirtschaft	0,6	2,2
Produzierendes Gewerbe	-0,4	-34,7
Chemie	-0,2	-0,5
Eisen und Stahl	-1,0	-1,6
Maschinenbau	-0,5	-5,4
Fahrzeuge	-0,4	-4,5
Baugewerbe	0,8	9,4
Handel, Gastgewerbe, Transport	0,2	14,4
Unternehmensbezogene Dienstleistungen	-0,7	-25,2
Sonstige Dienstleistungen	-0,2	-22,4
Summe	-0,1	-54,7

GWS 2009

Abbildung 5-7: Sektorale Preiseffekte für Deutschland im Szenario A – Abweichungen von der Referenz, in %



GWS 2009

Die sektoralen Preiseffekte sind auch aufgrund des Szenariodesigns begrenzt (Abbildung 5-7). Selbst energieintensive Branchen wie die Eisen- und Stahlindustrie stehen bei etwas höheren CO₂-Preisen und damit verbunden höheren Strompreisen nicht vor drastischen Kostensteigerungen. Die Preissteigerungen gegenüber der Referenz fallen bei Eisen und Stahl und den NE-Metallen sowie dem Transportsektor etwas überdurchschnittlich aus. Einzelne energieintensive Anlagen können vor sehr viel höheren Kostensteigerungen stehen, als dies in einer Durchschnittsbetrachtung sichtbar werden kann.

5.4.2 Wirkung verlängerter Kernenergielaufzeiten in Deutschland

Im Szenario B ist wiederum die Entwicklung des Außenhandels maßgeblich für die gesamtwirtschaftliche Wirkung. Die Verlängerung der Kernenergielaufzeiten in Szenario B führt zu niedrigeren Strompreisen und damit insgesamt niedrigeren Preisen in Deutschland als in Szenario A und der Referenz. Gegenüber den übrigen EU-Mitgliedstaaten kann Deutschland an internationaler Wettbewerbsfähigkeit gewinnen. Die im Vergleich zu Szenario A niedrigeren CO₂-Zertifikatspreise stützen die deutsche Volkswirtschaft zusätzlich (Tabelle 5-7).

Im Ergebnis kann Deutschland das weitergehende Minderungsziel trotz fehlender gleichwertiger Minderungsverpflichtungen der übrigen

Industrieländern und der großen Schwellenländer ohne negative gesamtwirtschaftliche Effekte erreichen (im Vergleich zum Referenzszenario bei Kernenergieausstieg).

Tabelle 5-7: Gesamtwirtschaftliche Effekte für Deutschland im Szenario B im Vergleich zur Referenz

2020	Abweichung von der Referenz	
	in %	absolut
BIP (Mrd. Euro ₂₀₀₈)	0,07	1,9
Privater Verbrauch	0,15	1,9
Staatsverbrauch	-0,04	-0,2
Investitionen	0,07	0,3
Exporte	-0,07	-1,3
Importe	-0,09	-1,2
Beschäftigte (in 1000)	0,07	25,2
Preisindex Lebenshaltung (1995 = 100)	0,02	0,0
Durchschnittlicher Stundenlohnsatz in Euro	0,01	0,0

GWS 2009

Tabelle 5-8: Gesamtwirtschaftliche Effekte für Deutschland im Szenario B im Vergleich zu Szenario A

2020	Abweichung vom Szenario A	
	in %	absolut
BIP (Mrd. Euro ₂₀₀₈)	0,79	21,1
Privater Verbrauch	0,63	7,6
Staatsverbrauch	0,72	3,2
Investitionen	0,57	2,6
Exporte	0,87	15,4
Importe	0,65	7,9
Beschäftigte (in 1000)	0,21	79,9
Preisindex Lebenshaltung (1995 = 100)	-0,72	-1,1
Durchschnittlicher Stundenlohnsatz in Euro	-0,17	-0,3

GWS 2009

Die alleinige, sehr positive Wirkung der Laufzeitverlängerung ist in Tabelle 5-8 aufgeführt. Haupttreiber des zusätzlichen Wachstums ist wieder der Export. Das Preisniveau liegt um 0,72 % unter dem Niveau in Szenario A. Zusätzliches Wachstum und niedrigere Preise ermöglichen Reallohnsteigerungen für die Beschäftigten – der Stun-

denlohnsatz geht weniger stark zurück als das Preisniveau – und schaffen rund 80.000 zusätzliche Arbeitsplätze. Das Bruttoinlandsprodukt könnte durch die Laufzeitverlängerung in Deutschland im Jahr 2020 um 21,1 Mrd. Euro₂₀₀₈ höher liegen als in Szenario A.

5.4.3 Wirkung eines gleichwertigen Klimaschutzabkommens

Noch günstiger fällt die Wirkung aus, wenn ein gleichwertiges Klimaschutzabkommen mit den wichtigsten Industrie- und Schwellenländern in Szenario C unterstellt wird. Dann könnte Deutschland aufgrund seiner Spezialisierung und den günstigen Produktionsbedingungen sogar höhere Exporte realisieren und damit auch ein im Vergleich zur Referenz höheres BIP und mehr Beschäftigung erreichen (Tabelle 5-9).

Tabelle 5-9: Gesamtwirtschaftliche Effekte für Deutschland im Szenario C im Vergleich zur Referenz

2020	Abweichung von der Referenz	
	in %	absolut
BIP (Mrd. Euro 2008)	0,45	11,9
Privater Verbrauch	0,30	3,6
Staatsverbrauch	0,04	0,2
Investitionen	0,32	1,5
Exporte	0,42	7,4
Importe	0,06	0,8
Beschäftigte (in 1000)	0,22	81,5
Preisindex Lebenshaltung (1995 = 100)	0,23	0,3
Durchschnittlicher Stundenlohnsatz in Euro	0,37	0,6

GWS 2009

Der alleinige Effekt des gleichwertigen Klimaschutzabkommens für Deutschland ist in Tabelle 5-10 dargestellt. In diesem Szenario steigen die Preise auf den internationalen Gütermärkten, was Deutschland im Vergleich zu Szenario B Wettbewerbsvorteile verschafft. Trotz leichter Reallohnsteigerungen für die Beschäftigten liegt das Beschäftigungsplus gegenüber Szenario B bei gut 56.000. Das BIP könnte in 2020 um 11,9 Mrd. Euro₂₀₀₈ höher liegen als in Szenario B. International gleichwertiger Klimaschutz ist für Deutschland im Vergleich zu einseitig verschärftem Klimaschutz auch gesamtwirtschaftlich vorteilhaft.

Tabelle 5-10: Gesamtwirtschaftliche Effekte für Deutschland im Szenario C im Vergleich zu Szenario B

2020	Abweichung vom Szenario B	
	in %	absolut
BIP (Mrd. Eur)	0,37	10,0
Privater Verbrauch	0,14	1,7
Staatsverbrauch	0,08	0,4
Investitionen	0,25	1,2
Exporte	0,49	8,7
Importe	0,16	1,9
Beschäftigte (in 1000)	0,15	56,3
Preisindex Lebenshaltung (1995 = 100)	0,21	0,3
Durchschnittlicher Stundenlohnsatz in Euro	0,35	0,6

GWS 2009

5.5 Ausgewählte Ergebnisse für andere EU-Staaten (FR, UK, PL)

Auch in anderen großen europäischen Volkswirtschaften zeigen sich in Szenario A die größten negativen Effekte auf die Produktion und mit Ausnahme Frankreichs auf die Beschäftigung im Produzierenden Gewerbe. Für Polen ist die Bedeutung des Industriebereichs größer als für Frankreich und das Vereinigte Königreich, was die höheren Effekte erklärt. Die reinen Beschäftigtenzahlen verdecken den Zusammenhang, dass vor allem gut bezahlte Industriearbeitsplätze verlorengehen und deutlich schlechter bezahlte Beschäftigungsverhältnisse im Dienstleistungssektor entstehen. Wie oben für Deutschland beschrieben, fallen die Effekte bei den Lohn- und Gehaltssummen auch in diesen Ländern deutlich stärker aus als bei der Betrachtung reiner Beschäftigtenzahlen.

