

CLIMATE CHANGE

20/2013

# Bestandsaufnahme und Analyse von Studien zur Schätzung von Klimaschutznutzen und -kosten



UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungskennzahl 3711 14 108  
UBA-FB XXX

## **Bestandsaufnahme und Analyse von Studien zur Schätzung von Klimaschutznutzen und - kosten**

von

**Ulrike Lehr, Christian Lutz, Philip Ulrich**

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH,  
Osnabrück

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

**UMWELTBUNDESAMT**

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/bestandsaufnahme-analyse-von-studien-zur-schaetzung> verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4359

Durchführung der Studie:	Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung Heinrichstr. 30, 49080 Osnabrück
Abschlussdatum:	Mai 2013
Herausgeber:	Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau-Roßlau Tel.: 0340/2103-0 Telefax: 0340/2103 2285 E-Mail: <a href="mailto:info@umweltbundesamt.de">info@umweltbundesamt.de</a> Internet: <a href="http://www.umweltbundesamt.de">http://www.umweltbundesamt.de</a> <a href="http://fuer-mensch-und-umwelt.de/">http://fuer-mensch-und-umwelt.de/</a>
Redaktion:	Fachgebiet I 1.4 Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen, nachhaltiger Konsum Benjamin Lünenbürger

Dessau-Roßlau, Januar 2014

## Kurzbeschreibung

Über die Existenz des Klimawandels und die Notwendigkeit von Klimaschutzmaßnahmen bestehen in der wissenschaftlichen Literatur zunehmend geringere Zweifel. Die regelmäßigen Berichte des IPCC stellen immer noch die fundamentale Basis der internationalen Klimaschutzpolitik und zunehmend auch der Klimafolgenanpassungsforschung dar. Die Analyse und Durchsetzung der notwendigen Maßnahmen im Detail ist jedoch häufig mit einer umfassenden Diskussion der Kosten und Nutzen dieser Maßnahmen verbunden.

Sollen Maßnahmen zur Begrenzung der Emission von Treibhausgasemissionen vorgeschlagen oder Anreizinstrumente zum Ergreifen dieser Maßnahmen konzipiert werden, sollten diese auch anhand des Kostenkriteriums geplant und priorisiert werden. Hierzu werden auf der nationalen Ebene, wo diese Politiken stattfinden, Kostenschätzungen durchgeführt. Darüber hinaus werden kombinierte Maßnahmenpakete bewertet, wie etwa das Integrierte Klima- und Energiepaket IEKP, die Bestandteil einer umfassenderen Klimaschutzstrategie sind. Auch die EU hat zu den von ihr vorgeschlagenen Paketen, wie dem 20-20-20 Energie- und Klimapaket oder der kürzlich vorgeschlagenen Verschärfung des Klimaziels die Kosten und Nutzen in begleitenden Untersuchungen berechnen lassen.

Die vorliegende Untersuchung systematisiert die Literatur und schließt auf Empfehlungen für eine gute Praxis, je nachdem, in welchem Stadium des politischen Entscheidungsprozesses die Analyse der Kosten und Nutzen aus den Perspektiven verschiedener wirtschaftlicher Akteure durchgeführt werden soll.

## Abstract

The existence of climate change and the necessity of mitigation measures are hardly doubted any more in the scientific community. The IPCC reports are the solid base of international climate change mitigation policies and are increasingly used for climate change adaptation analyses. Implementation of the measures on regional or local levels, however, is often joined by a comprehensive discussion about costs and benefits.

Thus, measures for the reduction of greenhouse gas emissions (GHG) or incentives for this reduction should always be prioritized and planned taking cost-benefit analyses into account. Therefore, on the national level, where policy instruments are decided, cost estimates are carried out. Measures and instruments often are clustered into packages and the economic effects of the whole bundle is analysed, for example for the integrated energy and climate package (IEKP, Germany), for the 20-20-20 package of the EC or for the recently suggested tightening of the GHG targets in the EC.

This study tries to structure existing estimates and to deduct best practice examples for each stage of the decision making process.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis.....	9
Abkürzungsverzeichnis.....	10
1 Zusammenfassung .....	11
1.1 Thema und Zielsetzungen des Vorhabens .....	11
1.2 Die Bewertung von Kosten und Nutzen des Klimaschutzes.....	12
1.3 Gute Praxis zur Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten .....	12
2 Summary .....	14
2.1 Objectives of the project .....	14
2.2 Assessment of the costs and benefits of mitigation .....	14
2.3 Good practice for the evaluation of climate change policies and instruments.....	15
3 Einleitung.....	17
4 Die Bewertung von Kosten und Nutzen des Klimaschutzes .....	20
5 Szenarien zum Klimaschutz.....	26
5.1 Die Berechnungen des IPCC.....	26
5.2 Internationale Energieszenarien .....	27
5.3 Impact Assessments und Modellrechnungen der EU.....	30
6 Einordnung von Ansätzen zur Abschätzung von Klimaschutzkosten- und -nutzen.....	32
6.1 Methoden und Ansätze volkswirtschaftlicher Modellanalysen.....	34
6.2 Energieszenarien für Deutschland als Basis für die Modellanalysen (top-down) .....	37
6.3 Kosten- und Nutzenstudien für Nicht-CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	38
6.4 Fallstudien und Sektoruntersuchungen.....	39
6.4.1 Beispiel 1: Kosten- und Nutzenberechnungen zum Ausbau erneuerbarer Energien .....	39
6.4.2 Beispiel 2 Kosten- und Nutzenberechnungen im Bereich Energieeffizienz.....	42
7 Gute Praxis zur Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten .....	45
7.1 Anforderungen .....	45
7.2 Vorschlag zur Nutzbarkeit verschiedener Ansätze für die Entscheidungsfindung .....	48
7.2.1 Klimaschutzpolitik – ein vielstufiger Prozess.....	48
7.2.2 Leitfragen und Zielgrößen – Beispiele aus der deutschen Klimapolitik.....	50

## Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien

7.2.3 Untersuchungen zu gesamt- und einzelwirtschaftlichen Kosten – eine Entscheidungshilfe .....	54
8 Fazit .....	58
Anhang 1: Übersicht über die wichtigsten internationalen Energieszenarien.....	59
Anhang 2: Volkswirtschaftliche Modellanalysen .....	61
Wirtschaftlicher Nutzen des Klimaschutzes (UBA 2008).....	61
Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland (Jochem et al. 2008) .....	63
Gesamtwirtschaftliche Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen (UBA 2009).....	67
Kosten und Potenziale der Vermeidung von THG-Emissionen (McKinsey 2007, 2009).....	70
Gesamtwirtschaftliche CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten der energetischen Gebäudesanierung (Kuckshinrichs et al. 2009).....	73
Energieprognose 2009 (IER, RWI, ZEW 2010).....	75
Energieszenarien (Prognos, EWI, GWS 2010).....	79
Kosten und Nutzen des Ausbaus erneuerbarer Energien (ISI, DIW, GWS, IZES 2010).....	83
Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte (Ifeu et al. 2011).....	86
Die Zukunft der Energiemärkte (Ifo, FEE 2012) .....	89
PIK-Studie (Jaeger et al. 2011).....	94
9 Quellenverzeichnis.....	98

**Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Vorgehensweise bei einer Kosten-Nutzen-Analyse.....22

Abb. 2: Energiesektor: Vermeidungskostenkurve - Deutschland 2020\* .....33

Abb. 3: Übersicht über das Einteilungsschema nach Wirkungskategorien, -typen, Analysebereichen und Gegenständen der Analyse .....40

Abb. 4: Phasen der Entscheidungsfindung .....49

Abb. 5: Phasen und Leitfragen .....52

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Herausforderung von Kosten-Nutzen-Analysen .....25

Tabelle 2: Kategorisierung von Studien zur volkswirtschaftlichen Bewertung von  
Kosten und Nutzen des Klimaschutzes .....36

## **Abkürzungsverzeichnis**

BIP	Bruttoinlandsprodukt
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CCS	Carbon Capture and Storage
CGE	Computable General Equilibrium
EC	European Commission
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
ETS	Emission Trading System
ETP	Energy Technology Perspectives
EU	Europäische Union
GHG	Greenhouse Gas Emissions
HH	Haushalte
IAM	Integrated Assessment Modelle
IEA	International Energy Agency
IEKP	Integrierte Energie- und Klimaprogramm
IEO	International Energy Outlook
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
PIK	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
PV	Photovoltaik
SRES	Special Report on Emission Scenarios
UBA	Umweltbundesamt
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen
WEO	World Energy Outlook

# 1 Zusammenfassung

## 1.1 Thema und Zielsetzungen des Vorhabens

Kosten und Nutzen des Klimaschutzes sind sowohl national als auch international ausführlich untersucht. Bottom-up Studien geben detaillierte Einblicke in die Potenziale in einzelnen Sektoren und die Kosten, die damit verbunden sind, dass diese Potenziale gehoben werden sollen. Gesamtwirtschaftliche Modellansätze führen die Erkenntnisse der einzelnen Sektoren zusammen und vermitteln eine gesamtwirtschaftliche Sicht, die oftmals hilft zu verstehen, dass Ausgaben in Klimaschutz als Kosten und als Investitionen zwei Seiten haben. Was in Partialanalysen als Kosten wahrgenommen wird, kann gesamtwirtschaftliche Impulse entfalten, die sich positiv auf Wachstum und Beschäftigung auswirken. Bei der Interpretation ist sehr darauf zu achten, dass die Perspektiven bzgl. privater und gesellschaftlicher Kosten und Nutzen nicht vermischt werden und daraus keine falschen Schlussfolgerungen gezogen werden. Wird auch der Nutzen des Klimaschutzes in die Analyse einbezogen, so muss noch sorgfältiger auf die Trennung der Effekte geachtet werden: Während die Abwägung eines Wirtschaftsakteurs zugunsten einer Klimaschutzinvestition getrieben wird von seinen Präferenzen und der Renditemöglichkeit, sei es durch Energieeinsparung, die Vergütung von grünem Strom oder die Vermeidung von Strafzahlungen, sind die gesamtwirtschaftlichen Nutzen eher in der langfristigen Vermeidung von Klimaschäden und den langfristigen Wachstumspfaden sowie in den kurz- und mittelfristigen wirtschaftlichen Aktivitäten zu sehen.

Die Literatur lässt sich im Wesentlichen in drei Kategorien aufteilen: Szenarienstudien, die entweder zukünftige Emissionsniveaus fortschreiben und die Schäden des Klimawandels ausweisen (hierzu gehören vor allem die Arbeiten des IPCC, aber auch Arbeiten des PIK), Szenarienstudien, die Energieszenarien fortschreiben und gesamtwirtschaftliche Effekte eines Energiemixes im Vergleich zu alternativen Lösungen beschreiben, teilweise unter Abschätzung der damit verbundenen unterschiedlichen Klimakosten (hierzu sind die Impact Assessments der EU, aber auch die Energieprognosen oder die Langfristszenarien des Ausbaus erneuerbarer Energien sowie die Energieszenarien für das Energiekonzept zu zählen) und explizite Untersuchungen der Quantifizierung von Kosten und Nutzen des Ausbaus erneuerbarer Energien oder von Effizienzmaßnahmen, in Form von Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenbündeln, wie sie für Deutschland und für die EU in einzelnen Untersuchungen vorgelegt worden sind.

In der Untersuchung wird der Versuch unternommen, die hauptsächlich in der Literatur verwendeten Kosten- und Nutzenkategorien darzustellen und die den jeweiligen Rechnungen zugrundeliegenden Annahmen und Methoden aufzuzeigen. Ziel ist es, diejenigen Kategorien, Größen und Berechnungsmethoden zu isolieren, die für eine Kosten-Nutzen-Analyse der Politikszenerarien für den Klimaschutz<sup>1</sup> am sinnvollsten und aussagekräftigsten sind.

---

<sup>1</sup> Politikszenerarien für den Klimaschutz VI – Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030, Umweltbundesamt, 2013.

### 1.2 Die Bewertung von Kosten und Nutzen des Klimaschutzes

Kosten-Nutzen-Analysen sind ein etabliertes Instrument der wirtschaftswissenschaftlichen Theorie im Rahmen der Bewertung von Wohlfahrtsänderungen aufgrund staatlicher Eingriffe zur Bereitstellung öffentlicher Güter oder zur Internalisierung externer Effekte. Insbesondere die Umweltökonomie kennt etliche Beispiele von externen Effekten (Schäden sowie Nutzen) die nicht in den Marktpreisen abgebildet sind und denen man für eine Internalisierung einen Wert zuweisen muss, da ein Vergleich der Kosten und Nutzen sich am besten in vergleichbaren Einheiten durchführen lässt. Da die Kosten in Geldeinheiten anfallen, wird versucht, den Nutzen ebenfalls in Geldeinheiten anzugeben.

Spätestens seit dem 2. Assessment Report des IPCC (1995) wurden Kosten-Nutzen-Analysen auch für den Klimaschutz in Betracht gezogen. Klimawandel als globales Problem verlangt nach einer Berücksichtigung der globalen Dimension in einer entsprechenden Kosten-Nutzen-Analyse. Allerdings führt eben diese globale Dimension zusätzlich zu den Unsicherheiten und Bandbreiten der Auswirkungen des Klimawandels und der langen Zeitachse zu erheblichen Unsicherheiten sowohl bei den Ergebnissen der Bewertung als auch bei den anzuwendenden Methoden. Globale Modelle müssen eine Fülle von Annahmen zu den einzelnen Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit, die Landwirtschaft, die Meere, die Infrastruktur etc. treffen, um die sozialen Kosten des Klimawandels zu berechnen. Andere Teilmodelle beschränken sich auf Einzelwirkungen, wie etwa die Kosten des Klimawandels in der Fischerei. Dies macht die Abschätzung der Kosten des Klimawandels, die zur Festlegung von Grenzwerten herangezogen werden kann, schwierig.

Typischerweise lassen sich drei Bausteine einer vollständigen Kosten-Nutzenanalyse von zukunftsgerichteten Klimaschutzmaßnahmen ausmachen: (1) Die Darstellung der möglichen Zukunftsentwicklung in Form eines (zielorientierten) Szenarios, (2) die Übersetzung der physischen Emissionsminderung, Energieeinsparung etc. in Geldeinheiten und (3) die Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Wirkungen in ökonomischen Modellen.

Neben diese gesamtwirtschaftliche Sicht, die letztlich einen allwissenden Regulator unterstellt, ist jedoch in der Literatur die Entscheiderperspektive eines Investors in erneuerbare Energien (EE), Energieeffizienz oder andere Klimaschutzmaßnahmen getreten. Bei bestehenden Förderprogrammen wie dem EEG werden den Investitionskosten die möglichen Erlöse (zum Beispiel durch die EEG-Vergütung) gegenübergestellt, sodass sich die Nettokosten verringern. Gesamtwirtschaftlich handelt es sich hierbei um einen Verteilungseffekt, denn die Erlöse werden von den Stromverbrauchern aufgebracht. Einzelwirtschaftlich jedoch entscheidet genau dieses Kalkül über die Neigung des Investors, Klimaschutzmaßnahmen auch als wirtschaftlich interessant einzuschätzen. Bei der vergleichenden Bewertung ist darauf zu achten die Ergebnisse der gesamtwirtschaftlichen Bewertung und die einzelwirtschaftliche Perspektive sauber voneinander zu trennen.