In den Szenarien B und C fallen die Effekte in Frankreich und dem Vereinigten Königreich jeweils etwas besser aus, sind aber recht gering. Allein in Polen ist der Beschäftigungseffekt im Szenario B im Vergleich zu Szenario A leicht negativ. Polen könnte deutlich von gleichwertigem Klimaschutz profitieren (Szenario C), wobei der Effekt stark davon abhängt, wie die östlichen Nachbarländer Polens modelliert sind.

Tabelle 5-11: Sektorale Produktionseffekte für Frankreich im Szenario A

2020	Abweichung vom Referenzszenario	
	in %	in Mrd. Euro
Landwirtschaft, Forstwirtschaft	-0,4	-0,3
Produzierendes Gewerbe	-0,5	-6,5
Baugewerbe	-0,2	-0,4
Handel, Gastgewerbe, Transport	-0,3	-2,0
Unternehmensbezogene Dienstleistungen	-0,3	-2,4
Sonstige Dienstleistungen	-0,4	-1,6
Summe	-0,4	-13,1

GWS 2009

Tabelle 5-12: Sektorale Produktionseffekte für das Vereinigte Königreich im Szenario A

2020	Abweichung vom Referenzszenario	
	in %	in Mrd. GBP
Landwirtschaft, Forstwirtschaft	-0,2	-0,1
Produzierendes Gewerbe	-1,0	-7,2
Baugewerbe	-0,2	-0,3
Handel, Gastgewerbe, Transport	-0,1	-0,6
Unternehmensbezogene Dienstleistungen	-0,1	-0,9
Sonstige Dienstleistungen	-0,1	-0,5
Summe	-0,4	-9,6

GWS 2009

Tabelle 5-13: Sektorale Produktionseffekte für Polen im Szenario A

2020	Abweichung vom Referenzszenario	
	in %	in Mrd. Zloty
Landwirtschaft, Forstwirtschaft	-0,3	-0,4
Produzierendes Gewerbe	-1,2	-9,0
Baugewerbe	-0,7	-1,2
Handel, Gastgewerbe, Transport	-0,4	-1,4
Unternehmensbezogene Dienstleistungen	-0,3	-0,4
Sonstige Dienstleistungen	-0,3	-0,4
Summe	-0,7	-12,7

GWS 2009

Tabelle 5-14: Sektorale Beschäftigungseffekte für Frankreich im Szenario A

2020	Abweichung von der Referenz	
	in %	in 1000
Landwirtschaft, Forstwirtschaft	0,4	2,3
Produzierendes Gewerbe	-0,1	-4,4
Chemie	-0,1	-0,1
Eisen und Stahl	0,0	0,0
Maschinenbau	-0,1	-0,3
Fahrzeuge	-0,0	0,0
Baugewerbe	-0,2	-1,5
Handel, Gastgewerbe, Transport	-0,2	-14,1
Unternehmensbezogene Dienstleistungen	-0,3	-14,3
Sonstige Dienstleistungen	0,2	22,8
Summe	0,0	-9,8

GWS 2009

Tabelle 5-15: Sektorale Beschäftigungseffekte für das Vereinigte Königreich im Szenario A

2020	Abweichung von der Referenz	
	in %	in 1000
Landwirtschaft, Forstwirtschaft	0,0	0,8
Produzierendes Gewerbe	-0,4	-18,4
Chemie	-0,4	-0,7
Eisen und Stahl	-1,1	-0,9
Maschinenbau	-0,7	-2,8
Fahrzeuge	-0,1	-0,3
Baugewerbe	0,6	9,9
Handel, Gastgewerbe, Transport	0,0	-4,0
Unternehmensbezogene Dienstleistungen	-0,1	-9,6
Sonstige Dienstleistungen	0,1	7,0
Summe	0,0	-14,4

GWS 2009

Tabelle 5-16: Sektorale Beschäftigungseffekte für Polen im Szenario A

2020	Abweichung von der Referenz	
	in %	in 1000
Landwirtschaft, Forstwirtschaft	0,4	0,8
Produzierendes Gewerbe	-0,7	-15,4
Chemie	-0,4	-0,5
Eisen und Stahl	-0,4	-0,3
Maschinenbau	-0,4	-0,5
Fahrzeuge	-0,6	-0,2
Baugewerbe	0,2	1,4
Handel, Gastgewerbe, Transport	0,0	0,8
Unternehmensbezogene Dienstleistungen	-0,1	-1,5
Sonstige Dienstleistungen	0,2	4,3
Summe	-0,1	-10,8

GWS 2009

Literaturverzeichnis

- De Conick, H. et al. (2009): Post-2012 allocation: Allowable emissions based on people, not nations. Princeton Environmental Institute, Energy Research Centre of the Netherlands. Powerpoint Präsentation.
- EEA (2004): Energy Subsidies in the European Union: A Brief Overview- EEA Technical Paper, 1/2004, Kopenhagen.
- ESC (2008): Energiestrategie für die ETH Zürich. Energy Science Centre, ETH Zürich.
- DG TREN (2008): European Energy and Transport. Trends to 2030 - update 2007, Luxembourg.
- EU-Commission (2008): Joint impact assessment on the package of implementation measures for the EU's objectives on climate change and renewable energy for 2020. COM(2008) 16, 17 und 18, Brussels.
- EU (2009): Directive 2009/29/EC of the European Parliament and of the Council, amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the greenhouse gas emission allowance trading scheme of the Community. Official Journal of the European Union, 23 April 2009.
- EUC (2007): Bericht der Kommission über die Anwendung der Verordnung (EG) Nr. 1407/2002 des Rates über staatliche Beihilfen für den Steinkohlenbergbau. KOM (2007) 253 endgültig, Brüssel.
- EUC (2007b): Anzeiger für staatliche Beihilfen. KOM (2007) 253 endgültig, Brüssel.
- EUC (2009): Ein umfassendes Klimaschutzübereinkommen als Ziel für Kopenhagen. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. KOM(2009) 39 endgültig, Brüssel.
- EUC (2009b): The Renewable Energy Progress Report. Commission Staff Working Document, Brussels, 24.4.2009.
- EurActiv (2008): EU-Kohlenstoffmarkt wird Strompreise nicht erhöhen.
<http://www.euractiv.com/de/klimawandel/bericht-eu-kohlenstoffmarkt-strompreise-erhhen/article-175672>.
- EurActiv (2009): Das Emissionshandelssystem der EU.
<http://www.euractiv.com/de/nachhaltige-entwicklung/emissionshandelssystem-eu/article-138429>.
- EurActiv (2009b): Verlagerung von CO₂-Emissionsquellen: Eine Herausforderung für die EU-Wirtschaft
<http://www.euractiv.com/de/klimawandel/verlagerung-co2-emissionsquellen-herausforderung-eu-wirtschaft/article-178900>.
- gws/prognos (2007): Ökonomische Kriterien zur Bewertung alternativer Verhandlungslösungen für eine Weiterentwicklung des Klimaregimes nach 2012. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Projektnummer 21/05; Osnabrück, Basel.

- IER/ZEW/RWI (2009): Die Entwicklung der Energiemärkte bis 2030 (Energieprognose 2009). Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Berlin (noch nicht veröffentlicht).
- International Energy Agency [IEA] (2008): World Energy Outlook 2008, Paris.
- International Monetary Fund [IMF] (verschiedene Jahre): International Financial Statistics Yearbook, Washington D.C.
- IPCC (2007): Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Chapter 13. Policies, Instruments and Co-operative Arrangements. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Lutz, C./Meyer, B. (2009): Environmental and Economic Effects of Post-Kyoto Carbon Regimes. Results of Simulations with the Global Model GINFORS. Energy Policy, 37, pp. 1758–1766, 10.1016/j.enpol.2009.01.015.
- Lutz, C./ Meyer, B. (2009): Economic impacts of higher oil and gas prices. The role of international trade for Germany. Energy Economics, 31, pp. 882-887, 10.1016/j.eneco.2009.05.009.
- OECD (2009): The Economics of Climate Change: How to Build the Necessary Global Action in a Cost-Effective Manner. Economics Department Working Papers No. 701, ECO/WKP(2009)42.
- OECD (verschiedene Jahre): National Accounts of OECD Countries, Detailed Tables, Volume Ila and I Ib, Paris.
- OECD/IEA (2008): Issues Behind Competitiveness and Carbon Leakage Focus on Heavy Industry. IEA Information Paper, Paris.
- OECD/IEA (2008b): Post-Kyoto: The International Context for Progress on Climate Change. Submitted to the Environmental Audit Committee, House of Commons, UK. By C. Philibert, International Energy Agency.
- Ökoinstitut e.v. (2009): A Framework for a Sectoral Crediting Mechanism in a Post-2012 Climate Regime. Report for the Global Wind Energy Council Berlin, 28 May 2009.
- Reuters (2009): G20 agrees on phase-out of fossil fuel subsidies; <http://www.reuters.com/article/GCA-GreenBusiness/idUSTRE58O18U20090926>.
- UBA (2007): Greenhouse Gas Burden Sharing within the European Union. Erstellt durch Börner, A., Humboldt Universität Berlin.
- UBA (2008): Carbon Leakage: Die Verlagerung von Produktion und Emissionen als Herausforderung für den Emissionshandel? Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin.
- UNFCCC (2009): Greenhouse Gas Inventory Data. <http://unfccc.int/di/DetailedByParty/Event.do?event=go>

Anhang

Anhang A: Ausgestaltung eines internationalen Klimaregimes: Analyse und Vorschläge

Anhang A beschreibt, durch welche Ansätze Carbon Leakage vermieden werden kann und welche Anforderungen ein Verteilschlüssel zur Aufteilung der globalen Minderungskosten erfüllen sollte. Zudem werden cursorisch nationale Markteingriffe von Mitgliedstaaten zur Unterstützung der eigenen Industrien im internationalen Wettbewerb aufgeführt.

Die Reduktionsziele der EU und Carbon Leakage

Die EU hat sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 die Treibhausgas-(THG-)Emissionen um 20 % gegenüber 1990 zu verringern. In den Sektoren Industrie und Energieerzeugung, die an das Emissionshandelssystem (ETS) angeschlossen sind, sollen die Emissionen zwischen 2005 und 2020 um 21 % gesenkt werden. Die Emissionen der übrigen Sektoren sollen bis 2020 um durchschnittlich 10 % reduziert werden. Falls ein umfassendes internationales Klimaregime zustande kommt, d.h. wenn sich die anderen Industrieländer zu vergleichbaren Reduktionen verpflichten und sich die Entwicklungsländer im Rahmen ihrer Möglichkeiten ebenfalls auf verbindliche Aktionen festlegen, ist die EU bereit, ihre Emissionen bis 2020 um 30 % zu reduzieren.

Durch die unilaterale Verpflichtung der EU zur Emissionsreduktion verändern sich die Wettbewerbsbedingungen für die im EU-Raum angesiedelten Industrieunternehmen. Die Bepreisung der THG-Emissionen verteuert die Produktion, insbesondere in den energie- und emissionsintensiven Branchen. Die Produktionskosten steigen einerseits direkt durch den Erwerb der benötigten Emissionszertifikate, andererseits indirekt durch verteuerte Vorprodukte und höhere Stromkosten. Die Stromkosten könnten durch das In-Kraft-Treten des neuen ETS Regime ab 2013 um 10-15 % ansteigen (EurActiv, 2009).² Da die Produktion tendenziell dorthin verlagert wird, wo sie zu den günstigsten Bedingungen möglich ist, besteht die Gefahr, dass energie- und emissionsintensive Produktion in Länder ohne Emissionsbeschränkungen verschoben wird. Mit der Produktion verlagern sich die THG-Emissionen (Carbon Leakage).

Inwieweit Carbon Leakage effektiv eine Gefährdung für das Erreichen der globalen Reduktionsziele darstellt, ist umstritten. Nur bei einigen

² Inwieweit die Versteigerung der Zertifikate tatsächlich zu einer Erhöhung der Stromtarife beiträgt, ist umstritten. Bereits heute werden in der Regel die Zertifikate als Opportunitätskosten betrachtet und im Strompreis berücksichtigt. Entsprechend würde eine Versteigerung der Zertifikate nur dann zu einer signifikanten Preiserhöhung führen, wenn die Zertifikatskosten „doppelt“ eingepreist würden (EurActiv, 2008). In den in Kapitel 5 abgebildeten Modellrechnungen des Strompreises wird nicht davon ausgegangen, dass die Versteigerung zur Erhöhung des Strompreises beiträgt.

wenigen Industriebranchen dürften die emissionsbedingten Zusatzkosten die Produktionskosten so stark ansteigen lassen, dass sie für eine Produktionsverlagerung ausschlaggebend sein könnten. Als besonders gefährdet werden Branchen betrachtet, die aufgrund des intensiven internationalen Wettbewerbs die zusätzlichen Kosten nicht auf die Kunden überwälzen können (OECD/IEA, 2008). In Deutschland zählen dazu insbesondere die Erzeugung von Roheisen, Stahl und Aluminium, die Herstellung von Düngemitteln, Stickstoffverbindungen sowie anderer anorganischer Grundstoffe und Chemikalien und die Produktion von Papier, Karton und Pappe (UBA, 2008).

Um die Verlagerung von Produktion und Emissionen aufgrund der verschärften Klimaschutzanstrengungen zu verhindern, sind in der Novelisierung des EU ETS flankierende Maßnahmen angedacht. Die gefährdeten Unternehmen sollen die Emissionszertifikate gratis erhalten, sofern gewisse technische Standards erfüllt werden. Angedacht sind zudem unilaterale Border Adjustments. Um die negativen Auswirkungen auf die inländische Wettbewerbsfähigkeit zu kompensieren, könnten beispielsweise, in Abhängigkeit von der CO₂-Intensität der Produkte, Importe verteuert und Exporte verbilligt werden.

Globale Ansätze zur Vermeidung des Carbon Leakage

- Ambitioniertes globales Klimaschutzabkommen

Die wirksamste Abhilfe zur Vermeidung der Carbon Leakage Gefahr ist ein ambitioniertes internationales Klimaschutzabkommen (UBA, 2008; EurActiv, 2009b). Durch die Festlegung verbindlicher Emissionsobergrenzen für alle Handelspartner werden globale Preissignale für CO₂-Emissionen gebildet. Entsprechend werden die THG-bedingten Kostendifferenzen abgebaut und die Anreize für eine Verlagerung deutlich abgeschwächt. Die Einführung von unilateralen Abwehrmaßnahmen, wie beispielsweise Border Adjustments, könnte wegfallen.

Je ambitionierter die Reduktionsverpflichtungen der Handelspartner ausfallen, desto deutlicher vermindern sich CO₂-bedingte Kostenvorteile gegenüber Unternehmen in EU-Staaten und damit auch das Carbon Leakage Risiko. Die CO₂-bedingten Kostendifferenzen können noch stärker abgebaut werden, wenn die Handelspartner ebenfalls Emissionshandelssysteme einführen und diese mit dem europäischen ETS verknüpfen. Durch die Verknüpfung regionaler Emissionshandelssysteme kann sich langfristig ein globales Emissionshandelssystem mit einem einheitlichen CO₂-Preis herausbilden.

Eine Voraussetzung zur Vermeidung von Carbon Leakage sind verbindliche Zusagen nicht nur derjenigen Industriestaaten, die sich unter dem Kyoto-Protokoll zu Reduktionen verpflichtet haben, sondern aller Industrieländer. Gemäß der Europäischen Kommission zählen dazu alle Annex I-Länder der Klimarahmenkonvention, alle OECD-

Länder, alle EU-Mitgliedstaaten sowie die Länder, die sich aktuell oder potenziell um eine EU-Mitgliedschaft bewerben (EUC, 2009).

Die Reduktionsanstrengungen der übrigen Industrieländer sollten vergleichbar mit denen der EU sein. Aufgrund unterschiedlicher Ausgangslagen in den einzelnen Industriestaaten ist dies nicht gleichzusetzen mit identischen Reduktionsverpflichtungen aller Staaten (vgl. Anhang A).