### 1.3 Gute Praxis zur Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten

Der Vergleich von Studienergebnissen ist wichtig für die politische Entscheidungsfindung. Zu einem derartigen Vergleich gehört ein Verständnis der kritischen Merkmale einer Untersuchung und die Möglichkeit der Einordnung, wie sich diese Merkmale auf das Ergebnis auswirken. Bei der Methodik kann geklärt werden, welcher Grundansatz verfolgt wird und in welchem Umfang dabei von bisherigem Vorgehen abgewichen wird. Die dargestellten

Kategorien der Kosten und Nutzen bilden den Kern der Betrachtung. Die Analyse der Szenarien zeigt die zentralen Unterschiede, die die Einordnung der Ergebnisse erst ermöglicht. Auch ein Best Practice-Verfahren zur Bewertung von Klimaschutzkosten und -nutzen muss aber nicht auf alle aufgeführten Punkte eingehen, sondern kann sich auf den für die Fragestellung relevanten Teil beschränken. Dennoch lassen sich die nachstehenden allgemeinen Anforderungen für eine gute Praxis der Kosten- und Nutzenbewertung von Klimaschutzmaßnahmen herausfiltern:

- **Aktualität:** Analysen sind wesentlich durch die genutzten Daten bestimmt. Dies gilt zum einen für die Rahmendaten. Wenn sich z.B. das internationale Energiepreisniveau wie zwischen 2005 und 2010 fundamental verändert, entwertet allein dieser Zusammenhang ältere Studien. Ähnliches gilt auch für technologische Entwicklungen wie die dramatischen Kostenreduktionen bei Erneuerbaren Energien und insbesondere bei der PV in den letzten drei Jahren. Auch der beschlossene Ausstieg aus der Kernenergie stellt einen vergleichbaren Einschnitt dar.
- **Transparenz:** Transparenz bedeutet zunächst Nachvollziehbarkeit für Dritte. Experten sollten durch eine umfassende Dokumentation in der Lage sein, Unterschiede zu anderen Berechnungen und Modellen zu erkennen. Zentral ist die Dokumentation wichtiger Grundannahmen wie Energiepreise oder Technologieentwicklung. Es muss klar sein, welche Zusammenhänge in der Analyse als exogen betrachtet werden.
- **Modelltyp:** Der verwendete Modelltyp bzw. die Methodik allgemein sollte der Fragestellung angemessen sein. Bei gesamtwirtschaftlichen Betrachtungen mit komplexen Rückkopplungsprozessen ist die Verwendung von top-down-Ansätzen notwendig, weil bottom-up-Ansätze nur eine technisch orientierte Optimierung vornehmen und volkswirtschaftliche Rückkopplungen nicht betrachten. Zu ihrer technischen Fundierung sind Ergebnisse von bottom-up-Untersuchungen mit einzubeziehen.
- **Referenz:** Die Wahl der Referenzentwicklung ist entscheidend für die Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen. Je ambitionierter die technische Entwicklung in der Referenz verläuft, desto geringer fallen der mögliche Nutzen oder die auftretenden Kosten bei Umsetzung der Maßnahmen aus. Verstärkt wird dieser Effekt dadurch, dass die zuerst ergriffenen Maßnahmen in der Regel kostengünstiger sind, d.h. ceteris paribus zunächst ergriffene Klimaschutzmaßnahmen volkswirtschaftlich vorteilhafter sind.
- **Zeitliche und räumliche Abgrenzung:** Beides muss der Fragestellung angemessen sein. Wenn z.B. Maßnahmen betrachtet werden, bei denen das einzelwirtschaftliche Entscheidungskalkül über Jahrzehnte läuft (bei Gebäuden, Infrastruktur oder Deichen), ist auch ein entsprechend langer Zeitraum zu betrachten. Die Analyse zukünftiger Klimaschutzmaßnahmen sollte deshalb wenigstens bis zum Jahr 2030 reichen, weil die Nutzungsdauer vieler Effizienzmaßnahmen so lange reicht. Da die Energiewende bis zum Jahr 2050 vollzogen sein soll, sollte bei umfassenderen Betrachtungen der gesamte Zeitraum der Energiewende, d.h. 2010 bis 2050, in die Analyse einbezogen werden.

## **2 Summary**

### **2.1 Objectives of the project**

Costs and benefits of mitigation are both nationally and internationally extensively studied. Bottom -up studies provide detailed insights into the potential in each sector and the costs that are associated with it. Macroeconomic modelling approaches bring together the findings of the various sectors and provide a macroeconomic point of view, which often helps to understand that spending has a cost and an investment aspect, i.e. creates a burden and opportunities. What is perceived in partial analyses as cost can develop macroeconomic stimulus, a positive impact on growth and employment. In interpreting results, perspectives of private and social costs and benefits should not be mixed. If also the benefits of climate change mitigation included in the analysis , even more attention has to be paid to the separation of effects: While the incentives for single economic agents is driven by preferences and economic returns, whether through energy conservation, the remuneration of green electricity or avoidance of penalties, the total economic benefit lies rather in the long-term prevention of climate damage and long-term growth paths, as well as in short and medium term increased economic activities.

The literature essentially falls into three categories : Scenario studies that project future emission levels and identify the damage of climate change (e.g. IPCC , but also PIK); scenario studies that develop energy scenarios and macroeconomic effects of a certain energy mix compared to reference or contrafactual scenarios , partly estimating the associated different climate costs (Impact Assessment of the EU , but to also energy forecasts or long-term scenarios of the development of renewable energy and energy scenarios for the energy concept ) and explicit analyses of the costs and benefits of renewable energy expansion or efficiency measures , focusing on measures or packages of measures as they have been submitted for Germany and the EU in individual studies.

In this report the predominantly used cost and benefit categories in the literature are reflected, as well as their underlying assumptions and methods. The aim is to isolate those categories, quantities and methods of calculation which makes the most sense for a cost - benefit analysis of climate protection scenarios.

### **2.2 Assessment of the costs and benefits of mitigation**

Cost -benefit analysis (CBA) is an established instrument of economic theory to assess welfare changes due to government action to provide public goods or to internalize external effects. In particular, environmental economics knows many examples of external effects (damages and benefits) that are not reflected in market prices. To internalize these external effects, monetary values have to be estimated to provide comparable units for costs and benefits, as the costs incur in monetary units.

Latest since the second Assessment Report of the IPCC (1995) CBA has been used to evaluate climate change mitigation measures. Climate change as a global problem calls for the global dimension in an appropriate cost-benefit analysis. However, this same global dimension in addition leads to uncertainties and bandwidths of the effects of climate change. The time horizon of climate change effects leads to considerable uncertainties in both the results of the

evaluation and the methods to be used. Global models include assumptions on the individual effects of climate change on human health, agriculture, marine, infrastructure, etc. to calculate the social costs of climate change. Other sub-models are limited to individual effects, such as the costs of climate change in fisheries.

Typically, three building blocks of a complete cost-benefit analysis of mitigation measures exist: (1) The analysis of future developments in (goal-oriented) scenarios, (2) the translation of physical emission reductions, energy savings etc. into monetary units, and (3) the calculation of macroeconomic effects in economic models.

In addition to the macroeconomic point of view, which ultimately assumes a benevolent omniscient regulator, however, renewable energy, energy efficiency and other mitigation measures are analysed from the decision maker perspective of an investor. For existing programs such as the EEG, the potential revenues (for example, through the feed-in tariff) are compared with investment costs. In macroeconomic terms, this is a distribution effect, because the burden is distributed to all electricity consumers. Comparing results from studies one should pay attention not to mix these two approaches.

### 2.3 Good practice for the evaluation of climate change policies and instruments

The comparison of study results is important for policy-decisions. For such a comparison a thorough understanding of characteristic which affect the results is important. The methodology should be taken into consideration to the extent that it determines results. A best-practice procedure for the assessment of climate change costs and benefits needs not go into all the items listed, but may be limited to matters relevant to the question part. Nevertheless, the following general requirements for good practice of cost and benefit assessment of mitigation measures have been deduced from the literature:

- **Data base:** analyses are essentially determined by the data used. One example are the changes in energy prices between 2005 and 2010, studies which do not take these price changes into consideration, are not valid any more. The same holds for technological developments such as the dramatic cost reductions in renewable energy, particularly in PV in the last three years. The decision to phase out nuclear energy represents a similar milestone.
- **Transparency:** Transparency means first of accountability for third parties. A comprehensive documentation facilitates to recognize differences with other calculations and models. The documentation of important assumptions such as energy prices or technology development is central. It must be clear which variables are considered in the analysis as exogenous.
- **Model:** The model type used or the methodology generally should match the research question. In macroeconomic considerations with complex feedback processes, top-down approaches are necessary because bottom-up approaches do not consider economic feedback. However, a technically oriented optimization can be used as technical foundation.
- **Reference:** The choice of reference scenarios is crucial for the evaluation of climate change policies. The more ambitious the technical development proceeds in the reference, the lower the potential benefits or costs will be. This effect is reinforced by

the fact that the first measures taken typically are the most cost-effective, i.e. *ceteris paribus* initially taken mitigation measures are economically advantageous.

- Temporal and spatial definition: Both must be appropriate to the research question. For example, if measures are considered, in which the individual economic decision calculus spans decades (buildings, infrastructure or dikes), a correspondingly long period of time has to be considered. The analysis of future climate change policies should, therefore, at least run up to the year 2030, because the useful life of many efficiency measures ranges so long. Since the “Energiewende” is to be completed by the whole time period from 2010 to 2050 should be included.

### 3 Einleitung

Über die Existenz des Klimawandels und die Notwendigkeit von Klimaschutzmaßnahmen bestehen in der wissenschaftlichen Literatur zunehmend geringere Zweifel. Die regelmäßigen Berichte des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) stellen immer noch die fundamentale Basis der internationalen Klimaschutzpolitik und zunehmend auch der Klimafolgenanpassungsforschung dar. Die Analyse und Durchsetzung der notwendigen Maßnahmen im Detail ist jedoch häufig mit einer umfassenden Diskussion der Kosten und Nutzen dieser Maßnahmen verbunden.

Klimawandel als globales Problem verlangt nach einer Berücksichtigung der globalen Dimension in einer entsprechenden Kosten-Nutzen-Analyse. Allerdings führt eben diese globale Dimension zusätzlich zu den Unsicherheiten und Bandbreiten der Auswirkungen des Klimawandels und der langen Zeitachse zu erheblichen Unsicherheiten sowohl bei den Ergebnissen der Bewertung als auch bei den anzuwendenden Methoden. Globale Modelle, wie zum Beispiel FUND, müssen eine Fülle von Annahmen zu den einzelnen Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit, die Landwirtschaft, die Meere, die Infrastruktur etc. treffen, um die sozialen Kosten des Klimawandels zu berechnen. Andere Teilmodelle beschränken sich auf Einzelwirkungen, wie etwa die Kosten des Klimawandels in der Fischerei. Dies macht die Abschätzung der Kosten des Klimawandels, die zur Festlegung von Grenzwerten herangezogen werden kann, schwierig.

Sollen Maßnahmen zur Begrenzung der Emission von Treibhausgasemissionen vorgeschlagen oder Anreizinstrumente zum Ergreifen dieser Maßnahmen konzipiert werden, sollten diese auch anhand des Kostenkriteriums geplant und priorisiert werden. Hierzu werden auf der nationalen Ebene, wo diese Politiken stattfinden, Kostenschätzungen durchgeführt. Darüber hinaus werden kombinierte Maßnahmenpakete bewertet, wie etwa das Integrierte Klima- und Energieprogramm IEKP (vgl. Umweltbundesamt (UBA) 2009, 2011; oder Ifeu et al. 2011 für Teilaspekte der Nationalen Klimaschutzinitiative), die Bestandteil einer umfassenderen Klimaschutzstrategie sind. Auch die Europäische Union (EU) hat zu den von ihr vorgeschlagenen Paketen, wie dem 20-20-20 Energie- und Klimapaket oder der kürzlich vorgeschlagenen Verschärfung des Klimaziels die Kosten und Nutzen in begleitenden Untersuchungen berechnen lassen.

Gilt es verschiedene Maßnahmen abzuwägen oder zu vergleichen, sollten den Kosten von Maßnahmen, Instrumenten oder Strategien Nutzen in größerer Höhe gegenüberstehen. Einigkeit scheint darüber zu bestehen, dass der Nutzen der Klimaschutzmaßnahmen überwiegend in den vermiedenen Schäden besteht. Hinzu kommen Nutzen aus dem Einsatz erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz, wie etwa die Minderung der Abhängigkeit von Energieimporten, eine bessere Gesundheit wegen geringerer Luftschadstoffe und die zusätzliche Beschäftigung sowie positive Effekte auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP). Zur Höhe dieser Effekte weist die Literatur jedoch eine große Bandbreite aus.

Die Literatur lässt sich im Wesentlichen in drei Kategorien aufteilen: Szenarienstudien, die entweder zukünftige Emissionsniveaus fortschreiben und die Schäden des Klimawandels ausweisen (hierzu gehören vor allem die Arbeiten des IPCC, aber auch Arbeiten des PIK), Szenarienstudien, die Energieszenarien fortschreiben und gesamtwirtschaftliche Effekte eines

Energiemixes im Vergleich zu alternativen Lösungen beschreiben, teilweise unter Abschätzung der damit verbundenen unterschiedlichen Klimakosten (hierzu sind die Impact Assessments der EU, aber auch die Energieprognosen oder die Langfristszenarien des Ausbaus erneuerbarer Energien sowie die Energieszenarien für das Energiekonzept zu zählen) und explizite Untersuchungen der Quantifizierung von Kosten und Nutzen des Ausbaus erneuerbarer Energien oder von Effizienzmaßnahmen, in Form von Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenbündeln, wie sie für Deutschland und für die EU in einzelnen Untersuchungen vorgelegt worden sind.

Nachfolgend wird der Versuch unternommen, die hauptsächlich in der Literatur verwendeten Kosten- und Nutzenkategorien darzustellen und die den jeweiligen Rechnungen zugrundeliegenden Annahmen und Methoden aufzuzeigen. Ziel ist es, diejenigen Kategorien, Größen und Berechnungsmethoden zu isolieren, die für eine Kosten-Nutzen-Analyse der Politikszenerarien für den Klimaschutz (Öko-Institut et al. 2013) am sinnvollsten und aussagekräftigsten sind.

Letztlich lassen sich drei Bausteine einer vollständigen Kosten-Nutzenanalyse von zukunftsgerichteten Klimaschutzmaßnahmen ausmachen: (1) Die Darstellung der möglichen Zukunftsentwicklung in Form eines (zielorientierten) Szenarios, (2) die Übersetzung der physischen Emissionsminderung, Energieeinsparung etc. in Geldeinheiten und (3) die Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Wirkungen in ökonomischen Modellen.

Neben eine gesamtwirtschaftliche Sicht, die letztlich einen allwissenden Regulator unterstellt, ist jedoch in der Literatur die Entscheiderperspektive eines Investors in erneuerbare Energien (EE), Energieeffizienz oder andere Klimaschutzmaßnahmen getreten. Bei bestehenden Förderprogrammen wie dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) werden den Investitionskosten die möglichen Erlöse (zum Beispiel durch die EEG-Vergütung) gegenübergestellt, sodass sich die Nettokosten verringern. Gesamtwirtschaftlich handelt es sich hierbei um einen Verteilungseffekt, denn die Erlöse werden von den Stromverbrauchern aufgebracht. Einzelwirtschaftlich jedoch entscheidet genau dieses Kalkül über die Neigung des Investors, Klimaschutzmaßnahmen auch als wirtschaftlich interessant einzuschätzen.

Im Rahmen der Politikszenerarien werden die Entscheiderperspektive, die volkswirtschaftliche Perspektive und die gesamtwirtschaftliche Analyse unterschieden. Die Entscheiderperspektive, die einzelwirtschaftliche Sichtweisen von Individuen und Haushalten erfasst, und die gesamtwirtschaftliche Analyse werden in dieser Studie wie in den Politikszenerarien abgegrenzt. Der Begriff der „volkswirtschaftlichen“ Perspektive kann leicht irreführend sein. Es geht dabei vielmehr um eine „gesellschaftliche“ Perspektive, die dann auch so benannt werden sollte. Der Begriff „volkswirtschaftlich“ wird dagegen eher mit „gesamtwirtschaftlich“ gleichgesetzt, so auch im Rahmen dieser Studie. Die Begriffe „gesamtwirtschaftlich“ und „makroökonomisch“ werden hierzu synonym verwendet und beschreiben alle den Gegensatz zu einer einzelwirtschaftlichen Perspektive.

Wo immer in den untersuchten Studien auf die „gesellschaftliche“ Perspektive eingegangen wird, wird dies im Text angemerkt.

In Kapitel 2 wird zunächst die generelle Diskussion zu Kosten und Nutzen von Klimaschutz dargestellt. Hierbei geht es im Wesentlichen um die Übersetzung von physischen Einheiten in

## **Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerien**

Geldeinheiten (Punkt 2 oben). Im 3. Kapitel werden einige Energie- und Klimaschutzszenarien dargestellt, die als Referenz für Kosten- und Nutzenanalysen in den letzten Jahren eine wichtige Rolle gespielt haben. Sie beziehen sich vor allem auf (1).

Die nachfolgenden Kapitel greifen dann Punkt (3) auf. In Kapitel 4 werden zunächst Studien zu den volkswirtschaftlichen Effekten von Klimaschutzmaßnahmen eingeordnet. Der Fokus liegt hierbei auf den sog. top-down-Ansätzen, die auf Basis technologisch fundierter bottom-up-Studien Effekte in den Kategorien der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen ausweisen. Die Betrachtung externer Effekte bleibt hierbei in der Regel außen vor. Als wesentliche Kriterien zur Kategorisierung bieten sich der Betrachtungszeitraum, der Modelltyp (bottom-up versus top-down), bei top-down-Ansätzen der volkswirtschaftliche Modellansatz und die gewählte Referenzentwicklung an. Bei den gewählten Zukunftsentwicklungen lassen sich noch zielorientierte Szenarien von Projektionen unterscheiden. In Kapitel 5 wird versucht aus der Literatur Beispiele und Empfehlungen für eine gute Praxis zur Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten abzuleiten. Im Anhang sind zentrale Studien der letzten Jahre systematisch mit Blick auf die Fragestellung für Deutschland oder die EU ausgewertet worden.

## 4 Die Bewertung von Kosten und Nutzen des Klimaschutzes

Die ambitionierte Förderung erneuerbarer Energien und die Ausgaben für den Klimaschutz stoßen zuweilen auf deutlichen Widerstand, wobei häufig auf unterschiedliche Markt-, Kosten- und Preiswirkungen verwiesen wird, die z.T. in ihrem Ausmaß und hinsichtlich der Bewertung von Kosten- und Nutzenaspekten umstritten sind. In zahlreichen Untersuchungen gerade in jüngerer Zeit sind einzelne Aspekte intensiv untersucht worden, ohne dass sich eine umfassende Kosten-Nutzen-Analyse unter Zusammenschau aller Effekte ergibt. Die Auseinandersetzung mit den Kosten und Nutzen des Klimaschutzes hat in den letzten 20 Jahren nach der UN Rahmenkonvention zum Klimawandel von 1992 an Intensität zugenommen, aber bereits seit den 70er Jahren liegen modellgestützte Untersuchungen zu den Kosten der CO<sub>2</sub>-Minderung vor (zu den modellgestützten Analysen s.u.).

Kosten-Nutzen-Analysen sind ein etabliertes Instrument der wirtschaftswissenschaftlichen Theorie im Rahmen der Bewertung von Wohlfahrtsänderungen aufgrund staatlicher Eingriffe zur Bereitstellung öffentlicher Güter oder zur Internalisierung externer Effekte. Insbesondere die Umweltökonomie kennt etliche Beispiele von externen Effekten (Schäden sowie Nutzen) die nicht in den Marktpreisen abgebildet sind und denen man für eine Internalisierung einen Wert zuweisen muss. Denn ein Vergleich der Kosten und Nutzen lässt sich am besten in vergleichbaren Einheiten durchführen. Da die Kosten in Geldeinheiten anfallen, wird versucht, den Nutzen ebenfalls in Geldeinheiten anzugeben.

In der Umweltökonomie sind Kosten-Nutzen-Analysen zunächst zur Evaluierung von politischen Maßnahmen zur Vermeidung von Umweltschäden oder von Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltqualität eingesetzt worden. Dabei muss dem vermiedenen Schaden oder der verbesserten Umweltqualität ein Wert in Geldeinheiten zugeordnet werden, die Umwelt also bewertet werden.

Die Methoden zur Umweltbewertung sind ebenso vielfältig wie die Wechselwirkung zwischen Mensch und Umwelt. Für ein marktgehandeltes Gut lässt sich der Wert einer zusätzlichen Einheit aus dem Preis ablesen, bei einer zusätzlichen Einheit Umweltqualität (z.B. Emissionsminderung) funktioniert das gerade nicht. Will man den Wert einer Umweltveränderung bemessen, so muss man zu anderen Mitteln als dem Marktmechanismus greifen. Einen starken Antrieb für die Auseinandersetzung von Ökonomen mit der Umweltbewertung stellt die Schadensbemessung nach einem Umweltunfall oder einer Umweltkatastrophe dar. Natürliche Ressourcen können in vielerlei Weise geschädigt werden; zum Beispiel durch langjährige produktive Nutzung oder durch vom Menschen verursachte bzw. durch natürliche Katastrophen. Bei einem von Menschen verursachten und plötzlich auftretenden Schaden spricht man häufig von Umweltunfällen, etwa beim Austritt von giftigen Dämpfen aus einer Fabrik, beim Entweichen giftiger Chemikalien in Gewässer oder auch im extremen Fall einer Umweltkatastrophe bei Tankerunfällen, die mit großen Mengen auslaufenden Erdöls ganze Küstenregionen schädigen (ein berühmtes Beispiel für derartige Schadenersatzansprüche ist der Exxon Valdez Unfall, vgl. Lehr 1998).

Aber auch positive Umweltveränderungen müssen monetär bewertet werden, denn den Kosten, die bei ihrer Bereitstellung durch den Staat anfallen, sollte ein Nutzen in entsprechender Höhe gegenüberstehen. Positive Umweltveränderungen erhöhen den

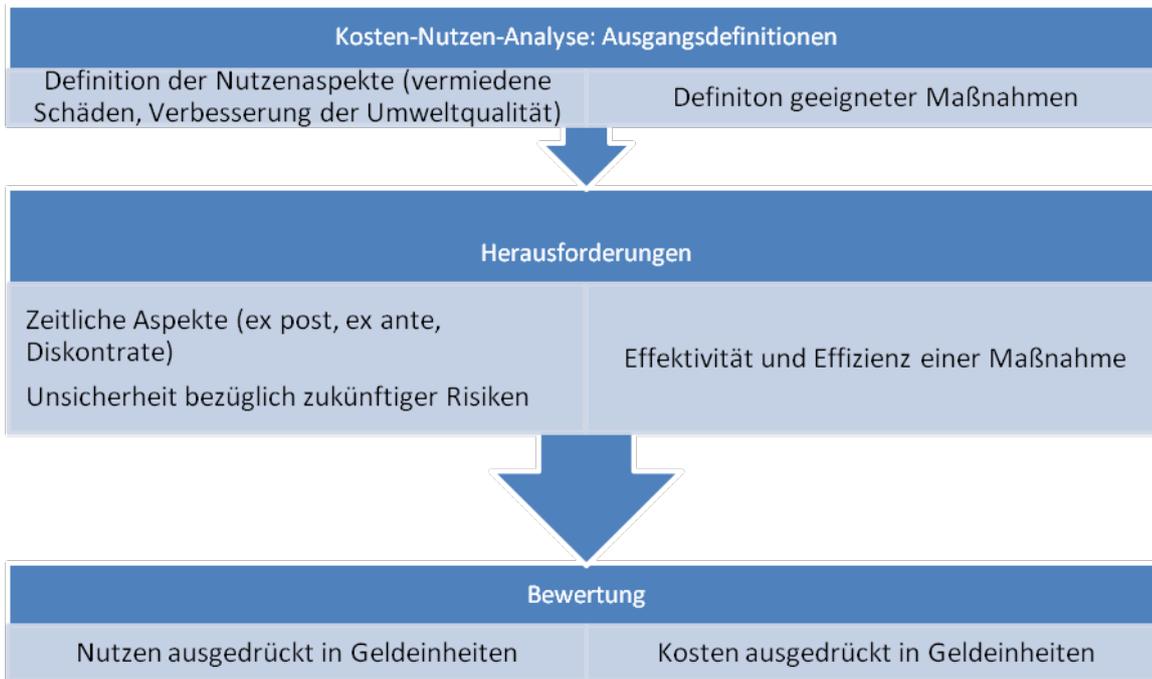
individuellen Nutzen, so dass ein Teil des Einkommens nach einer Umweltverbesserung aufgegeben werden kann, und man dennoch nicht schlechter da steht als zuvor. Umweltverschlechterungen hingegen können durch eine Einkommenserhöhung kompensiert werden. Die Höhe dieser Veränderungen des Einkommens messen die Umweltbewertungsverfahren. Anstelle einer solchen umfangreichen Kosten-Nutzen-Analyse wird oft versucht, den Nutzen umweltpolitischer Regulierung durch Produktionsgewinne oder eingesparte Wiederherstellungskosten abzuschätzen. Somit wird in einer ersten Näherung der Nutzen durch die vermiedenen Kosten der Umweltverschmutzung berechnet. Die Dose-Response Methode schätzt beispielsweise die Auswirkungen einer Reduktion von umweltschädlichen Stoffen auf zukünftige Erträge ab und bewertet eine Regulierung zur Verminderung eines schädlichen Stoffes mit dem Wert der zusätzlichen Ernten oder der zusätzlichen Lebenszeit. Sie benötigt somit einen klar definierten naturwissenschaftlichen Zusammenhang zwischen der Menge an schädlichem Stoff und den Auswirkungen auf die Produktion. So entsteht eine monetäre Nutzenabschätzung, die allerdings nur die produktive zukünftige Nutzung des durch eine Schutzmaßnahme vor Schaden bewahrten Guts einschließt. Individuelle Präferenzen spielen in diesem Zusammenhang keine Rolle.

Bei größeren Umweltschäden, vor allem, wenn ein einzelner Verursacher feststellbar ist, können die Kosten der Wiederherstellung (Replacement Costs) zur Bewertung herangezogen werden. Diese Überlegung liegt dem amerikanischen CERCLA (Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act) von 1980 zugrunde. Hierbei tritt der Staat als Treuhänder auf und kann den Verursacher zur Rechenschaft ziehen, auch wenn keine Privatvermögen geschädigt worden sind (vgl. Portney 1994). Die Methode der Opportunitätskosten verhält sich spiegelbildlich zu Dose-Response Methode und bewertet den Schutz einer natürlichen Ressource mit dem entgangenen produktiven Nutzen der Ressource. Auch nach einem Umweltunfall lässt sich der entstandene Schaden mit dem entgangenen Nutzen bewerten. So wäre infolge des Exxon Valdez Tankerunfalls 1989 zum Beispiel die Höhe des Produktionsausfalls der Fischereibetriebe (bewertet mit aktuellen Preisen abzüglich der normalerweise anfallenden Fischereikosten) ein Maß für die Größenordnung des entstandenen Schadens gewesen. Weitere Produktionsausfälle ließen sich im Gastronomie- und Tourismusgewerbe finden, denn vermutlich lässt die Reisetätigkeit, abgesehen vom anfänglichen Tourismus von Schaulustigen, schnell nach, wenn die Umweltqualität derart stark beschädigt ist. Andere Schädigungen, wie zum Beispiel die Folgen der Deponierung von toxischen Abfällen, lassen sich über die Ausfälle der Bewirtschaftung durch Vermietung und Verpachtung des Grundstücks oder darauf befindlicher Immobilien bewerten. Auch in Deutschland konzentrierten sich die ersten von der Bundesregierung initiierten umfassenden Untersuchungen des Forschungsschwerpunktprogramms "Kosten der Umweltverschmutzung / Nutzen des Umweltschutzes" (Schulz 1991) überwiegend auf den ersten Teil des Titels und von den insgesamt zehn Studien befasst sich nur eine mit der monetären Bewertung des Nutzens von Umweltschutzmaßnahmen. Die restlichen Studien sind den Krankheitskosten infolge von Luftverschmutzung, der Bodenbelastung, den Lärmkosten den Einkommensverlusten und den Materialschäden durch Umweltverschmutzung gewidmet und setzen die weiter oben geschilderte Dose-Response Methode oder die Kosten der Wiederherstellung zur Abschätzung ein. Bei vielen Fragestellungen, insbesondere in der Klima- und Energiepolitik sind Entscheidungshilfen gefragt, die staatliche Investitionen rechtfertigen.

## Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien

Spätestens seit dem 2. Assessment Report des IPCC (1995) wurden Kosten-Nutzen-Analysen auch für den Klimaschutz in Betracht gezogen. In Kapitel 8 des Berichts (Estimating the Costs of Climate Change Mitigation) wurden Definitionen und Bestimmungsgrößen von Kosten-Nutzen-Analysen aufgearbeitet. Bereits zu diesem Zeitpunkt ließ sich aus einer Fülle von Untersuchungen schöpfen.

Abb. 1: Vorgehensweise bei einer Kosten-Nutzen-Analyse



Die wesentlichen Herausforderungen lagen laut Ansicht der Arbeitsgruppe III

1.) in einer genauen Definition der untersuchten Kosten:

Die Taxonomie der *Kosten*konzepte erstreckt sich von den direkten technischen und finanziellen Kosten der Klimaschutzmaßnahmen bis hin zu gesamtwirtschaftlichen Analysen. Erstere werden auf der Basis der Untersuchung einzelner Technologien und Programme bestimmt. Da das IPCC besonders langfristige Klimaszenarien mit den entsprechenden Kostenschätzungen unterfüttern will, konzentriert sich die Darstellung auf den Gegenwartswert der Lebenszykluskosten. Allerdings werden auch aktuelle Stromgestehungskosten berücksichtigt, die sich aus der Zusammensetzung des Kraftwerksparks ergeben. Diese Betrachtungsweise entspricht der weiter unten erläuterten Betrachtung von Differenzkosten im Bereich der erneuerbaren Energien. Letztlich lassen sich aus dieser Betrachtungsweise Kostenkurven des Klimaschutzes ableiten. Die technischen Daten zu den Vermeidungsmaßnahmen liefern eine Emissionsminderung und werden den notwendigen Investitionen gegenübergestellt, so dass sich eine monetäre Kostenstruktur der Emissionsminderung ergibt. Als weitere Kategorie führt das IPCC sektorale Kosten in partialanalytischen Modellen, makroökonomische Kosten in gesamtwirtschaftlichen Modellen und Wohlfahrtskosten auf, wobei letztere nicht näher spezifiziert werden. Die EU-Kommission hat im Rahmen der Bewertung von Klimaprogrammen eine breit angelegte Untersuchung beauftragt, in der verschiedene Kriterien zur Bewertung von Klimaprogrammen festgelegt und auf ihre Messbarkeit hin untersucht wurden (Ecofys/ISI 2009). In dieser Untersuchung wird neben der Effektivität einer Maßnahme die (Kosten-) Effizienz als ein wesentliches Kriterium genannt. Zur Kosteneffizienz gehört jedoch gerade eine sinnvolle Abschätzung der Kosten. Wichtige Kostenkomponenten sind demzufolge neben den direkten Kosten einer Maßnahme (Investitionen in neue Technologien) die indirekten Kosten (Verteilungseffekte) der Maßnahme, die Transaktionskosten einer politischen Maßnahme und die vermiedenen externen Kosten. Um die Erfolge der EU-Klimapolitik zu bewerten, müsste die Datenbasis darüber hinaus EU-weit harmonisiert werden.

2.) in einer Bewertung möglicher Nutzen:

In der einfachsten Sichtweise sind Nutzen vermiedene Kosten. Die UBA Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten (UBA 2007) gibt eine hervorragende Übersicht zu den aktuellen Bewertungsverfahren und schlägt Best-Practice Standards zur Bewertung vor. Zur Berechnung der externen Kosten des Klimawandels wird die Bewertung von vermiedenen externen Schäden vorgeschlagen und es werden Methoden empfohlen (Kap. 5.3) um diese Schäden monetär zu bewerten. Bereits im 2. Assessment Report wurden die grundlegenden Schwierigkeiten bei der Bemessung von Kosten-Nutzen-Aspekten des Klimaschutzes - die Bewertung von Risiken, die weit in der Zukunft liegen, die Bewertung der Unsicherheit, mit welcher diese Ereignisse eintreten und die Bewertung irreversibler Änderungen - benannt.