Von den Entwicklungsländern werden noch keine absoluten Emissionsreduktionen gefordert. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Emissionen aus dieser Ländergruppe, werden auch von ihr Anstrengungen zur Begrenzung der THG-Emissionen erwartet. Vorgeschlagen werden beispielsweise graduelle Minderungsziele und Minderungsmaßnahmen in Abhängigkeit des durchschnittlichen Pro-Kopf-Einkommens der Länder (IEA/OECD, 2008b): Für die Gruppe der ärmsten Entwicklungsländer sind keine Minderungsziele vorgesehen. Von der Gruppe der Entwicklungsländer mit geringem Pro-Kopf Einkommen (darunter China und Indien) werden für den Umwandlungssektor und die energieintensiven Branchen sektorale Minderungsziele erwartet. Für Entwicklungsländer mit mittlerem Einkommen sind indexierte Minderungsziele, beispielsweise Emissionen je BIP-Einheit, vorgesehen. Von den Entwicklungsländern mit hohem Einkommen können verpflichtende Minderungsziele, allenfalls in Verbindung mit Sicherheitsventilen (safety valves) erwartet werden (IEA/OECD, 2008b). Die hier verwendete Abgrenzung zwischen den Entwicklungsländern bezieht sich auf die Notation der UN, welche zwischen least developed countries, low income, middle income and high income developing countries unterscheidet.

Die Europäische Kommission erhofft sich von den Entwicklungsländern als Gruppe die verbindliche Verpflichtung, den Zuwachs der CO₂-Emissionen gegenüber dem Business-as-usual-Szenario um 15 % bis 30 % zu reduzieren (EUC, 2009). Ob diese Reduktionsverpflichtung ausreicht, um Carbon Leakage zu vermeiden, hängt unter anderem davon ab, welche Ziele sich die wichtigen Produktionsländer (insbesondere China, Indien, Brasilien) setzen und wie gut die Verpflichtungen kontrolliert und eingehalten werden.

Eine Abschätzung, wie weit das Carbon Leakage durch ein gleichwertiges internationales Klimaregime vermieden werden könnte, ist aus dem Vergleich der Szenarien B und C ersichtlich. Für Deutschland sind in Tabelle 6-1 und Tabelle 6-2 die Produktions- und Beschäftigungseffekte in Szenario C gegenüber Szenario B abgebildet. In allen abgebildeten Sektoren und Branchen nimmt die Bruttonproduktion durch das gleichwertige Abkommen zu, insgesamt um 0,4 %. Beim energieintensiven Produzierenden Gewerbe liegt die Bruttonproduktion um 0,6 % höher.

*Tabelle A-1: Sektorale Produktionseffekte im Jahr 2020
für Deutschland im Szenario C gegenüber Szenario B,
Abweichungen in Prozent und in Mrd. Euro*

2020	Abweichung ggü. Szenario B, in %	Abweichung ggü. Szenario B, in Mrd. Euro
Landwirtschaft, Forstwirtschaft	0,4	0,2
Produzierendes Gewerbe	0,6	10,7
Chemie	0,3	0,3
Eisen und Stahl	0,5	0,2
NE-Metalle	1,4	0,4
Maschinenbau	0,7	1,6
Fahrzeuge	0,5	0,3
Baugewerbe	0,3	0,7
Handel, Gastgewerbe, Transport	0,3	2,2
Unternehmensbez. Dienstleistungen	0,3	3,0
Sonstige Dienstleistungen	0,2	1,2
Summe	0,4	18,2

GWS 2009

Tabelle A-2: Sektorale Beschäftigungseffekte im Jahr 2020 für Deutschland im Szenario C gegenüber Szenario B, Abweichungen in Prozent und in Tausend

2020	Abweichung ggü. Szenario B, in %	Abweichung ggü. Szenario B, in 1000
Landwirtschaft, Forstwirtschaft	0,0	0,2
Produzierendes Gewerbe	0,4	27,4
Chemie	0,2	0,4
Eisen und Stahl	0,5	0,7
NE-Metalle	0,5	0,4
Maschinenbau	0,5	6,5
Fahrzeuge	0,3	3,0
Baugewerbe	-0,1	-1,4
Handel, Gastgewerbe, Transport	0,0	3,9
Unternehmensbez. Dienstleistungen	0,6	22,0
Sonstige Dienstleistungen	0,1	5,8
Summe	0,1	57,8

GWS 2009

▪ Sektorale Ansätze

Falls in Kopenhagen kein ambitioniertes globales Klimaschutzabkommen zustande kommt, könnte Carbon Leakage durch sektorale Ansätze verhindert werden. Die Grundidee sektoraler Ansätze besteht in der Vereinbarung von Minderungszielen oder Minderungsmaßnahmen auf Branchenebene. Sektorale Ansätze erlauben es den energieintensiven Industrien, unter einem eigenständigen Klimaregime zu agieren, das auf Minderungszielen basiert, die sie selbst mitgestalten und mittragen (EurActiv, 2009b).

Die Ausformulierung sektoraler Ansätze ist noch weitgehend unbestimmt. Die diskutierten Vorschläge umfassen freiwillige Vereinbarungen zu Technologiekooperation, gemeinsame Effizienz-Benchmarks, verbindliche oder nicht verbindliche globale Minderungsziele für eine Branche, aber auch sektorale Emissionsgutschriften (Sectoral Crediting Mechanism: SCM).

Verbindliche Minderungsziele für einzelne Branchen würden entweder auf nationaler oder internationaler Ebene verhandelt. Die Bepreisung der Emissionen von Mitbewerbern in Ländern, die keine gesamtwirtschaftlichen Minderungsvorgaben haben, verringert wettbewerbsverzerrende Kostendifferenzen. Durch die Anknüpfung an ein

regionales Emissionshandelssystem kann die Kosteneffizienz zur Erreichung der Minderungsziele verbessert werden.

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, branchenspezifische Minderungsziele festzulegen. Unternehmen favorisieren im Allgemeinen spezifische Emissionsmengen, die je Outputeinheit festgelegt werden (intensity targets). Eine Alternative stellen absolute Emissionsmengen dar. Diese verbessern bei wachsender Wirtschaft die ökologische Treffsicherheit, können aber zu höheren Vermeidungskosten führen.

Sektorale Emissionsgutschriften (SCM) können als Weiterentwicklung der bisherigen projektbasierten flexiblen Mechanismen (Clean Development Mechanism: CDM) betrachtet werden. Für die SCM werden in einem ersten Schritt länder- und branchenspezifische Emissionsgrenzwerte für THG festgelegt. Für die Absenkung der THG-Emissionen unterhalb des Grenzwertes werden Gutschriften ausgestellt, entsprechend der Differenz zwischen den aktuellen Emissionen und dem Grenzwert. Diese Gutschriften können von den Industrieländern erworben werden, um ihre eigenen Verpflichtungen einzuhalten und haben einen Wert auf dem Kohlenstoffmarkt (Ökoinstitut e. V., 2009).

Für die Entwicklungsländer besteht ein Anreiz auf CO₂-arme Technologien umzustellen, da durch den Verkauf der Emissionsgutschriften Erlöse generiert werden können. Die SCM werden deshalb auch als Wegbereiter für die Entwicklung zum globalen Kohlenstoffmarkt betrachtet (EUC, 2009). Der SCM muss nicht als bindend ausgestaltet werden. Bei einer nicht bindenden Verpflichtung würde ein Überschreiten des festgelegten Emissionsgrenzwertes nicht sanktioniert werden.

Sektorale Ansätze können als Einstieg in die Emissionsbegrenzung für Länder dienen, die umfassende absolute Minderungsvorgaben nicht akzeptieren (UBA, 2008). Ein Vorteil sektoraler Ansätze gegenüber einem umfassenden gesamtwirtschaftlichen Abkommen besteht in der größeren Flexibilität. Für verschiedene Sektoren können unterschiedliche Lösungen vereinbart werden. So können beispielsweise spezifisch die modernsten Branchen in den Entwicklungsländern eingebunden werden oder solche Branchen, die in den gleichen Märkten operieren und den gleichen Marktpreisen gegenüberstehen wie ihre Konkurrenten aus den Industrieländern.

Ein weiteres starkes Argument für die Verwendung von sektoralen Ansätzen besteht in der Anerkennung, dass in Bezug auf die Energie- und CO₂-Effizienz die Grenze zwischen Industrie- und Entwicklungsländern nicht scharf gezogen werden kann. Während erstere im Allgemeinen Energie effizienter nutzen, finden sich bei letzteren teilweise die modernsten und effizientesten Anlagen (OECD/IEA, 2008b).

Unklar ist bislang, unter welchen Bedingungen die Entwicklungsländer zu sektoralen Verpflichtungen bereit wären. Zudem dürften in vielen Ländern die Voraussetzungen für eine Teilnahme an sektora-

len Ansätzen nicht gegeben sein, da entsprechende Kapazitäten für Monitoring, Auswertung und Prüfung fehlen (OECD/IEA, 2008b).