Letztlich läuft die Zusammenschau der bis 2007 vorliegenden Untersuchungen auf die Empfehlung eines Grenzschatdens von 70 €/t CO<sub>2</sub> hinaus. In den dieser Schätzung zugrundeliegenden Untersuchungen wird von einer sozialen Diskontrate von 1% und einer stärkeren Gewichtung von Schäden je Einkommenseinheit für Entwicklungsländer

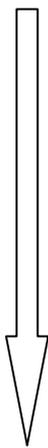
im Vergleich zu Industrieländern (equity weighting) ausgegangen. Darüber hinaus schlägt das UBA vor, in modellgestützten Untersuchungen Sensitivitätsanalysen für 20 €/t CO<sub>2</sub> und für 280 €/t CO<sub>2</sub> durchzuführen. Diese beiden Werte haben sich in der internationalen Literatur als eine Art Unter- bzw. Obergrenze für Schäden durch den Klimawandel herausgestellt.

- 3.) in den Schwierigkeiten Modellergebnisse, die auf dem Vergleich verschiedener Szenarien basieren, zu interpretieren und mit anderen Modellergebnissen zu vergleichen.

Gesamtwirtschaftliche Effekte des Klimaschutzes werden mithilfe gesamtwirtschaftlicher Modelle untersucht, die ein oder mehrere alternative Klimaschutzszenarien mit verschiedenen Maßnahmen und Instrumenten mit einer Referenzentwicklung vergleichen, welche diese Maßnahmen und Instrumente nicht enthält. Die Schwierigkeit hierbei besteht darin, die Ergebnisse unterschiedlicher Modellansätze und Szenarien miteinander zu vergleichen, da unterschiedlichen Modellen teilweise eine unterschiedliche Philosophie zugrundeliegt, die die Ergebnisse beeinflusst und die Ergebnisse einer derartigen Simulation zudem von der Wahl des Referenzszenarios kritisch abhängen. Die gesamtwirtschaftlichen Effekte fallen beispielsweise deutlich größer aus, wenn im Referenzszenario wenige Klimaschutzanstrengungen implementiert sind.

Die Abbildung von Klimaschutzmaßnahmen in derartigen Szenarien benötigt, neben der zunehmenden Bedeutung, die den erneuerbaren Energien eingeräumt wird, eine Bewertung und Modellierung von Effizienzpotenzialen. Die noch in den 90er Jahren im zweiten Assessment Report des IPCC intensiv geführte Diskussion über die Existenz von no-regret Potenzialen wurde inzwischen durch eine sorgfältige Analyse der Hemmnisse von Effizienzbemühungen, unter anderem durch Erkenntnisse der Institutionenökonomie, ergänzt. In den (neo)klassischen Modellen und Anschauungen der Wirtschaftswissenschaften war das Vorliegen solcher Potenziale nicht für möglich gehalten worden, da die effiziente Wirtschaftsweise unter bestmöglicher Ausnutzung aller Ressourcen zu einem Paradigma dieser Ausrichtung zählt. Falls no-regret Potenziale bestehen, stellt sich die Frage, wie sie gehoben werden können, wie also die nicht in ihren Kosten begründeten Hemmnisse beseitigt werden können (u.a. Informationsdefizite, eigentumsrechtliche Hemmnisse oder die Länge der pay-back Perioden). Die Herausforderung von Kosten-Nutzen-Analysen im Hinblick auf die genannten drei Aspekte ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Herausforderung von Kosten-Nutzen-Analysen

Zunehmende Aggregation	Definition der untersuchten Kosten	Bewertung möglicher Nutzen	Vergleich von Modellrechnungen
	Direkte technische und finanziellen Kosten der Klimaschutzmaßnahmen	Vermiedene Kosten	
	Gegenwartswert der Lebenszykluskosten	Verringerte Energiekosten/ Importe	
	Stromgestehungskosten	Energiesicherheit	
	Kostenkurven		
	Gesamtwirtschaftliche Kosten	Wachstum und Beschäftigung	
<b>Herausforderung:</b>	<b>Dimension/ Perspektive</b>	<b>Diskontierung/ Gewichtung/ Diskontierung</b>	<b>Was ist die Referenz?</b>

Aus den bisherigen Erfahrungen mit Kosten-Nutzen-Analysen insgesamt und speziell den Bewertungen des Klimaschutzes lassen sich drei wesentliche Elemente einer vollständigen Kosten-Nutzen-Analyse von zukunftsgerichteten Klimaschutzmaßnahmen ausmachen:

1. Darstellung der möglichen Zukunftsentwicklung in Form eines (zielorientierten) Szenarios.
2. Übersetzung der physischen Emissionsminderung (vermiedene Schäden), Energieeinsparung (Nutzen) etc. in Geldeinheiten sowie Berechnung der Kosten einer Maßnahme zur Vermeidung von Emissionen.
3. Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Wirkungen in ökonomischen Modellen.

Dieser Reihenfolge entsprechen die nächsten Kapitel: Zunächst wird eine kurze Übersicht über die internationalen Klimaschutzszenarien gegeben, wobei auch Szenarien eingeschlossen werden, die sich auf einen Teilaspekt, den Ausbau erneuerbarer Energien, konzentrieren. Anschließend werden Modellrechnungen der EU vorgestellt, die bereits die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen der europäischen Klimaschutzpolitik mit Hilfe von Integrated Assessment Modellen, einer Kombination von Instrumenten zur Szenario-Erstellung, Schadensbewertung und einfachen ökonomischen Modellen, abschätzen.

## 5 Szenarien zum Klimaschutz

### 5.1 Die Berechnungen des IPCC

Das IPCC veröffentlicht regelmäßig Berichte mit dem aktuellen Stand der Forschung zur Entwicklung des Klimawandels. Die in die Zukunft projizierten Zeitpfade der Emissionsentwicklung sind die SRES Szenarien, die auf den Special Report on Emission Scenarios von Nakicenovic/Swart (2000) zurückgehen. Die zukünftigen Emissionen leiten sich wiederum aus Arbeiten mit Integrated Assessment Modellen (IAM) ab, die eine Verknüpfung zwischen der weltweiten Wirtschaftstätigkeit und dem Ausstoß von Treibhausgasen herstellen. Die im Auftrag von IPCC verwendeten IAM bestimmen künftige Emissionen – deterministische Zeitpfade nach Maßgabe von projizierten Entwicklungen sozioökonomischer Größen wie BIP, Bevölkerung oder Energieverbrauch, die sich auf abgestimmte Storylines zu den künftigen Entwicklungen stützen.

Die etwa 40 Szenarien gliedern sich in vier Familien. Die ökonomiezentrierten SRES werden mit dem Buchstaben A bezeichnet, die auf Nachhaltigkeit abzielenden Ansätze mit B. Zu den Buchstaben kommen noch mindestens die Zahlen 1 (global konvergierende Entwicklung) oder 2 (regionale Divergenz), so dass letztlich die SRES-Familien die Bezeichnungen A1, B1, A2 und B2 tragen. Unter den A1-Szenarien werden je nach Annahmen zur Energienutzung häufig die Varianten A1FI (fossiler Schwerpunkt), A1B (ausgeglichener Mix) und A1T (weitgehend nicht-fossil) verwendet.

Für den fünften Sachstandsbericht des IPCC (AR5) werden die SRES nicht mehr als Ausgangspunkt der Klimamodellierungen benutzt. Als solcher gelten alternative Zeitpfade der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (Representative Concentration Pathways), die mit bestimmten Strahlungsantrieben zusammenhängen (van Vuuren et al. 2011). Für diese festgesetzten Zeitpfade erarbeiten Forscherteams zum einen konsistente sozioökonomische Szenarien, zum anderen Klima- und Impactszenarien für den Zeitraum 2005-2100 und darüber hinaus.

Globale Klimamodelle benutzen die IPCC-Vorgaben zur Generierung künftiger Zeitpfade von Größen wie Temperatur oder Niederschlag unter Berücksichtigung von Interaktionen zwischen Ozeanen und der Atmosphäre. Sie projizieren sie für die ganze Erde, aufgeteilt in Gitterpunkte mit Abständen von ca. 200 km, was für kleinere Regionen eine sehr grobe räumliche Skala darstellt.

Die Ergebnisse des vierten Assessments (IPCC 2007) sind in vier Berichten zusammengefasst: Die Arbeitsgruppe I befasste sich mit den physischen Grundlagen des Klimawandels. Arbeitsgruppe II ermittelt die wichtigsten (physischen) Auswirkungen, mögliche Anpassungsreaktionen und die Vulnerabilität nach betroffener Region und nach Umweltmedium. Dieser Bericht betrachtet das Wassermanagement, die Ökosysteme und ihre Dienstleistungen, die Nahrungsmittelproduktion und das Waldmanagement, Küstensysteme und die Fischerei, die Gesundheitsrisiken und die möglichen Schäden an menschlichen Siedlungen und der Industrie. Arbeitsgruppe III befasste sich mit möglichen Vermeidungsstrategien und der vierte Band ist der sogenannte Synthesereport, der die Ergebnisse aller Arbeitsgruppen zusammenfasst und im Konsens verabschiedet.

In diesem Synthesebericht werden auch die Einschätzungen zu den Kosten des Klimawandels und den Kosten der Vermeidungsstrategien zusammengefasst. Mit „high confidence“<sup>2</sup> beschließen die Autoren, dass der Klimawandel Nettokosten verursachen wird, die über die Jahre stets steigen werden. Der Bericht weist drei Arten der Schätzung von durch den Klimawandel verursachten Kosten aus: Prozentuale Veränderungen des BIP verursacht durch einen definierten Anstieg an Treibhausgasen, aggregierte und auf den heutigen Zeitpunkt abdiskontierte Treibhausgasschäden und die sozialen Kosten des Kohlenstoffs, die den Schaden einer zusätzlichen Tonne Kohlenstoff über die Verweildauer des Kohlenstoffs aggregiert und ebenfalls abdiskontiert beziffern. Die Autoren tragen über hundert Schätzungen der sozialen Kosten des Klimawandels basierend auf diesem dritten Ansatz zusammen und finden eine Bandbreite von 10 bis 350 US\$ / Tonne C<sup>3</sup>. Unsicherheiten bezüglich vieler Inputparameter tragen zu dieser erheblichen Bandbreite bei. Neben den physischen Inputgrößen sind derartige Rechnungen vor allem sensibel gegenüber den normativen Annahmen zu Gerechtigkeit (wie ist eine Tonne Kohlenstoff und der verursachte Schaden in verschiedenen Weltregionen zu bewerten?), zur Diskontrate (vgl. die Diskussion zur Diskontrate im Nachgang zum Stern Report, vor allem Weitzmann 2007, Tol 2006, Nordhaus 2007, Mendelsohn 2007), der Bewertung von monetären und nicht-monetären Schäden, wie die gesellschaftlichen Auswirkungen von Hunger, Überflutung und Krankheiten, und der Bewertung von Risiken mit großen Auswirkungen und kleinen Wahrscheinlichkeiten.

Das IPCC geht in den Kosten-Nutzen-Analysen von unterschiedlichen Emissionspfaden aus und vergleicht die damit verbundenen negativen Auswirkungen. Das Ergebnis sind die Kosten des Klimawandels, ausgedrückt durch die obengenannten Kenngrößen. Es werden zwar Maßnahmen zur Vermeidung des Klimawandels im Band 3 des Assessment Reports untersucht, aber die Verknüpfung von bestimmten Maßnahmenbündeln und Kosten-Nutzen-Schätzungen steht, wohl auch wegen der globalen Dimension des Klimawandels und den lokalen Dimensionen von Maßnahmen, nicht im Mittelpunkt der Berichterstattung.

## 5.2 Internationale Energieszenarien

Energieszenarien werden ähnlich den Klimaszenarien entweder zielorientiert oder politikabgeleitet ausgestaltet. Die zielorientierten Szenarien orientieren sich beispielsweise an zu erreichenden Treibhausgasemissionsniveaus (450 ppm Szenario der IEA), oder an Anteilen der erneuerbaren Energien im Energiemix (Greenpeace Energy [r]evolution Szenario).

---

<sup>2</sup> Das IPCC definiert die verschiedenen Niveaus zur Bewertung seiner Aussagen in den Autoren Guidelines folgendermaßen (IPCC 2005):

*Very high confidence* At least 9 out of 10 chance of being correct

*High confidence* About 8 out of 10 chance

*Medium confidence* About 5 out of 10 chance

*Low confidence* About 2 out of 10 chance

*Very low confidence* Less than 1 out of 10 chance

<sup>3</sup> Diesen Werten stehen Kosten von Klimaschutz zur Erreichung des 2°C Ziels in gesamtwirtschaftlichen Modellanalysen im Rahmen des 4. Sachstandsberichts bis zum Jahr 2030 von unter 3% des BIP gegenüber (IPCC 2007).

Bezüglich der Kosten und vor allem aber der Nutzen des Klimaschutzes bleiben diese Szenarien oftmals unspezifisch. Die notwendigen Investitionen zur Erreichung der jeweiligen Ziele werden ausgewiesen und lassen sich als Klimaschutzkosten interpretieren. Unter diese (Brutto)Investitionen fallen Ausgaben für energieeffiziente Technologien, erneuerbare Energien und Bauinvestitionen zur Verbesserung der Effizienz in Gebäuden. Durch den Vergleich zweier Szenarien erhält man die Nettowirkungen. Die gesamtwirtschaftlichen Nettoeffekte erhält man, wenn man diese Szenarien in gesamtwirtschaftlichen Simulationen vergleicht (s.u.). Darüber hinaus sind die vermiedenen Emissionen ausgewiesen und lassen sich in Kombination mit den Schadenskosten aus anderen Quellen als vermiedenen Schäden interpretieren. Zur Greenpeace Studie Energy [r]evolution wurden darüber hinaus Beschäftigungseffekte (Bruttobeschäftigung nach dem Faktoransatz) der erneuerbaren Energien ausgewiesen (vgl. zum grundlegenden Vorgehen Rutovitz und Atherton 2009). Auch die neueste Ausgabe des Energy [r]evolution (2012) Berichts enthält Abschätzungen zur Beschäftigung durch den weltweiten Ausbau erneuerbarer Energien. Die Tabelle im Anhang 1(Kapitel 0) zeigt eine Übersicht über die quantifizierten Kosten und Nutzenkategorien der einzelnen Szenarien.

Die wohl bekannteste Energieprognose – World Energy Outlook (WEO) – wird jährlich von der International Energy Agency (IEA 2011, 2012) erstellt. Die Ausgabe 2011 berechnet drei Szenarien: New Policies Scenario, Current Policies Scenario (Reference Scenario in früheren Versionen des WEO) und 450 ppm Szenario. Das erste und zentrale New Policies Szenario geht von der Umsetzung aller angekündigten energie- und umweltpolitischen Maßnahmen aus. Da die meisten Politikmaßnahmen nur bis 2020 geplant sind, werden in diesem Szenario für den Zeitraum von 2020 bis 2035 nicht weiter bestimmte Maßnahmen eingeführt, die eine ähnliche Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Intensität erlauben.

Im WEO 2012 werden die drei Szenarien fortgeführt. Zusätzlich wird ein Efficient World-Szenario ermittelt, in dem sich die ergriffenen Maßnahmen über übliche Amortisationszeiträume rechnen. Hindernisse zur Umsetzung der Effizienzpotenziale werden durch zielgerichtete Politikmaßnahmen beseitigt. Entsprechend sind auch die gesamtwirtschaftlichen Effekte des Szenarios in den betrachteten Ländergruppen und global positiv.

Das Current Policies Szenario geht, wie der Name bereits sagt, von einer Zukunft ohne Änderungen jener Politikmaßnahmen aus, die bereits zur Mitte 2011 funktionierten oder beschlossen wurden. Das sehr ambitionierte 450-Szenario beschreibt einen Entwicklungspfad, der zur Stabilisierung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre bei 450 ppm und damit mit 50%-Wahrscheinlichkeit mit der Begrenzung des mittleren Temperaturanstiegs um 2 °C konsistent ist.