Inwieweit einzelne sektorale Ansätze Wettbewerbsverzerrungen und damit Carbon Leakage verhindern, hängt vom ihrem Design und ihrer Umsetzung ab. Bei den sektoralen Emissionsgutschriften (SCM) ist beispielsweise von Bedeutung, wie ambitioniert der Emissionsgrenzwert festgelegt wird. Liegt dieser nicht deutlich unter dem Business-as-usual-Szenario, kann der Erlös der SCM zu einer substantiellen Subventionierung führen und die Wettbewerbsfähigkeit der Nehmerländer gegenüber dem Status quo verbessern (OECD/IEA, 2008). Falls der Subventionierungseffekt stärker wiegt als die Reduzierung der CO₂-Preise in den Industriestaaten, sind die sektoralen Emissionsgutschriften (SCM) höchst attraktiv für Entwicklungsländer. In denjenigen Staaten, die sich zu einer Emissionsreduktion verpflichten, würden sie aber die Wettbewerbsfähigkeit der Produktion zusätzlich verschlechtern und das Carbon Leakage fördern. Die Ausgestaltung der sektoralen Ansätze erfordert deshalb eine heikle Balance zwischen Anreizsetzung zur Teilnahme auf der einen Seite und den Bedenken bezüglich der Wettbewerbsverzerrungen auf der anderen Seite.

Einigkeit besteht darüber, dass sektorale Ansätze absolute Emissionsreduktionsverpflichtungen für Industrieländer nicht ersetzen können. Sie haben den Charakter ergänzender Maßnahmen, die mit bestehenden Instrumenten, wie beispielsweise einem nationalen Emissionshandelssystem, im Einklang stehen müssen.

- Weitere Instrumente / Maßnahmen

Eine Alternative zu einer Mengenbegrenzung in Verbindung mit einem Emissionshandelssystem (Cap and Trade) ist die Einführung einer Steuer auf Emissionen, respektive auf fossile Energieträger. Die Grundidee besteht darin, durch die Verteuerung Anreize für eine effizientere Nutzung der fossilen Energieträger zu setzen. Die „CO₂-Steuer“ kann als staatsquotenneutrale Lenkungsabgabe ausgestaltet werden, wenn die gesamten Einnahmen rückverteilt werden. Einzelne Länder (beispielsweise Schweiz, Schweden, Finnland) haben für bestimmte Sektoren bereits eine CO₂-Abgabe eingeführt.

Wie der SC-Mechanismus hat auch der CD-Mechanismus das Potenzial zur Senkung der CO₂-Vermeidungskosten. Durch den Zugang zu kostengünstigen CO₂-Gutschriften können die energieintensiven Unternehmen ihre Vermeidungskosten reduzieren. Damit verkleinert sich die Preisdifferenz gegenüber Ländern ohne Reduktionsverpflichtung. In der Theorie vermindert sich dadurch das Carbon Leakage. Je größer der Anteil an CDM-Gutschriften ist, den die Länder/Unternehmen zur Zielerreichung erwerben dürfen, desto geringer wird in der Regel die Preisdifferenz sein. Andererseits scheinen CDM-Projekte keinen negativen Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie in den Entwicklungsländern auszuüben. In Fällen, in denen CDM-Projekte die Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe in den

Entwicklungsländern erhöht, kann das Carbon Leakage Potenzial verstärkt werden (OECD/IEA, 2008).

In vielen Entwicklungsländern, aber auch in Staaten Osteuropas führen Subventionen zu Energiepreisen, die deutlich unter den Weltmarktpreisen liegen. Ein Abbau dieser Subventionen würde Energieverbrauch und THG-Emissionen deutlich senken (OECD, 2009). Gleichzeitig würden bestehende Wettbewerbsverzerrungen abgebaut. Zusätzliche Vermeidungskosten, die den Unternehmen durch bindende Emissionsbegrenzungen entstehen, würden damit teilweise kompensiert.

Verteilschlüssel für die globalen THG-Minderungslasten

A) Theoretische Ansätze

Ein geeigneter Verteilschlüssel der globalen Minderungslasten sollte gerecht, ökologisch treffsicher, kosteneffizient, politisch akzeptiert und umsetzbar sein. Als Kriterien für eine gerechte Aufteilung werden unter anderem genannt (EUC, 2009; de Conick, 2009):

- der historische Beitrag zum Klimawandel (kumulierte THG-Emissionen, Verursacherprinzip),
- die Pro-Kopf-Emissionen (gleiche Rechte),
- das Reduktionspotenzial (Finanzkraft, geografische Lage, THG-Emissionen pro BIP-Einheit),
- die Entwicklung der THG-Emissionen von 1990 bis 2005 (als Indikator für bereits erfolgte Klimaschutzanstrengungen).

Ein Großteil der Allokationsansätze sieht die Stabilisierung der THG-Emissionen auf einem sicheren Niveau und eine Konvergenz der Pro-Kopf-Emissionen vor (Contraction and Convergence). Diese Ansätze gehen davon aus, dass alle Individuen grundsätzlich das gleiche Anrecht auf Emissionen haben. Die Emissionen der ärmeren Länder dürfen demnach noch ansteigen, während diejenigen der Industrienationen reduziert werden müssen. Die Höhe der zulässigen nationalen Emissionen ergibt sich aus dem globalen Emissionsziel sowie der Größe der globalen und nationalen Bevölkerung. Ein Beispiel für diesen Ansatz stellt die Energiestrategie der ETH Zürich dar. Der globale CO₂-Ausstoß soll bis 2025 auf 30-32 Gt pro Jahr stabilisiert und anschließend bis 2050 auf 20 Gt und bis 2100 auf 10 Gt reduziert werden. Bei einer Zunahme der Weltbevölkerung auf 9-10 Mrd. Personen ergibt sich als Langfristziel ein CO₂-Ausstoß von rund 1 t pro Kopf und Jahr (ESC, 2008).

Andere Ansätze beziehen die Konvergenz auf die Kohlenstoffintensität je BIP-Einheit oder auf die Relation von Vermeidungskosten und BIP.

Der reine Konvergenzansatz vernachlässigt das finanzielle und technologische Potenzial der Länder. Zudem dürfte er für viele industrialisierte Staaten aufgrund der starken Umverteilung der Emissionsrechte nur schwer zu akzeptieren sein. Eine weitere Gruppe von Ansätzen für eine gerechte Verteilung der Minderungslasten geht deshalb von einer grundsätzlichen Konvergenz der Pro-Kopf-Emissionen aus, berücksichtigt aber nationale Reduktionspotenziale und Gegebenheiten. Ein Beispiel für diese Gruppe ist der Triptych-Ansatz, welcher von der EU zur Aufteilung der Minderungslast der ersten Verpflichtungsperiode 2008-2012 unter den Mitgliedstaaten angewendet wurde.

Der Triptych-Ansatz basiert auf Bottom-up-Modellen, mit denen länderspezifisch sektorale Emissionsrechte berechnet werden. Die Addition der sektoralen Emissionsrechte ergibt das nationale Emissionsziel. Nur das nationale Emissionsziel ist bindend. In seiner Grundform unterscheidet der Triptych-Ansatz zwischen den Wirtschaftssektoren Stromerzeugung, international orientierte Schwerindustrie und den Inlandssektoren (Gewerbe, Dienstleistungen, Landwirtschaft, Haushalte, Verkehr).

In den einzelnen Sektoren können unterschiedliche Methoden angewandt und spezifische Reduktionspotenziale berücksichtigt werden. Im Stromsektor kann eine Konvergenz der THG-Intensität der Stromproduktion (OECD/IEA, 2008b) oder der Stromintensität des BIP pro Kopf angestrebt werden (UBA, 2007). Im Sektor Schwerindustrie wird beispielsweise eine Konvergenz der Energieintensität und im Inlandssektor eine Konvergenz der Pro-Kopf-Emissionen angestrebt.

Der Triptych-Ansatz scheint besonders geeignet für die Aufteilung der Emissionen derjenigen Sektoren, die nicht in ein regionales oder sektorales Emissionshandelssystem eingegliedert werden können. Für solche Sektoren, die in ein regionales oder sektorales Emissionshandelssystem eingebunden sind, ist die Auktion der Emissionsrechte kosteneffizienter und fairer (Verursacherprinzip; UBA, 2007).