Für keines der Szenarien wird eine neue, heute noch unbekannt Technologie eingeführt. Es wird aber die ständige Steigerung der Energieeffizienz impliziert und außerdem davon ausgegangen, dass die meisten Autos, Heizungs- und Kühlungssysteme bis 2035 ausgetauscht werden. Die bestehenden Gebäude, Straßen, Eisenbahnlinien, Flughäfen sowie die meisten Kraftwerke und Raffinerien bleiben weiterhin in Betrieb. Einige neue Technologien – Carbon Capture and Storage (CCS), „advanced“ Biokraftstoffe, Wasserstoffbrennzellen – werden die Phase des kommerziellen Einsatzes erreichen. Insgesamt liegen dem 450-Szenario die schnellsten und dem Current Policy Szenario die langsamsten Technologieänderungen zugrunde. Das New Policies Szenario liegt dazwischen. Zentrale Basis sind die alle zwei Jahre

veröffentlichten „Energy Technology Perspectives“, die im folgenden Abschnitt kurz dargestellt werden.

Die Energy Technology Perspectives (ETP, IEA 2010) werden von der IEA alle zwei Jahre veröffentlicht. Die Berichte versuchen die Frage nach einer mit nachhaltiger Energieversorgung kompatiblen Technologieentwicklung zu beantworten. Dabei wird davon ausgegangen, dass nur der Einsatz aller Technologien wie Kernkraft, erneuerbare Energien und CCS die Dekarbonisierung möglich macht.

Als Referenz berechnet ETP ein Baseline Szenario, in dem keine neuen Maßnahmen der Energie- oder Klimapolitik innerhalb des Szenariozeitraums eingeführt werden. Für den Zeitraum 2007 bis 2030 entspricht das Szenario weitgehend dem Referenzszenario des WEO 2009 (Current Policy Scenario im WEO 2011). Alternativ wird eine Familie der BLUE Szenarien berechnet, welche die Halbierung des aktuellen weltweiten CO<sub>2</sub>-Niveaus bis 2050 und optimistische und mit kleinstmöglichen Kosten verbundene Technologieentwicklungen voraussetzen.

Das Baseline Szenario und eines der BLUE Szenarien – BLUE Map Szenario – beschreiben die Entwicklungen auf der Makroebene. Der Rest der BLUE Szenarien basiert auf dem BLUE Map Szenario, macht aber abweichende Annahmen in unterschiedlichen Sektoren wie Stromerzeugung, Gebäude, Industrie und Verkehr.

Die ETP-Aktualisierung (IEA 2012) legt ein 2°C Szenario vor und blickt erstmals über 2050 hinaus (bis 2075). An die Stelle des Base-Szenarios tritt das 6°C Szenario, bei dem die derzeitigen Entwicklungstrends bezüglich der Treibhausgas-Emissionen fortgeschrieben werden. Ein 4°C Szenario beschreibt, was die derzeit beschlossenen Politiken weltweit in Umsetzung erreichen werden.

Eine weitere Quelle sind die jährlichen Berichte der US-amerikanischen Energy Information Administration. Der International Energy Outlook (IEO 2011) stellt eine weltweite Erweiterung des Annual Energy Outlooks für den amerikanischen Energiemarkt dar. Die Prognose besteht aus einem Reference Case (vergleichbar mit dem WEO 2010 Current Policies Szenario). Alternative Szenarien (High Oil Price, Low Oil Price, Traditional High Oil Price, Traditional Low Oil Price) unterscheiden sich von dem Reference Case durch unterschiedlichen Annahmen bezüglich des BIP-Wachstums und der Entwicklung der Preise der fossilen Energieträger. Der Reference Case des IOE entspricht etwa dem Current Policies Szenario des WEO.

IEO analysiert Entwicklungen auf Märkten für flüssige Energieträger, Erdgas, Kohle und Stromerzeugung. Außerdem werden die Prognosen für den Energiekonsum des produzierenden Gewerbes und Verkehrs sowie energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen erstellt. Dabei werden die Trends für einzelne Regionen beschrieben. Erneuerbare Energien werden nicht einzeln betrachtet, sondern nur als Inputs für die Stromerzeugung. Monetäre Größen (Energiepreise ausgenommen) werden nicht ausgewiesen. Beschäftigungszahlen sind nicht verfügbar. Die zugrundeliegenden technologischen Annahmen werden im Text nicht beschrieben.

Insgesamt zeigt die Zusammenschau der Studien in der untenstehenden Tabelle eine beeindruckende Konvergenz von Investitionsschätzungen und erreichbaren CO<sub>2</sub>-Minderungen, auch wenn der Technologiepark, der dem jeweiligen Szenario zugrunde liegt, sich teilweise erheblich unterscheidet. Eine deutliche weltweite Minderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen in den

nächsten 20 Jahren scheint Investitionen in der Größenordnung von 4-5 Billionen Euro notwendig zu machen; die Ergebnisse für die notwendigen Investitionen ähneln sich stark (vgl. Tabelle in Anhang 1).

Die Nutzen liegen zum einen in der Primärenergieeinsparung, den positiven wirtschaftlichen Effekten und den vermiedenen Schäden durch die CO<sub>2</sub>-Minderung. Allerdings werden diese vermiedenen Schäden in den Szenarien selten ausgewiesen. Auch in den Szenarien für Deutschland (vgl. Kapitel 4) ist nur teilweise eine vollständige Quantifizierung der Nutzenseite vorgenommen worden.

### 5.3 Impact Assessments und Modellrechnungen der EU

Der vielschichtige Prozess innerhalb der EU zur Verabschiedung einer neuen Richtlinie wird von Politikfolgenabschätzungen (Impact Assessments) begleitet, die immer auch die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen im Blick haben. Dem Energie- und Klimapolitik-Paket, welches im Januar 2008 von der EU-Kommission vorgeschlagen wurde und welches im Dezember 2008 vom Parlament verabschiedet wurde und im Juni 2009 in Kraft trat, waren umfangreiche Berechnungen zu den Kosten und Nutzen einer solchen Maßnahme vorausgegangen (EU-Kommission 2008). Das Referenzszenario findet sich in den EU Energy Trends to 2030 (DG TREN 2008).

Aktuelle Berechnungen betrachten vor allem die EU Energy Roadmap 2050 (DG Energy 2011). Die zugrundeliegende Referenzprojektion setzt eine rapide Technologieentwicklung voraus, die mit der Steigerung der Energieeffizienz, stärkerer Nutzung der erneuerbaren Energien und der Änderung des Energiemixes verbunden ist. Alle Szenarien – Reference, Current Policy Initiatives sowie zahlreiche Dekarbonisierungsszenarien – gehen von den gleichen demografischen und makroökonomischen Annahmen aus. Die zahlreichen Dekarbonisierungsszenarien des EU Energy Roadmap basieren auf der Low Carbon Economy Roadmap 2050 und sind vergleichbar mit dem 450-Szenario der IEA. Für alle Szenarien werden die gleichen, bereits heute verfügbaren Technologien vorausgesetzt. Die Dekarbonisierungsszenarien werden aber zusätzlich durch Besonderheiten und Mechanismen charakterisiert, welche eine höhere CO<sub>2</sub>-Minderung und Technologieentwicklung erlauben.

Auch das Ende Januar 2012 veröffentlichte Arbeitspapier der EU-Kommission (DG Energy 2012), in dem die Folgen für die Verschärfung des Emissionsziels auf 30% bis 2020 für die einzelnen Mitgliedsstaaten dargelegt werden, steht in dieser Tradition. Es ergänzt ein Papier der Kommission (DG Climate 2011) an das Parlament (Communication of the Commission to the European Parliament) (COM 2011) um Berechnungen der Auswirkungen der dort vorgeschlagenen Verschärfung auf Ebene einzelner Mitgliedsstaaten.

Da diese Pakete den einzelnen Mitgliedsstaaten die Umsetzung der Ziele in nationales Recht und die genaue Ausgestaltung der Maßnahmen jeweils überlassen, sind die Kosten-Nutzen-Berechnungen in den begleitenden Impact Assessments gezwungenermaßen sehr allgemein. Die Verschärfung des Klimaziels wird durch einen Anstieg der CO<sub>2</sub>-Preise ausgedrückt, der sich als Resultat von Modellrechnungen ergibt. Aus diesem neuen CO<sub>2</sub>-Preis ergeben sich die gesamtwirtschaftlichen Be- und Entlastungen. In der Analyse der DG Energy wird der Emissionshandel nicht konkret abgebildet. Auf möglicherweise unterschiedliche Grenzvermeidungskosten im ETS und Nicht-ETS Bereich und sich daraus ergebende Implikationen für das burden sharing zwischen ETS und Nicht-ETS-Bereich wird ebenfalls nicht

detailliert eingegangen. Der Ausbau erneuerbarer Energien folgt ebenfalls dem CO<sub>2</sub>-Preis, andere Instrumente werden in der Analyse nicht abgebildet. Wenngleich betont wird, man müsse auch die einzelnen Maßnahmen zur Erreichung des verschärften Ziels für 2020 oder eines langfristigen Klimaziels für 2050 detailliert spezifizieren, gehen die Simulationsrechnungen zu den ökonomischen Effekten von einem in früheren Modellrechnungen ermittelten CO<sub>2</sub>-Preis aus, von dem sich die Effekte auf die Industrie und auf einzelne Nachfragesektoren sowie auf das BIP insgesamt ableiten. Eine Verschärfung des Klimaziels verringert die zur Verfügung stehenden Zertifikate bzw. verknappt den zur Verfügung stehenden Emissionsrahmen und verteuert somit über den Preis für Treibhausgase die entsprechenden fossilen Energieträger.

In dieser einfachen Modellierung der insgesamt eher komplexen Maßnahmenpakete zur Durchsetzung der 20-20-20-Ziele in den Mitgliedsstaaten und potenzieller zusätzlicher Maßnahmen zur Erreichung eines verschärften Ziels sind die Ergebnisse der Zielverschärfung durchweg positiv. Vielleicht zur Unterstützung der Akzeptanz dieses in manchen EU-Staaten unpopulären Verschärfungsvorschlags, wurden parallel zwei gesamtwirtschaftliche Modelle eingesetzt, denen unterschiedliche Anpassungsreaktionen und Philosophien zugrunde liegen (vgl. Auswertungstabelle im Anhang). Die Effekte auf das BIP und die Beschäftigung fallen im Vergleich mit dem Referenzfall (20% THG-Minderung) für das Jahr 2020 geringfügig negativ aus (0,5%; 0,3%). Führt man jedoch für den Nicht-ETS-Bereich eine Emissionssteuer ein, deren Aufkommen zur Senkung von Sozialbeiträgen verwendet wird, so sind die Beschäftigungseffekte leicht positiv. Dies ist die einzige zusätzliche Maßnahme, die im Impact Assessment abgebildet wird.

## 6 Einordnung von Ansätzen zur Abschätzung von Klimaschutzkosten- und -nutzen

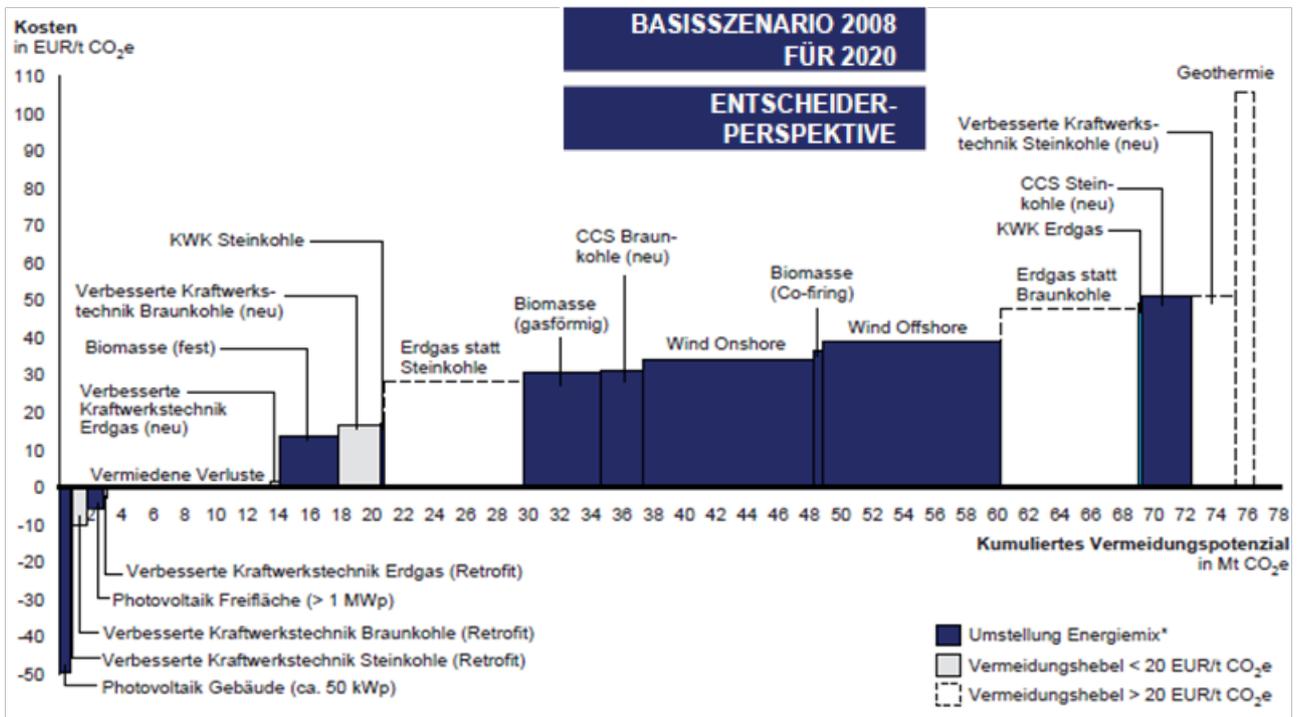
Die Schätzung von Klimaschutzkosten- und -nutzen kann – je nach Fragestellung der Untersuchung – verschiedene Sichtweisen einnehmen.

Unter einer volkswirtschaftlichen Bewertung wird die Schätzung der Auswirkungen von Investitionen in den Klimaschutz und den daraus resultierenden Einsparungen von fossilen Energieträgern und Treibhausgasemissionen auf volkswirtschaftliche Größen wie Wachstum, Beschäftigung und Wertschöpfung verstanden (top-down). Notwendig für eine solche Bewertung sind technologie- oder prozessorientierte Kostenschätzungen der einzelnen Klimaschutzmaßnahmen (bottom-up), die in ihrer Summe oftmals auch als Systemkosten bezeichnet werden. Synonym zum Begriff der volkswirtschaftlichen Bewertung wird auch von gesamtwirtschaftlicher oder makroökonomischer Bewertung gesprochen.

Eine andere Perspektive nehmen Kostenschätzungen ein, die aus der einzelwirtschaftlichen Entscheiderperspektive sowohl die notwendigen Investitionen als auch mögliche Pay-Backs in Form von Vergütungen für Strom aus erneuerbaren Energien oder eingesparten Energiekosten direkt berücksichtigen. Diese lassen sich als Nettokosten bezeichnen und helfen beim Verständnis des Entscheidungskalküls einzelner Investoren. Sie steuern eine wichtige Information bei, wenn es um die Ausgestaltung von Anreizsystemen für als wichtig erachtete Klimaschutzmaßnahmen geht. Das prominenteste Beispiel findet sich in der Untersuchung McKinsey (2007, 2009), in der Vermeidungskostenkurven einzelner Sektoren unter Berücksichtigung der jeweiligen staatlichen Förderung ausgewiesen werden (s. Abb. 2). Dadurch schneidet die Photovoltaik beispielsweise als günstigste Vermeidungstechnologie im Energiesektor aus Investorenperspektive ab. Diese Betrachtungsweise hängt jedoch kritisch eben von den Fördermaßnahmen für einzelne Technologien ab. Eine Änderung der Förderbedingungen verschiebt die ganze Kostenkurve.

## Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerien

Abb. 2: Energiesektor: Vermeidungskostenkurve - Deutschland 2020\*



Quelle: Studie "Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland" von McKinsey & Company, Inc., im Auftrag von "BDI initiativ - Wirtschaft für Klimaschutz" - AG Energie.

\* Bei Beibehaltung Kernkraftausstieg und unter Berücksichtigung der Förderung von erneuerbaren Energien (EEG), inkl. 6 Mt CO<sub>2</sub>e aus CCS-Pilotprojekten

Kostenbetrachtungen finden zunächst auf der einzelwirtschaftlichen Ebene statt, werden aber vielfach auch auf der Maßnahmenebene berechnet. Zentral für den Klimaschutz sind spezifische THG-Vermeidungskosten, die in EUR/t CO<sub>2</sub>eq angegeben werden. Sie beschreiben die Kosten, die zur Reduzierung einer fixen Menge CO<sub>2</sub> gegenüber einer Referenzsituation anfallen, vgl. z.B. FfE (2009).

FfE (2009, S.12) sieht darunter aber nur Investitionskosten, Betriebskosten und verbrauchsgebundene Kosten. In PS VI werden die verbrauchsgebundenen Kosten als Energiekosten bezeichnet. Darüber hinaus werden auch soziale Transferdifferenz und Programmkostendifferenz als Bestandteile der THG-Vermeidungskosten aufgeführt. Hier droht ein Konsistenzproblem, wenn die beiden letztgenannten Kostenkategorien als Input für gesamtwirtschaftliche Modellanalysen genutzt werden. Denn dort sind diese beiden Größen üblicherweise Teil der Szenarienbildung. Dann besteht die Gefahr einer doppelten Einbeziehung. Insgesamt sind die Kostenschätzungen nach einer bestimmten Vorgehensweise nur bei sorgfältiger Dokumentation in eine andere Berechnungsweise überführbar.

Im Folgenden werden zunächst die Methoden und Ansätze volkswirtschaftlicher Modellanalysen beschrieben und die wichtigsten Zukunftsszenarien kurz skizziert, die für Modellanalysen in Deutschland derzeit zum Einsatz kommen.

## **6.1 Methoden und Ansätze volkswirtschaftlicher Modellanalysen**

Ergebnisse von Studien zur volkswirtschaftlichen Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerien hängen entscheidend von der Methodik ab.

Die folgenden Kriterien helfen bei der Kategorisierung und dem Verständnis der Ergebnisse der volkswirtschaftlichen Analysen:

**Betrachtungszeitraum:** Denkbar sind ex post-Studien, mittelfristige ex ante-Betrachtungen bis 2030 (teils bis 2050) und Langfristbetrachtungen bis 2100 oder darüber hinaus. Der für Politikszenerien relevante Zeitraum ist die mittlere Frist. Für sehr langfristige Betrachtungen der Interaktion von Klima und Klimaschutzmaßnahmen werden sog. Impact Assessment-Modelle eingesetzt.

**Modelltyp:** Grundsätzlich sind Technologie basierte bottom-up-Modelle bzw. -Schätzungen von volkswirtschaftlich orientierten top-down-Ansätzen zu unterscheiden. Forum für Energiemodelle (1999) unterscheidet in Energiesystemmodelle (bottom-up) und Energiewirtschaftsmodelle (top-down). Nur Ansätze, die beide Kategorien abdecken (teils auch durch Rückgriff auf andere Studien), sind für die volkswirtschaftliche Bewertung geeignet. Von zentraler Bedeutung ist die angemessene Anbindung der bottom-up-Informationen an die top-down-Modelle.

**Volkswirtschaftlicher Modellansatz:** Bei den top-down-Ansätzen basiert eine Gruppe auf der neoklassischen Theorie und unterstellt ein langfristiges Gleichgewicht auf den dem Ökonomischen Lehrbuch folgenden Märkten (sog. Computable General Equilibrium (CGE) Modelle), das oftmals den Analysehorizont bis 2100 abdeckt. Allerdings werden CGEs auch in den Impact Assessments der EU für kürzere Zeithorizonte (2030 oder 2050) eingesetzt. Die zweite Gruppe bestreitet den Zusammenhang vollständiger Markträumung für die mittlere Frist, d.h. derzeit bis 2030, was z.B. dauerhafte Arbeitslosigkeit, langanhaltende Handelsbilanzungleichgewichte, Hemmnisse bei Energieeffizienzmaßnahmen oder Fehlfunktionen auf den Kapitalmärkten einschließt.<sup>4</sup> In dieser Gruppe finden sich makroökonomische Modelle ebenso wie Simulationsmodelle, die auf System Dynamics beruhen, und einfache statische Input-Output-Modelle. Koch et al (2003) trennen diese Modelltypen in „allgemeine Gleichgewichtsmodelle“ (CGE) und „Input-Output-Modelle“. Dieser Begriff ist etwas unglücklich, weil auch CGE-Modelle im Kern auf Input-Output-Daten basieren. Umgekehrt stellen sich in allen Modelltypen am Ende jedes Betrachtungszeitraums die Identitäten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) als Gleichgewichtszustand ein. Entscheidend für die Wirkungsrichtung von top-down-Modellen ist der Theoriehintergrund. In (konventionellen) CGE-Modellen führen (Beschränkungen durch) zusätzliche Politikmaßnahmen über steigende Preise zu

---

<sup>4</sup> Im Ansatz von Jäger et al. (2011) wird die Grundannahme des allgemeinen Gleichgewichts durch Annahmen über eine veränderte Erwartungsbildung außer Kraft gesetzt, d.h. die Bedingungen des neoklassischen Gleichgewichts wie vollständige Information und rationale Erwartungen werden nicht erfüllt. Als unkonventioneller CGE-Ansatz fällt das Modell in die 2. Gruppe.

negativen Effekten, weil das Referenzsystem definitionsgemäß Pareto-optimal ist. Externe Effekte lassen sich abbilden, aber die Lösungen für den Technologiemarkt sind beispielsweise immer kostenoptimal. Insgesamt sind die Effekte durch die Annahme vollkommener Märkte aber eher gering. In Modellen der 2. Gruppe können dauerhaft deutlichere Abweichungen von einer Referenz auftreten. Klimaschutzmaßnahmen, die einzelwirtschaftlich lohnend sind, aber wegen Informationsdefiziten, eigentumsrechtlicher Hemmnisse oder aufgrund von Vollzugsdefiziten nicht durchgeführt werden, und/oder zusätzlich erfolgen, führen kurz- und mittelfristig zu positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten.

Referenzentwicklung: Die Wahl der Referenzentwicklung ist entscheidend für die Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen. Je ambitionierter die technische Entwicklung in der Referenz verläuft, desto geringer fallen der mögliche Nutzen oder die auftretenden Kosten bei Umsetzung der Maßnahmen aus. Mit den Energiepreisen nimmt zugleich der Nutzen einer Energieeinsparung zu. Wichtig ist deshalb, dass die Annahmen des Referenzszenarios in sich konsistent sind, offengelegt werden und die untersuchten Klimaschutzmaßnahmen mit der Referenz abgestimmt sind. Einen Überblick über die wichtigsten Referenzentwicklungen für Deutschland in den letzten Jahren gibt der folgende Abschnitt. Grundsätzlich sind alle Wahlen für ein Referenzszenario möglich, aber die Höhe der beobachtbaren Effekte – teilweise sogar ihre Richtung – hängt kritisch von dieser Wahl ab.

Folgt man dieser ersten Kategorisierung, wird deutlich, dass in den deutschen Studien mit Ausnahme der Energieprognose 2009 keine CGE-Modelle eingesetzt wurden, was auch damit zu begründen ist, dass diese Modelle in der Regel auf globalen Datensätzen beruhen. Dies erklärt auch deren stärkeren Einsatz auf EU-Ebene.<sup>5</sup> Die Annahme vollkommener Konkurrenz in CGE-Modellen ist insbesondere mit Blick auf den deutschen Strommarkt nicht haltbar (mehr als 80% der großen Stromerzeugungskapazitäten sind im Besitz von vier Unternehmen). Vollständig modellgestützte volkswirtschaftliche Analysen nutzen beispielsweise das makroökonomische Modell PANTA RHEI, das auf System Dynamics basierende ASTRA-Modell oder das energiewirtschaftliche top-down Modell SEEEM. Die Referenzentwicklung folgt bzgl. der volkswirtschaftlichen Rahmendaten in der Regel dem aktuellen Langfristszenario im Auftrag des BMWi oder der aktuellen Energieprognose (2009). Letztere dient unter anderem der Entwicklung einer Referenzprognose, sie baut daher auf keinem anderen Szenario auf. Die Stromerzeugungskapazitäten werden nach Kostenoptimierungskriterien ausgebaut. Die Energieszenarien für das Energiekonzept folgen beim Ausbau erneuerbarer Energien bis 2020 den Langfristszenarien des BMU und stellen diese neben einen kostenoptimierten fossil-nuklear basierten Stromerzeugungsblock.

Die Berücksichtigung externer Kosten ist ein großes Problem der Studien, die im Kern auf den volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen beruhen. Über die Berücksichtigung von CO<sub>2</sub>-Preisen hinaus, die nach verschiedenen Studien aber auch den größten Teil der externen Kosten der

---

<sup>5</sup> Eine Übersicht und ein Vergleich zu globalen Modellanalysen der Kopenhagen-Angebote finden sich in UBA (2011b).

## Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerien

Energienutzung ausmachen, sind in keinem der Ansätze bisher externe Kosten und Nutzen des Klimaschutzes berücksichtigt worden. Die Annahmen über die zukünftigen CO<sub>2</sub>-Preise sind dabei natürlich deutlich höher als die derzeitigen Preise im EU-ETS.

Tabelle 2: Kategorisierung von Studien zur volkswirtschaftlichen Bewertung von Kosten und Nutzen des Klimaschutzes

	Betrachtungs- zeitraum	Modellty- p	Volksw. Modell	Referenz
<b>national</b>				
UBA (2008)	2030	B-u/t-d	ASTRA (System Dynamics)	PSz IV (EWI, Prognos 2006)
Jochem et al. (2008)	2020	B-u/t-d	ASTRA (SD)	PSz IV
UBA (2009)	2030	B-u/t-d	ASTRA (SD)	PSz IV
McKinsey (2009)	2030	B-u		Diverse (national und international)
Kuckshinrichs et al. (2009)	2005-2007	B-u/t-d	Statisches IO-Modell (STEIN) für Teilaspekte	Auf Basis BEI-Studie für die KfW
Energieprognose 2009 (IER et al. 2010)	2030	B-u/t-d	NEWAGE (CGE)	Selbst erstellt; z.B. Internationale Energiepreise in Marktmodellen selbst berechnet.
Energieszenarien (2010)	2050	B-u/t-d	PANTA RHEI (makroökonomisch)	Selbst erstellt
KNEE (ISI et al. 2011)	2030	B-u/t-d	PANTA RHEI	Auf Basis Lehr et al. (2011) erstellt
Ifeu et al. (2011)	2030	B-u/t-d	PANTA RHEI	Energieszenarien 2010
Ifo/FEE (2012)	2050			Energieszenarien 2010
<b>EU</b>				
EU-Kommission (2008)	2020	B-u/t-d	CGE (GEM-E3)	DG TREN 2007
Jäger et al. (2011)	2030	B-u/t-d	CGE (GEM-E3) erweitert	Selbst erstellt; 20-20-20-Ziele werden erreicht
ECF Roadmap (2010)	2050	B-u/t-d	CGE (Oxford Economics)	Angelehnt an WEO 2009
DG Energy (2012)	2050	B-u/t-d	CGE (GEM-E3)	Angelehnt an WEO 2010

Die Analyse von McKinsey kann zu den volkswirtschaftlichen Kosten des Klimaschutzes über die bottom-up-Analyse hinaus keinen Beitrag leisten. Die gewählte Entscheiderperspektive verschleierte teilweise die Bedeutung von Politikmaßnahmen, ist aber gerade auch für die Akzeptanz von Klimaschutz in der Wirtschaft von großer Bedeutung. Die ex post-Betrachtung von Kuckshinrichs et al. (2009) ist für die Analyse des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms sehr hilfreich.

Der methodische Ansatz der Wirkungsanalyse des „Statusbericht zur Umsetzung des Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramms (IEKP) der Bundesregierung“ (UBA 2011a) ist nicht detailliert beschrieben. Er dient dem Monitoring des IEKP und darin enthaltener Einzelmaßnahmen. „Wir haben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Daten für ein solches Monitoring zusammengetragen und ausgewertet. Dabei haben wir hauptsächlich auf Vorarbeiten zurückgegriffen, die entweder in unserem Auftrag oder des BMU und durch andere Institutionen erstellt wurden. In einigen Fällen wurden eigene Berechnungen durchgeführt, da keine aktuellen Bewertungen durch Externe vorlagen“ (UBA 2011a, S.5). Für die volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen liefert es keine wesentlichen Erkenntnisse, die über die Vorarbeiten hinausgehen. Neben den in Tabelle 2 aufgeführten Untersuchungen liegen insbesondere auf EU-Ebene zahlreiche weitere Studien vor, die nicht im Einzelnen betrachtet worden sind. Hierunter sind auch Studien mit makroökonomischen Modellen (Barker et al 2011) und System Dynamics Ansätzen (ISI et al. 2009). Sie fallen aber in die aufgeführten Kategorien. Gleiches gilt für verschiedene nationale Sektor-Studien (z.B. ISI et al. 2012a,b).

### 6.2 Energieszenarien für Deutschland als Basis für die Modellanalysen (top-down)

Die drei wichtigsten regelmäßigen Untersuchungen der Zukunft der Energiebereitstellung in Deutschland sowie der Entwicklung klima- und energiepolitischer Maßnahmen sind die vom BMWi beauftragten Energieprognosen (EWI, Prognos 2005, 2006; IER, RWI, ZEW 2010), die im Jahr 2010 von den Energieszenarien für das Energiekonzept und den Energieszenarien für die Energiewende (Prognos, EWI, GWS 2010, 2011) abgelöst wurden. Darüber hinaus die vom BMU herausgegebenen Langfristszenarien für den Ausbau erneuerbarer Energien (Leitstudien 2008, 2009, 2010, DLR, IWES, IfnE 2011) sowie die im Auftrag des UBA erstellten Politikszenerarien (Matthes et al. 2008, 2009).

In der Energieprognose 2009 wird ein Basisszenario für die zukünftige Entwicklung des Energiemix für Deutschland entworfen und die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen von verschiedenen Sensitivitäten entwickelt. In einem Strommarktmodell für Deutschland und einem EU-weiten Energiemodell wird der kostenminimierende Mix unter Berücksichtigung des Stromhandels innerhalb der EU ermittelt. Mit Hilfe eines allgemeinen Gleichgewichtsmodells wird im Anschluss die Vorteilhaftigkeit bestimmter Sensitivitäten untersucht. In der Energieprognose 2009 umfasst eine Sensitivität verstärkten Klimaschutz, der in höhere Energiepreise übersetzt ist und zu negativen gesamtwirtschaftlichen Wirkungen führt. Der Nutzen der CO<sub>2</sub>-Minderung ist nicht explizit berücksichtigt, ist jedoch auch nicht Gegenstand der Untersuchung. Es wird aber darauf hingewiesen, dass externe Effekte teilweise über den internationalen CO<sub>2</sub>-Preis berücksichtigt sind.