B) Konkretisierungen

Die internationale Wissenschaft ist sich weitgehend einig, dass der globale Temperaturanstieg gegenüber den vorindustriellen Werten auf unter 2°C begrenzt werden sollte. Wenn dies gelingen soll, müssen die globalen Treibhausgasemissionen bis 2050 gegenüber 1990 um mindestens 50 % gesenkt werden.³ Gemäß dem vierten Bericht des Weltklimarates betragen die Reduktionsvorgaben für die Indust-

³ Gemäß IPCC (2007) müssen bis ins Jahr 2050 die Emissionen gegenüber dem Jahr 2000 um 50 % bis 85 % reduziert werden, um den Temperaturanstieg auf rund 2°C zu begrenzen.

riestaaten 25-40 % bis 2020 und 80-95 % bis 2050 (IPCC, 2007). Diese Reduktionsziele sollen durch eigene Maßnahmen und zum Teil über Gutschriften aus Emissionsreduktionen in Entwicklungsländern erreicht werden. Es wird darauf hingewiesen, dass für die Begrenzung des Temperaturanstiegs nicht primär die Erreichung des Emissionsziels von Bedeutung ist, sondern die kumulierten Emissionen im Zeitverlauf. Mit anderen Worten – entscheidend ist der Verlauf des Emissionspfades. Wenn aufgrund einer Verzögerung der Maßnahmen die Emissionen zeitlich später reduziert werden, und beispielsweise der Emissions-Peak später erreicht wird, müssen nachfolgend die Emissionsniveaus stärker abgesenkt werden.

In einer Studie der Arbeitsgemeinschaft GWS/Prognos (2007) wurde untersucht, wie sich verschiedene internationale Klimaregimes auf die BIP-Entwicklung und die Menge an energiebedingten CO₂-Emissionen auswirken. In einem der untersuchten Szenarien wird angenommen, dass sich die Industrienationen inklusive der USA zu ernsthaften Emissionsreduktionen verpflichten und folglich die EU ihre Emissionen bis 2020 gegenüber 1990 um 30 % reduziert. Die großen Schwellen- und Entwicklungsänder (G 5: China, Indien, Brasilien, Südafrika, Mexiko) nehmen beschränkt am internationalen Klimaregime teil und führen eine CO₂-Steuer in der Höhe von 5,75 Euro je Tonne CO₂ ein. Dies entspricht einem Viertel des resultierenden CO₂-Preises im ETS (23 Euro/t). 50 % der Emissionsreduktionen können über die flexiblen Mechanismen in den Entwicklungsländern erzielt werden. In den G 5-Staaten sind jedoch keine flexiblen Mechanismen erlaubt.

Dieses Szenario der internationalen Kooperationen gleicht in vielen Punkten dem Szenario C, geht aber von keiner Laufzeitverlängerung der Kernkraftwerke aus und basiert auf tieferen CO₂-Preisen. Die Ergebnisse des Szenarios sind aus Tabelle 6-3 und Tabelle 6-4 ersichtlich. Die Referenzentwicklung, auf die sich das Szenario bezieht, geht nicht von einer unilateralen Emissionsbeschränkung in der EU aus. Diesen grundlegenden Unterschied gilt es bei der Interpretation zu beachten.

Die energiebedingten CO₂-Emissionen gehen im EU Raum gegenüber 1990 um 12,7 % zurück (Deutschland -26,6 %). Die Möglichkeit zur Nutzung der flexiblen Mechanismen wird demnach stark ausgeschöpft. Die Einführung der CO₂-Steuer in den G 5 Ländern reduziert deren CO₂-Emissionen gegenüber der Referenzentwicklung um rund 9 %. Die globalen energiebedingten CO₂-Emissionen steigen zwar gegenüber 1990 um weitere 52 % an, stabilisieren sich jedoch auf einem Niveau von rund 32 Gt.

Die relativen volkswirtschaftlichen Einbußen der beteiligten Staaten unterscheiden sich nur wenig. Im EU Raum geht das BIP gegenüber der Referenzentwicklung ohne Verminderungsanstrengungen um 0,6 % zurück (Deutschland ebenfalls -0,6 %). Die übrigen Industrieländer sind etwas stärker betroffen: insgesamt -1,2 %, darunter USA -1 %, Russland -2 %. Die wirtschaftliche Belastung in den G 5 Län-

dem (-0,5 %) ist vergleichbar mit jener in der EU. Am stärksten sind die wirtschaftlichen Einbußen im „Rest der Welt“ (-2,4 %), also in jenen Ländern, die sich bis 2020 nicht zu Reduktionsmaßnahmen verpflichten müssen. Betroffen sind hier wegen der Annahme konstanter Weltmarktpreise insbesondere die Energieexporteure.

Tabelle A-3: Energiebedingte CO₂-Emissionen, in Mio. t

Energiebedingte CO ₂ -Emissionen	1990	2020	Abweichung ggü. 1990	Abweichung ggü. Referenz
EU-27	4.072	3.556	-12,7 %	-9,9 %
darunter Deutschland	966	713	-26,2 %	-10,5 %
Übrige Industrieländer	8.716	8.954	2,7 %	-21,3 %
darunter USA	4.842	5.483	13,3 %	-22,6 %
G5	3.585	10.738	199,6 %	-8,9 %
darunter China	2.256	7.760	244,0 %	-8,2 %
darunter Indien	588	1.807	207,2 %	-9,1 %
Rest der Welt	4.553	8.347	83,3 %	-7,5 %
Welt	20.683	31.457	52,1 %	-12,6 %

GWS / Prognos 2007

Tabelle A-4: BIP in Mrd. US Dollar 2000 (Kaufkraftparitäten)

BIP-Entwicklung	2000-2010	2010-2020	Abweichung ggü. Referenz 2020
EU-27	2,1 %	2,2 %	-0,6 %
darunter Deutschland	1,4 %	1,5 %	-0,6 %
Übrige Industrieländer	2,6 %	2,1 %	-1,2 %
darunter USA	2,7 %	2,5 %	-1,0 %
G5	6,8 %	5,1 %	-0,5 %
darunter China	8,7 %	5,2 %	-0,3 %
darunter Indien	6,0 %	6,3 %	-0,7 %
Rest der Welt	4,3 %	3,4 %	-2,4 %
Welt	3,9 %	3,3 %	-1,0 %

GWS / Prognos 2007

Anhang A: Technische und wirtschaftliche Charakteristika der Großkraftwerke

*Tabelle A-5: Investitionskosten (ohne Bauzeitinsen),
in EUR₂₀₀₈/kW_{el}*

	Einheit	2008	2020
Kernkraftwerk	EUR ₂₀₀₈ /kW _{el}	3.500	3.500
Steinkohle-KW	EUR ₂₀₀₈ /kW _{el}	1.500	1.500
Braunkohle-KW	EUR ₂₀₀₈ /kW _{el}	1.600	1.600
Gas-GuD-KW	EUR ₂₀₀₈ /kW _{el}	700	700
Gas-GT-KW	EUR ₂₀₀₈ /kW _{el}	450	450

Prognos 2009

*Tabelle A-6: Netto Wirkungsgrade bei optimalem Anlagebetrieb,
in %*

	Einheit	2008	2020
Kernkraftwerk	%	36,0	36,0
Steinkohle-KW	%	46,0	47,0
Braunkohle-KW	%	44,0	45,0
Gas-GuD-KW	%	58,0	61,0
Gas-GT-KW	%	40,0	42,0

Prognos 2009

Anhang B: Stromerzeugung und Erneuerbaren Energien Europa

Tabelle A-7: Nettostromerzeugung in Europa bis 2030, in TWh_{el}

	2005	2008	2010	2020	2030
EU-27	3.095	3.171	3.142	3.634	3.629
Belgien	82	85	85	96	92
Bulgarien	40	40	41	51	55
Dänemark	37	37	36	39	40
Deutschland	581	586	566	609	575
Estland	11	11	11	14	15
Finnland	73	77	74	86	90
Frankreich	540	540	530	594	558
Griechenland	54	59	59	68	65
Irland	26	28	28	32	30
Italien	293	307	320	403	399
Lettland	4	5	5	6	6
Litauen	13	13	14	18	18
Luxemburg	4	4	4	4	4
Malta	2	2	2	3	3
Niederlande	97	100	100	122	136
Österreich	59	59	58	67	66
Polen	126	144	141	182	197
Portugal	43	47	49	61	63
Rumänien	56	59	64	93	93
Schweden	145	144	141	151	151
Slowakei	24	26	26	36	38
Slowenien	14	14	14	17	18
Spanien	271	288	282	326	357
Tschechien	79	81	79	98	99
Ungarn	36	38	41	48	49
Vereinigtes Königreich	382	375	367	402	405
Zypern	4	5	5	6	6