Der Nutzen zusätzlichen Klimaschutzes ist auch nicht Gegenstand der Energieszenarien für das Energiekonzept (Prognos, EWI, GWS 2010). In einer unveröffentlichten Ergänzung wird jedoch auf Kosten- und Nutzenaspekte eingegangen. Die wichtigsten Nutzenkategorien hier sind der Zugewinn an Energiesicherheit, der sich in verringerten Importen fossiler Energieträger ausdrückt, die zusätzliche Erschließung ökonomischer Potenziale, erhöhte Innovationen sowie die Minderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Letztere wurden mit einer Schadenshöhe von 75 €/t CO<sub>2</sub> bewertet und führen im Jahr 2020 zu Nutzen in Höhe von gut 7 Mrd. €. Auf der gesamtwirtschaftlichen Ebene werden für das Jahr 2050 BIP-Effekte von +0,4 bis +0,7 und bis zu 120.000 Arbeitsplätze beim Vergleich der Zielszenarien mit dem Referenzszenario ausgewiesen

(Prognos, EWI, GWS 2010). Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die THG-Verringerung in den Zielszenarien in den Zwischenjahren teilweise durch die Laufzeitverlängerung der Kernkraftwerke erreicht wird. Bezüglich des Ausbaus erneuerbarer Energien sind alle untersuchten Szenarien gleich.

Die Leitszenarien des BMU wiederum vergleichen verschiedene Ausbauvarianten der erneuerbaren Energien und lassen den Beitrag der Kernenergie zum Strommix immer unverändert. Insbesondere im Leitszenario 2008 werden die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten der erneuerbaren Energien explizit ausgewiesen. Die in der Untersuchung angesetzten aktuellen Kosten der EE-Anlagen übersteigen die heutigen Kosten bei Weitem. So ergeben sich beispielsweise für die Vermeidungskosten der Photovoltaik 740 €/t CO<sub>2</sub>, ein Wert der sich erheblich von den Ergebnissen bei McKinsey (2009) unterscheidet. Wie kann es zu so unterschiedlichen Kostenschätzungen kommen?

Hintergrund sind die unterschiedlichen Berechnungsmethoden. Während McKinsey (2009) ein Ranking der einzelwirtschaftlichen Kostenkalküle aus der Entscheiderperspektive aufstellt und alle staatlich oder umlagefinanzierten Einnahmemöglichkeiten berücksichtigt, stellt die Leitstudie Stromgestehungskosten gegenüber, bzw. legt Stromgestehungskosten auf CO<sub>2</sub>-Emissionen um, die mit der jeweiligen stromerzeugenden Technologie verbunden sind.

In allen Leitstudien werden die notwendigen Investitionen für den Ausbau der erneuerbaren Energien sowie die systemanalytischen Differenzkosten der Strom- und Wärmegestehung errechnet. Insbesondere die neue Untersuchung zu den Langfristszenarien (DLR, IWES, IfnE 2011) geht in einem eigenen Kapitel auf die gesamtwirtschaftlichen Nutzen des EE-Ausbaus ein und berücksichtigt neben den Differenzkosten die Infrastrukturinvestitionen in die Netze, die vermiedenen Schäden durch die Treibhausgasemissionen, Be- und Entlastungen der Haushalte (HH) durch Energiekosten sowie die verringerten Importe. Die systemanalytischen Differenzkosten setzen sich aus der Differenz der Strom- bzw. Wärmegestehungspreise erneuerbarer Energien und fossiler Energieträger multipliziert mit der Menge an Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien zusammen. Die so abgeleiteten Differenzkosten belaufen sich bis heute auf 44 Mrd. Euro, sie erreichen einen Peak bis 2020 mit insgesamt 111 Mrd. Euro. Danach wirken sich diejenigen Technologien, die deutlich niedrigere Gestehungskosten haben als auf fossilen Energieträgern basierende senkend auf die Differenzkosten aus. Bis 2030 sinken die Differenzkosten auf 26 Mrd. Euro und ab (spätestens) 2040 wirken sich die erneuerbaren Energien deutlich kostensenkend auf die Strom- und Wärmegestehung aus mit negativen Differenzkosten von -139 Mrd. Euro. Die Kosten des Netzausbaus durch erneuerbare Energien werden in einem stark vereinfachten Ansatz zugeschätzt, da keine Erfahrungsdaten zu dieser Fragestellung vorliegen. Daher wird aus dem Verhältnis von Netzausbau und Investitionen in EE der letzten Jahre der spezifische Bedarf an neuen Netzen für die Zukunft fortgeschrieben (2,3 Mrd. €/a). Die Energiekosten der Haushalte steigen entsprechend den Differenzkosten zunächst an. Für die Industriestrompreise ergibt sich je nach Beschaffung eine mögliche Absenkung durch den Merit-Order-Effekt. Importausgaben und verminderte Schäden werden in Anlehnung an die Untersuchungen zu den Kosten und Nutzen des Ausbaus erneuerbarer Energien geschätzt und weiter unten ausführlicher beschrieben.

### 6.3 Kosten- und Nutzenstudien für Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen

In den meisten Kosten- und Nutzenschätzungen zu Klimaschutzmaßnahmen werden nur die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen betrachtet. Diese sind zwar in Deutschland und auch global

die wichtigsten Treibhausgase, gerade für die übrigen THG werden aber oft niedrige Vermeidungskosten vermutet. Wie ihre (häufige) Nichtberücksichtigung die Kosten-Nutzenbetrachtungen von Klimaschutzmaßnahmen beeinflusst, ist wenig untersucht. Vor diesem Hintergrund könnte es im weiteren Verlauf der Untersuchung sinnvoll sein, diesen Bereich etwas näher zu beleuchten.

In einer Analyse der britischen Landwirtschaft (Radov et al. 2007) werden Abschätzungen für eine marginale Vermeidungskostenkurve in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten auf Basis früherer Studien genutzt. Andere Nutzenkategorien werden nicht einbezogen. Auf Basis eines angenommenen Wertes von 25 Pfund für die sozialen Kosten von einer Tonne CO<sub>2</sub> kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass nur ein kleiner Teil der Emissionen der Landwirtschaft zu einem entsprechenden CO<sub>2</sub>-Preis reduziert werden könnte. Die Autoren verweisen darauf, dass die Einbeziehung weiterer Nutzenkategorien in Zukunft wünschenswert wäre.

Weitere aktuelle Studien könnten in die Betrachtung mit einbezogen werden: Eine aktuelle Studie der US-Behörde EPA (2012) weist globale Vermeidungskostenkurven für Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen aus. Sie liegt allerdings erst als Draft-Version vor. Zwei aktuelle Studien für die EU-Kommission zu den Vermeidungskosten von F-Gasen ermitteln marginale Vermeidungskostenkurven (Schwarz et al. 2011, SKM Enviros 2012).

### 6.4 Fallstudien und Sektoruntersuchungen

Neben den gesamtwirtschaftlichen Analysen von Klimaschutzmaßnahmen liegt eine Fülle von Analysen einzelner Maßnahmen und/oder Instrumente, wie zum Beispiel zu den Kosten von Verschärfungen der Energieeinsparverordnung oder zu den Kosten der Ökodesignrichtlinie vor. Auch für einzelne Wirtschaftssektoren, wie die Industrie oder die Haushalte, werden Kostenschätzungen durchgeführt. Die Fülle der einzelnen Kostenschätzungen sprengt den Rahmen dieser Untersuchung. Daher werden im Folgenden Beispiele aufgeführt, die besonders methodisch interessant sind und einen großen Teil der verschiedenen Maßnahmen und Instrumente für den Klimaschutz abdecken.

Die wohl ausführlichsten Untersuchungen sind für den Ausbau erneuerbarer Energien vorgenommen worden. Für diesen Bereich lassen sich auch die verschiedenen Perspektiven der Kostenschätzungen definieren und eindeutig zuordnen. Vielschichtiger sind die Kosten- und Nutzenbetrachtungen im Bereich der Energieeffizienz.

#### 6.4.1 Beispiel 1: Kosten- und Nutzenberechnungen zum Ausbau erneuerbarer Energien

Der Ausbau erneuerbarer Energien wird von zahlreichen Forschungsvorhaben begleitet. Ein Schwerpunkt dieser Untersuchungen liegt auf Kostenschätzungen, da die Fördermaßnahmen der EE im Strom- und Wärmebereich versuchen, die Wirtschaftlichkeitslücke zwischen Systemen zur Strom- und Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien so zu schließen, dass Anreize gesetzt werden, aber eine Überförderung weitgehend vermieden wird. Wegen der teilweise rasanten Kostendegression einiger Technologien – allen voran ist hier die Photovoltaik (PV) zu nennen – sind regelmäßige Aktualisierungen dieser Untersuchungen notwendig.

Das Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung hat eine Metaanalyse zu den Kosten des Ausbaus erneuerbarer Energien vorgelegt (PIK 2012). Hierin wird zwischen systemanalytischen Kosten und gesamtwirtschaftlichen Kosten und Nutzen unterschieden. Die tieferegehende

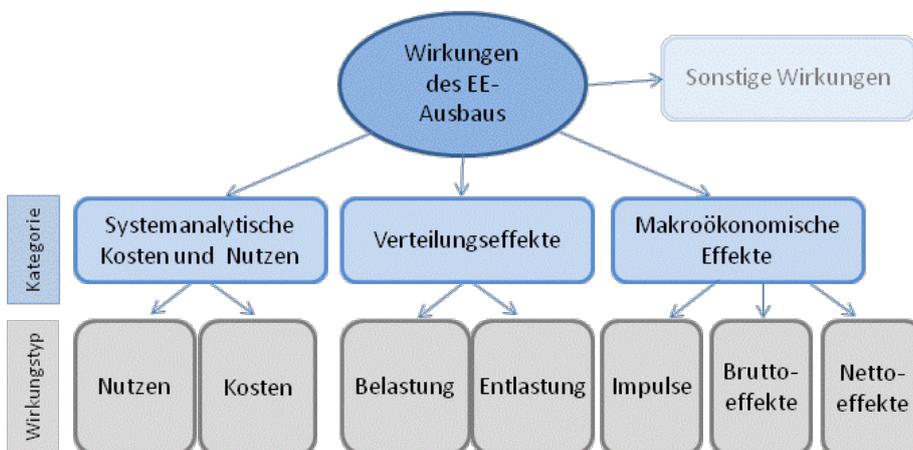
Analyse dort zeigt jedoch auch, dass nahezu jede Untersuchung eine eigene Definition der Kosten des Ausbaus erneuerbarer Energien verfolgt. In der Reihenfolge der Zunahme von Unsicherheit weist das PIK für die systemanalytische Betrachtung die folgenden Kostenmetriken, die für einzelne Technologien den weiter gefassten modellgestützten Analysen zugrunde liegen, aus:

- **Investitionskosten:** Hier werden vor allem für die zukünftige Entwicklung unterschiedliche Annahmen zu den Lernraten getroffen. Die Abschätzung zukünftiger Entwicklungen hängt darüber hinaus stark vom zugrunde gelegten Basisjahr ab: Schätzungen aus dem Jahr 2005 sind heute zum Beispiel für die Photovoltaik eigentlich wertlos.
- **Stromgestehungskosten:** Hier werden weitere Annahmen notwendig. Dies bedeutet eine Zunahme der Bandbreite der Ergebnisse von Kostenschätzungen. Die Annahmen beziehen sich auf die Diskontrate und den Abschreibungszeitraum. In manchen Studien wird auch die Verfügbarkeit zeitlich fluktuierender Energieerzeugung mit einbezogen.
- **Differenzkosten:** Die Abschätzung der Differenzkosten beinhaltet einen Systemvergleich, bei dem die Kosten eines Szenarios mit einem höheren Ausbau erneuerbarer Energien den Kosten eines Szenarios mit höheren Anteilen fossiler Energieträger gegenübergestellt werden. Folglich sind auch zum Vergleichsszenario Annahmen zu treffen bezüglich der Investitionen in fossil-basierte Kraftwerke, Brennstoffkosten sowie höherer CO<sub>2</sub>-Kosten, die bei stärker fossil-basierter Stromerzeugung anfallen können.

Will man die Kosten des Ausbaus erneuerbarer Energien umfassend abbilden, kommt noch die Frage der Systemgrenze hinzu. Das Energiesystem insgesamt umfasst auch Netzkosten sowie weitere Transaktionskosten.

Einen solch umfassenden Ansatz hat die Untersuchung von ISI et al. (2010), (Updates liegen für 2011 und 2012 vor) gewählt, wobei den Kostenkategorien zusätzlich Nutzenkategorien gegenübergestellt wurden. Die Untersuchung „Kosten und Nutzen des Ausbaus erneuerbarer Energien“ geht von der in Abb. 3 dargestellten Kategorienbildung aus:

**Abb. 3: Übersicht über das Einteilungsschema nach Wirkungskategorien, -typen, Analysebereichen und Gegenständen der Analyse**



Quelle: ISI et al. 2010

Es werden voneinander unterschieden (aus ISI et al. 2010):

### Systemanalytische Kosten und Nutzen

Systemanalytische Kosten umfassen alle direkten und indirekten Kosten des Ausbaus der EE, denen ein unmittelbarer oder mittelbarer Ressourcenverbrauch (Kapital, Arbeit, ...) gegenübersteht. Die direkten Kosten erfassen die zur Erstellung und zum Betrieb einer Anlage benötigten Ressourcen, während die indirekten Kosten Folgekosten der Anlagenerstellung oder des Anlagenbetriebs darstellen, insbesondere Infrastrukturkosten (Netze, Speicher) und Transaktionskosten. Systemanalytische Kosten werden unabhängig davon ermittelt, welche Akteure damit belastet werden. Sie lassen sich aggregiert in einer Größe erfassen und den Nutzen gegenüberstellen. Nutzenkomponenten ergeben sich aus der Ressourcenschonung und vermiedenen Umweltschäden. Die systemanalytischen Kosten und Nutzen von EE werden grundsätzlich im Vergleich zu einer Energieversorgung ohne forcierten Ausbau der EE bilanziert. Die Systemdifferenzkosten und -nutzen geben somit letztlich Hinweis auf die Effizienz der gesamtwirtschaftlichen Ressourcenallokation.

### Verteilungs- und Preiseffekte

Verteilungs- und Preiseffekte stellen für sich genommen keinen gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauch dar. Sie haben aber einen wesentlichen Einfluss auf die einzelwirtschaftlichen Kosten- und Nutzenwirkungen politischer Maßnahmen zur Förderung von EE. Die Verteilungswirkungen sind als Be- und Entlastungen einzelner Akteursgruppen bzw. des Staates zu verstehen, sie lassen sich aber nicht ohne weiteres zu einer Gesamtgröße zusammenfassen. Neben unmittelbaren Be- und Entlastungen durch Nutzungspflicht oder freiwilliger Nutzung der EE löst deren Einsatz in der Wärmeerzeugung – allerdings geringe – Preiseffekte aus, die verschiedene Akteure unterschiedlich stark betreffen können.

### Makroökonomische Effekte

Die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen des Ausbaus von EE lassen sich an den Veränderungen volkswirtschaftlicher Kenngrößen wie dem BIP und seinen Komponenten (Ausrüstungs- und Bauinvestitionen, Importe, Exporte, Konsum, Staatsverbrauch) oder an Veränderungen der gesamten wie der sektoralen Beschäftigung ablesen. Um die vielfältigen wirtschaftlichen Wechselwirkungen umfassend abzubilden, werden für diese Analysen gesamtwirtschaftliche Modelle eingesetzt, wobei z. B. Investitionen in EE als Impuls in das makroökonomische Modell eingehen und Brutto- und Nettoeffekte (Brutto/Nettobeschäftigung, BIP) als Outputgrößen die Wirkungen des EE-Ausbau auf gesamtwirtschaftlicher Ebene aufzeigen. Aufgrund der Komplexität muss dabei jedoch vereinfachend mehr oder weniger stark von der Realität abstrahiert werden, so dass nicht sämtliche Systemkostenänderungen bzw. Be- und Entlastungen einzelner Akteursgruppen vollständig erfasst werden können.

Jeder dieser Kategorien lassen sich Kosten- und Nutzeneffekte zuweisen. Nur die systemanalytischen Kosten- und Nutzeneffekte sind addierbar, was ein wichtiges Ergebnis dieser Untersuchung darstellt. Es werden die folgenden Einzelaspekte untersucht:

- Differenzkosten,
- Netzausbaukosten, Regel- und Ausgleichsenergiekosten, Transaktionskosten,
- Vermiedene Umweltschäden,
- Merit-Order Effekt,

- EEG-Differenzkosten,
- Besondere Ausgleichsregelung,
- Stromsteuer,
- Einzelwirtschaftliche Mehr- und Minderkosten,
- Finanzielle Förderung,
- Makroökonomische Effekte, verringerte Importe, Investitionen und Umsätze, Bruttobeschäftigung.