Prognos 2009

Tabelle A-8: Erneuerbaren Energien in Europa bis 2030, in % der
Nettostromerzeugung

	2005	2008	2010	2020	2030
EU-27	16%	18%	21%	33%	43%
Belgien	5%	7%	8%	15%	25%
Bulgarien	12%	9%	11%	18%	28%
Dänemark	28%	31%	34%	50%	60%
Deutschland	12%	17%	20%	33%	44%
Estland	1%	3%	5%	18%	28%
Finnland	31%	32%	34%	47%	57%
Frankreich	11%	14%	16%	26%	32%
Griechenland	13%	11%	14%	32%	42%
Irland	8%	13%	17%	35%	45%
Italien	19%	19%	22%	34%	44%
Lettland	79%	62%	65%	76%	81%
Litauen	6%	10%	12%	25%	35%
Luxemburg	28%	28%	28%	31%	41%
Malta	0%	1%	2%	9%	19%
Niederlande	9%	10%	12%	22%	32%
Österreich	68%	70%	72%	83%	88%
Polen	4%	5%	6%	14%	24%
Portugal	20%	38%	41%	59%	69%
Rumänien	36%	29%	30%	36%	43%
Schweden	56%	55%	57%	71%	76%
Slowakei	20%	19%	20%	25%	32%
Slowenien	26%	25%	29%	46%	53%
Spanien	17%	23%	26%	43%	55%
Tschechien	5%	6%	7%	17%	27%
Ungarn	5%	6%	7%	15%	25%
Vereinigtes Königreich	5%	8%	12%	29%	40%
Zypern	0%	1%	4%	17%	32%

Prognos 2009

Anhang C: Modellbeschreibung GINFORS (GWS)

Die GWS hat in den vergangenen Jahren das Modell GINFORS (Global INterindustry FORecasting System) entwickelt. Es ist nach Ländern und Sektoren disaggregiert. Es handelt sich um ein bilaterales Welthandelsmodell, das für 25 Warengruppen sowie die Dienstleistungen konsistent und geschlossen die Exporte und Importe von 50 Ländern und 2 Regionen vernetzt. Die beiden Regionen bilden die OPEC-Staaten mit Ausnahme von Indonesien, das direkt modelliert wird, und die Gruppe aller übrigen Länder als Rest of World miteinander ab. Dies garantiert die konsistente Verknüpfung der Handelsströme und der Preise weltweit. Exporte einer Gütergruppe eines Landes sind dabei Importe eines anderen Landes. Die sektoralen Importpreise eines Landes ergeben sich aus den mit den Handelsströmen gewichteten Exportpreisen der Lieferländer. Die Anteile eines Landes an den Importen eines anderen Landes sind für die einzelnen Sektoren preisabhängig bestimmt. Werden z. B. deutsche Autos im Vergleich zu koreanischen teurer produziert, sinken die Anteile der deutschen Automobilbauer auf allen Ländermärkten im Vergleich zur koreanischen Konkurrenz.

Für jedes Land enthält GINFORS ein Makromodell bestehend aus der Zahlungsbilanz, den Gütermärkten, dem Arbeitsmarkt und dem Geldmarkt. Abgebildet sind alle EU-27-Länder, alle OECD-Länder sowie die wichtigsten Handelspartner der OECD. Für knapp die Hälfte der Länder, darunter die großen europäischen Volkswirtschaften und die wichtigen Handelspartner Deutschlands, sind die Modelle zusätzlich nach 41 Gütergruppen disaggregiert und beinhalten die Verflechtungsstrukturen der Volkswirtschaften gemäß der neuesten international vergleichbaren Input-Output-Tabellen. Für die übrigen Länder liegen nur einfache Strukturdaten vor, vor allem weil für diese Länder keine offiziellen Input-Output-Daten verfügbar sind oder ihre Bedeutung für den internationalen Handel sehr gering ist. Jedes Ländermodell ist mit einem Energiemodell verknüpft, das für 12 Energieträger die Umwandlung, die Endnachfrage und die Produktion von Energie nach ökonomischen Sektoren disaggregiert bestimmt. Dabei sind technologische Trends und Preisabhängigkeiten im Modell berücksichtigt. Der internationale Handel mit Energieträgern wird umfassend abgebildet.

Die Datenbasis und die Sektorabgrenzung des Modells beruhen ausschließlich auf öffentlichen Statistiken. Genutzt und fortgeschrieben werden Zeitreihen von Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen und Welthandelsmatrizen der OECD, Finanzdaten des IWF, Input-Output-Tabellen sowie Sektordaten der OECD und von Eurostat sowie die Zeitreihen der Energiebilanzen und Energiepreisdaten der IEA. In wenigen Fällen, u. a. auch für China, werden auch nationale Statistiken genutzt.

Das Modell GINFORS ist als Analyseinstrument im Rahmen der Fragestellung des Projektes hervorragend geeignet. Das Modell ermög-

licht in tiefer sektoraler und nationaler Gliederung eine globale Analyse der Energiemärkte im Zusammenhang mit der weltwirtschaftlichen Entwicklung. Dabei sind die Handelsstrukturen und Arbeitsmärkte, die Energieintensitäten und Energieträgerstrukturen flexibel und preisabhängig jeweils unter Berücksichtigung der länderspezifischen Situation modelliert. Die Parameter der Modellgleichungen sind über den Zeitraum 1980 bis 2006 auf der Basis von Jahreswerten ökonometrisch geschätzt.

Das Modell ist in den vergangenen Jahren für verschiedene Simulationsrechnungen eingesetzt worden. Für das BMWi wurden verschiedene weltweite Klimaschutzszenarien durchgespielt. In den EU-Forschungsprojekten MOSUS (FP5) und INDI-LINK (FP6) wurden verschiedene Nachhaltigkeitsszenarien auf EU-Ebene betrachtet. In einem Forschungsprojekt der Anglo-German Foundation werden bis Sommer 2009 Möglichkeiten einer umfassenden Ökologischen Steuerreform in Europa zusätzlich zum ETS untersucht. Ferner wurden in einer Studie die Rückkopplungen nationaler Politik über den Weltmarkt analysiert. Aktuelle Modellanwendungen zu Klimaschutzszenarien und zu Wirkungen hoher internationaler Energiepreise sind auch wissenschaftlich dokumentiert (Lutz & Meyer 2009a und 2009b).

Anhang D: Modellbeschreibung europäisches Kraftwerksparkmodell (Prognos)

Die Prognos AG verfügt über ein europäisches Kraftwerksparkmodell, in dem Großkraftwerke (ab 30 MW) in der kompletten EU-27 kraftwerksscharf abgebildet sind. Gegenwärtig können hiermit die Großhandelspreise (Base und Peak) jedes Landes bestimmt werden; an der Abbildung der internationalen Ströme wird derzeit gearbeitet. Die Preisbestimmung erfolgt anhand des sogenannten Merit Order Prinzips (Box).

Durch Anwendung dieses Modells mit einigen Szenarien über die Energiepolitik im europäischen Umfeld (oder in einzelnen Ländern, falls diese bekannt ist) lassen sich die Preise in den umliegenden Ländern jahresscharf und in zeitlichen Entwicklungen abbilden.

Die Datenbasis des Kraftwerksparks wird laufend aktuell gehalten und speist sich aus Informationen der Elektrizitätswirtschaft und der Kraftwerksindustrie. Diese Daten sind zum großen Teil vertraulich und können nicht veröffentlicht werden (dafür bilden sie den Markt aber vermutlich am aktuellsten und genauesten ab). Die Ergebnisse und aggregierte Darstellungen können – wie z.B. in den Studien der Prognos AG für den europäischen Kohleverband⁴, veröffentlicht werden.

Box A-1: Europäisches Kraftwerksparkmodell der Prognos AG

Das europäische Kraftwerksparkmodell der Prognos AG umfasst die 27 EU-Länder.

Modellinput sind die (konventionellen) Kraftwerke (ab 30 MW) in den einzelnen Ländern. Die Stilllegung von Kraftwerken erfolgt i.d.R. automatisch sobald die festgelegte Lebensdauer des entsprechenden Kraftwerkstyps erreicht ist. Retrofitmaßnahmen werden in einem externen Modul nach technischen und wirtschaftlichen Kriterien überprüft, so dass die Flexibilisierung der Lebensdauer der Kraftwerke möglich ist. Das Modell hat derzeit einen Zeithorizont bis 2050.

Im Modell erfolgt der Kraftwerkseinsatz entsprechend der jeweiligen Lastnachfrage der Grenzkostenlogik in Jahresscheiben (Merit Order). Das Kraftwerk mit den niedrigsten Grenzkosten läuft am längsten, alle weiteren Kraftwerke sortieren sich gemäß ihrer Grenzkosten ein, bis die Last über das ganze Jahr gedeckt ist. Dabei bestimmt das jeweils letzte eingesetzte Kraftwerk (mit den höchsten Grenzkosten) den Preis.

Der Zubaubedarf wird anhand der höchsten erwarteten Last des aktuellen Jahres in dem jeweiligen Land und des jeweils verfügbaren Angebots (Kraftwerkspark) ermittelt. KWK-Anlagen und Erneuerbare werden nach exogenen Vorgaben automatisch zugebaut. Ihr Beitrag zur Leistung wird vom Zubaubedarf abgezogen. Der restliche Zubaubedarf wird durch konventionelle Kraftwerke gedeckt. Die werden anhand ihrer Wirtschaftlichkeit (max. Eigenkapital-Rendite) zugebaut. Dabei werden 15 Kraftwerkstypen nach Brennstoff und Betriebsart unterschieden. Für (potenziell) neu in den Kraftwerkspark kommende Kapazitäten wird zunächst ihre Position in der Merit Order ermittelt, davon ausgehend wird die Erlös- und Kostensituation berechnet. Das Kraftwerk mit der höchsten Gesamtverzinsung über die nächsten Jahre wird zugebaut.

Die im Modell berechneten Großhandelspreise sind eine Funktion der Brennstoff- und CO₂-Preise, der Kraftwerkswirkungsgrade und der variablen Betriebskosten der eingesetzten Kraftwerke. Diese Großhandelspreise wiederum bestimmen die Jahreserlöse eines Kraftwerksblocks im jeweiligen regionalen Markt. Um den jährlichen Reingewinn zu ermitteln, werden die annuisierten Vollkosten in Abzug gebracht.

Unterschieden wird zwischen Base- und Peakload-Preisen. Peakload bezeichnet ein Stromprodukt bei dem die Strommenge in der Zeit zwischen 8:00 und 20:00 Uhr von Montag bis Freitag geliefert wird. Die Strommenge, die in der restlichen Zeit geliefert wird, heißt Baseload.

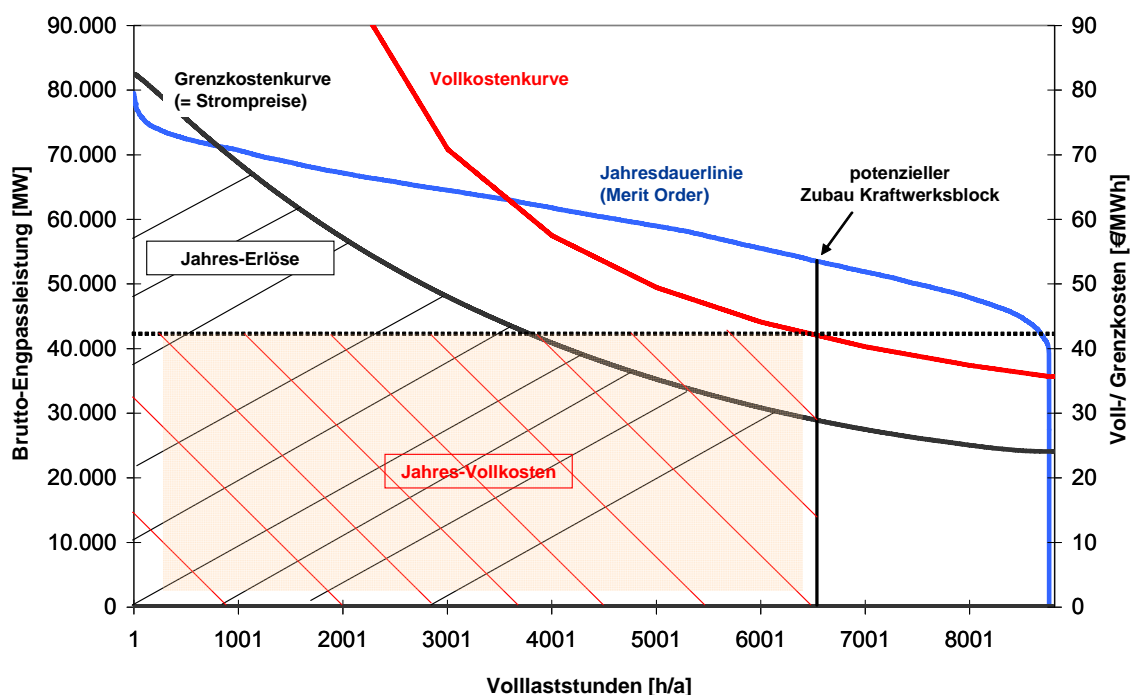
⁴ Prognos AG (2007). The Future Role of Coal in Europe. Im Auftrag des Verbandes Euracoal, Brüssel.

Die mit der Stromerzeugung verbundenen CO₂-Emissionen und Preise können zunächst unabhängig von der jeweiligen Verfügbarkeit von Zertifikaten modelliert werden. Dabei wird ein bestimmter Preispfad für die CO₂-Zertifikate unterstellt. Umgekehrt können durch die Vorgabe des CO₂-Caps der sich einstellende CO₂-Preis und die entsprechenden Strompreise berechnet werden.

Ins Modell fließen die folgenden Eingangsparameter ein:

- Jahreslastgang als Resultat des zukünftigen Strombedarfs in Abhängigkeit von Energieeffizienzpfaden
- Mittlere Brennstoffpreise für Kraftwerke in Abhängigkeit von internationalen Energiepreisen
- Preis für CO₂-Zertifikate in Abhängigkeit von den Vorgaben zur Klimapolitik
- Investitions-, Wartungs- und Betriebskosten von Kraftwerken (zumeist vertraulich)
- Der Wirkungsgrad von Neubaukraftwerken als ambitionierter oder weniger ambitionierter Pfad technischer Entwicklung
- Ausstiegsszenarien für die Kernenergie
- Politische Restriktionen für den Neubau von Kraftwerken (z.B. keine neue Kohlekraftwerke ohne CCS)
- Ziele zum Ausbau der erneuerbaren Energien
- Ziele zum Ausbau des KWK-Anteils der Stromerzeugung

Abbildung A-1: Logik der maximierten Eigenkapital-Rendite als eine Funktion der von Grenzkosten getriebenen jährlichen (schwarz schraffierte Fläche) und Vollkosten (rot schraffierte Fläche) als Grundlage einer Zubauentscheidung



Prognos 2009

Anhang E: Umrechnungsfaktoren

Vorsatzzeichen:

Tabelle A-9: Vorsatzzeichen und entsprechende Faktoren

Bezeichnung:	Faktor:	Bezeichnung:	Faktor:
Nano (n)	10^{-9}	Mega (M)	10^6
Micro (μ)	10^{-6}	Giga (G)	10^9
Milli (m)	10^{-3}	Tera (T)	10^{12}
Kilo (k)	10^3	Peta (P)	10^{15}

Energieeinheiten:

Tabelle A-10: Umrechnungsfaktoren Energieeinheiten

Von: \ Zu:	J	TJ	kWh
J	1	1×10^{-12}	0.2778×10^{-6}
TJ	1×10^{12}	1	0.2778×10^6
kWh	3.6×10^6	3.6×10^{-6}	1
GWh	3.6×10^{12}	3.6	1×10^6