Für den größten Teil dieser Einzelaspekte liegen Methodenpapiere zu ihrer Abschätzung vor. Die Abschätzungen zur Berechnung vermiedener Umweltschäden stützen sich dabei besonders auf die UBA-Methodenkonvention zu diesem Thema.

ISI et al. (2010) weist die Verteilungseffekte einzeln aus. Eine Analyse der Kosten aus Entscheiderperspektive wird jedoch nicht technologiespezifisch abgeleitet. Hier hat McKinsey (2007, 2009) eine umfassende Untersuchung durchgeführt, in der die (Netto)Kosten einzelner Technologien unter Einbeziehung aller Vergütungen aufgeführt sind.

Gesamtwirtschaftliche Kosten- und Nutzenschätzungen zum Ausbau erneuerbarer Energien finden sich bei Lehr et al. (2011, 2008). Im Rahmen eines großen Verbundprojekts werden regelmäßig die Brutto- und Nettobeschäftigung des Ausbaus erneuerbarer Energien nach dem jeweils aktuellen Leitszenario (vgl. Kapitel 4) im Vergleich zu einem rein fossil-basierten Szenario untersucht. Darüber hinaus gibt die Untersuchung Auskunft über eine Reihe von gesamtwirtschaftlichen Größen (Wachstum, BIP, Exporte) sowie über gesamtwirtschaftliche Effekte nach Wirtschaftszweigen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Literatur zur Abschätzung von Kosten (und Nutzen) des Ausbaus erneuerbarer Energien wenngleich systematischer als die Literatur zu Klimaschutzkosten, doch auch noch heterogen in ihren Methoden, Systemgrenzen und Annahmen ist. Welche Abschätzungen sich zu welchen klima- und energiepolitischen Fragestellungen heranziehen lassen und welche Kriterien zu erfüllen sind, wird in Kapitel 5 aufgezeigt.

### 6.4.2 Beispiel 2 Kosten- und Nutzenberechnungen im Bereich Energieeffizienz

Die Betrachtung von Energieeffizienzmaßnahmen ist grundsätzlich mit dem Bereich der erneuerbaren Energien vergleichbar. Investitionskosten auf der einen Seite stehen den Energieeinsparungen und möglicherweise zusätzlichen Referenzkosten gegenüber. Im Gebäudebereich sind vor allem die Langfristigkeit von Energieeinsparinvestitionen und wohnungswirtschaftliche Besonderheiten in die Kosten- und Nutzenbetrachtung einzubeziehen. Prognos (2011) hat z.B. die Wirtschaftlichkeit der Verschärfung der Energieeinsparverordnung ENEV 2009 gegenüber der ENEV 2007 bei Neubauten für Beispielgebäude bei einer Amortisationszeit von 25 Jahren und einem unterstellten Zinssatz von 4% ermittelt. Investitionskosten und Energiekosteneinsparung werden dazu über den Betrachtungszeitraum abdiskontiert.

Die Studie beschränkt sich bei der Untersuchung von einzelwirtschaftlichen Effekten auf die Ebene der energetisch bedingten Zusatzinvestitionen beim Neubau. Daneben gibt es bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im immobilienwirtschaftlichen Kontext weitere Analyseebenen,

die weitere immobilienwirtschaftliche Einflussgrößen einbeziehen können. Dies sind neben den Gesamtinvestitionen einer Maßnahme Faktoren zur Wertentwicklung eines Gebäudes und weitere externe Faktoren wie die „Lage“ (Prognos 2011, S. 13). In besserer Lage und bei hoher Mietnachfrage lassen sich höhere Energieeinsparinvestitionen leichter weitergeben und fallen weniger ins Gewicht. Zusätzlich wird die Betrachtung dadurch erschwert, dass die energiebedingten Investitionen in der Regel nur einen Teil der Gesamtinvestitionen ausmachen. Je nachdem, wie die übrigen Investitionen in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einfließen, kann das Ergebnis sehr unterschiedlich ausfallen.

Für die gesamtwirtschaftlichen Effekte von Energieeinsparinvestitionen ist es wichtig, ob bzw. in welchem Umfang die Energieeinsparinvestitionen im Vergleich zu einer Referenz zusätzlich sind (vgl. Lutz et al. 2012). Dies gilt sowohl auf einzelwirtschaftlicher Ebene als auch für die Gesamtwirtschaft. Handelt es sich um zusätzliche Investitionen, steigt die gesamtwirtschaftliche Nachfrage. Davon gehen i.d.R. positive Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung aus. Wie groß die Wertschöpfungseffekte sind, hängt im Wesentlichen davon ab, welcher Teil der Investitionen – und der zu ihrer Herstellung benötigten Vorleistungen – heimischer Produktion entstammt und wie groß deren Importanteil ist. Für den Beschäftigungseffekt ist darüber hinaus wichtig, wie hoch die Arbeitsproduktivität in denjenigen Branchen ist, die die Investitionsgüter herstellen.

Verdrängen die Investitionen in Energieeffizienz dagegen andere Investitionen, bleibt der Umfang der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage zunächst unverändert. Doch dürfte sich ihre Struktur verändern: die entsprechenden Produkte werden zum Teil in anderen Branchen hergestellt als die verdrängten Investitionsgüter. Damit sind andere (Import-) Vorleistungsketten und Struktureffekte verbunden, die wiederum das gesamtwirtschaftliche Nachfragevolumen verändern können. Ob dies dann größer oder kleiner ausfällt ist a priori unklar. Unterscheidet sich die Arbeitsproduktivität der Branchen, die die neuen Produkte herstellen, von der Produktivität derjenigen Branchen, die die verdrängten Investitionen anbieten, kann es zusätzliche Beschäftigungseffekte geben. Auch hier lässt sich nur im konkreten Fall eine Aussage darüber treffen, in welche Richtung die Wirkung geht. Bei der Frage der Zusätzlichkeit der Investitionen spielt auch die allgemeine gesamtwirtschaftliche Lage eine Rolle. Bei Vollbeschäftigung kommt es nur noch zu Verdrängungseffekten.

Im Bereich der Energieeffizienz ist anzunehmen, dass die Investitionen weitgehend zusätzlich sind, wenn Investitionszyklen beachtet werden, d.h. wenn z.B. die energetische Sanierung eines Gebäudes zusammen mit ohnehin anstehenden Sanierungen getätigt wird, und die Maßnahmen einzelwirtschaftlich lohnend sind.

Generell ist davon auszugehen, dass die Steigerung der Energieeffizienz mit den genannten Einschränkungen mit positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten verbunden ist (Lutz et al. 2012, S.11):

- Der Primärimpuls, der in der Regel den Gesamteffekt dominiert, besteht in der Ausweitung der Investitionen. Davon gehen positive Effekte auf gesamtwirtschaftliche Nachfrage und Wertschöpfung aus.
- Die Einsparinvestitionen führen in den Folgejahren zu verringertem Energieverbrauch und damit zu niedrigeren Ausgaben für den Import von Energieträgern. Dadurch erhöhen sich Außenbeitrag und Wertschöpfung sowie BIP.

- Negative Konsequenzen können aus eingeschränkten Konsummöglichkeiten und verringerter Nachfrage nach inländischen Vorleistungen resultieren.

Letztlich werden bei einer durch Einsparinvestitionen ausgelösten Steigerung der Energieeffizienz Energieträgerimporte (zumindest teilweise) durch heimische Wertschöpfung ersetzt. Zusätzlich erschwert wird die Analyse der ENEV durch die vielfältigen Hemmnisse wie das Mieter-Vermieter-Dilemma, die mit der Schwerpunktsetzung im aktuellen IEA WEO (2012) auch international sichtbar dargestellt werden. Ohne Abbau der Hemmnisse werden sich auch einzelwirtschaftliche Effizienzpotenziale nicht realisieren lassen.

Auf EU-Ebene ist die Ökodesignrichtlinie ausführlich analysiert worden (CSES 2012). Allerdings ist der im EU Impact Assessment gewählte Analyserahmen so komplex, dass keine spezifischen Erkenntnisse für die Kostenbetrachtung gewonnen werden können. So nimmt die Untersuchung auch die Veränderung von Marktstrukturen durch Mindeststandards in den Blick.

Die Komplexität des Monitoring produktbezogener Maßnahmen zeigt auch die Untersuchung von ISI et al. (2012b). Die Mindeststandards im Rahmen der Ökodesignrichtlinie wirken zusammen mit Gerätekennzeichnung und Labelling sowie Bestgerätekennzeichnung, so dass eine eindeutige Zurechnung von Einspareffekten, die auf der Ebene einzelner Geräte erfolgen sollte, schwierig ist. Zusätzlich können Überlagerungseffekte mit der Wirkung anderer Instrumente wie Smart Metering oder dem Emissionshandel auftreten.

Insgesamt verdeutlichen die beiden Beispiele, dass Sektor- und Maßnahmenstudien im Bereich Energieeffizienz je nach Betrachtungsgegenstand sehr unterschiedliche Schwerpunkte setzen. Sie bieten zwar wichtige Anhaltspunkte für einzel- wie gesamtwirtschaftliche Betrachtungen und weisen teilweise auch Effekte aus, sind aber vielschichtig in Methoden und Ergebnissen.

## 7 Gute Praxis zur Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten

Wenngleich die Kostendiskussion zum Klimaschutz gewissermaßen ein Dauerbrenner der umweltpolitischen Diskussion ist, gibt sich aus der Zusammenschau der veröffentlichten Untersuchungen keine einheitliche Methodologie. So kommen verschiedene Autoren zu unterschiedlichen Resultaten, wie sich auch aus der Antwortvielfalt auf die Frage „Was kostet die Energiewende?“ abzeichnet (Pahle 2013). Während der Bundesumweltminister Altmaier die Kosten auf 1 Billion Euro beziffert, kommt McKinsey auf 175 Milliarden Euro zwischen 2011 und 2020 und die Leitstudie auf ca. 200 Milliarden Euro bis Ende 2030 (nach Pahle 2013). Letztlich stellt sich die Frage, wie die Kostenschätzung eine belastbare Informationsgrundlage für die Klimapolitik liefern kann. Darüber hinaus muss Klimapolitik auch immer aufs Neue der Öffentlichkeit vermittelt werden, sodass sich fragen lässt, welche Kosten (und Nutzen-) Größen für die Öffentlichkeit verständlich sind. Nachfolgend werden sowohl Mindestanforderungen an die gute Praxis für eine Kostenschätzungsstudie vorgestellt, als auch der Frage nachgegangen, welche Methode zur Kostenschätzung zu welcher politischen Fragestellung in welcher Phase der Entscheidungsfindung „passt“. Wichtige Inputs hierzu liefert, neben der Literatur, ein im April 2013 durchgeführter Workshop zur Wirtschaftlichen Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten (GWS/Öko-Institut 2013).

### 7.1 Anforderungen

Der Vergleich von Studienergebnissen ist wichtig für die politische Entscheidungsfindung. Zu einem derartigen Vergleich gehört ein Verständnis der kritischen Merkmale einer Untersuchung und die Möglichkeit der Einordnung, wie sich diese Merkmale auf das Ergebnis auswirken. Das Analyseraster der Literaturübersicht bildet den Ausgangspunkt für eine erste Einordnung (vgl. Anhang 2) Die allgemeinen Informationen geben einen ersten Überblick zum Hintergrund der Studie. Bei der Methodik kann in einem ersten Schritt geklärt werden, welcher Grundansatz verfolgt wird und in welchem Umfang dabei von bisherigem Vorgehen abgewichen wird. Die dargestellten Kategorien der Kosten und Nutzen bilden den Kern der Betrachtung. Die Analyse der Szenarien zeigt die zentralen Unterschiede, die die Einordnung der Ergebnisse erst ermöglicht. Auch ein Best Practice-Verfahren zur Bewertung von Klimaschutzkosten und -nutzen muss aber nicht auf alle aufgeführten Punkte eingehen, sondern kann sich auf den für die Fragestellung relevanten Teil beschränken.

Zu einer ähnlichen Liste zur Beurteilung von Energiemodellen kommen Koch et al. (2003, S.157). Die Modelle werden dort nach folgenden Kriterien analysiert:

- Modelltyp
- Grundannahmen, z.B. Wirtschaftswachstum, Energiepreise, Technologie- und Kostenentwicklung
- Struktur- und Verflechtungszusammenhänge
- Transparenz und Dokumentation des Modells und des Modelldurchlaufs
- Zeitliche und räumliche Kompatibilität
- Exogene Faktoren

## Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien

- Abbildung der Außenbeziehungen
- Detailgetreue Abbildung, z.B. wesentlicher Technologien
- Berücksichtigung der Rückkopplungseffekte
- Sensitivitätsanalysen
- Vergleich mit anderen Modellergebnissen
- Reviewprozesse durch Stakeholder und Fachkollegen

Werden beide Kriterienlisten auf allgemeine Anforderungen für eine gute Praxis hin ausgewertet, lassen sich folgende allgemeine Anforderungen herausfiltern:

**Aktualität:** Analysen sind wesentlich durch die genutzten Daten bestimmt. Dies gilt zum einen für die Rahmendaten. Wenn sich z.B. das internationale Energiepreisniveau wie zwischen 2005 und 2010 fundamental verändert, entwertet allein dieser Zusammenhang ältere Studien. Ähnliches gilt auch für technologische Entwicklungen wie die dramatischen Kostenreduktionen bei Erneuerbaren Energien und insbesondere bei der PV in den letzten drei Jahren. Auch der beschlossene Ausstieg aus der Kernenergie stellt einen vergleichbaren Einschnitt dar.

**Transparenz:** Transparenz bedeutet zunächst Nachvollziehbarkeit für Dritte. Experten sollten durch eine umfassende Dokumentation in der Lage sein, Unterschiede zu anderen Berechnungen und Modellen zu erkennen. Zentral ist die Dokumentation wichtiger Grundannahmen wie Energiepreise oder Technologieentwicklung. Es muss klar sein, welche Zusammenhänge in der Analyse als exogen betrachtet werden. Dazu gehören auch Sensitivitätsrechnungen, die die Bedeutung zentraler Annahmen oder Modellzusammenhänge für die Ergebnisse sichtbar machen. Wenn gegenüber früheren Untersuchungen die Modellierung stark verändert wird oder zentrale Annahmen verändert werden, sollten Modellrechnungen ohne diese Änderungen mit dokumentiert werden. Ergebnisse sind damit in den Kontext bisheriger Ergebnisse des genutzten Modells zu vergleichbaren Fragestellungen zu stellen. Zugleich sind vergleichbare Ergebnisse, die mit anderen Modellen ermittelt worden sind, zu bewerten. So bekommt auch der mit den Modelleigenschaften weniger vertraute Leser einerseits eine Einordnung der betrachteten Maßnahmen in den Kontext des eingesetzten Modells. Andererseits kann der Leser die Ergebnisse auch im größeren Rahmen der Modell-Community verorten.

**Modelltyp:** Der verwendete Modelltyp bzw. die Methodik allgemein sollte der Fragestellung angemessen sein. Bei gesamtwirtschaftlichen Betrachtungen mit komplexen Rückkopplungsprozessen ist die Verwendung von top-down-Ansätzen notwendig, weil bottom-up-Ansätze nur eine technisch orientierte Optimierung vornehmen und volkswirtschaftliche Rückkopplungen nicht betrachten. Zu ihrer technischen Fundierung sind Ergebnisse von bottom-up-Untersuchungen mit einzubeziehen. Die angemessene Verknüpfung beider Ansätze ist wichtig. Angemessen bedeutet, dass die Schätzung der Klimaschutzkosten für Maßnahmen und Instrumente sich auf einen detaillierten bottom-up-Ansatz stützen sollte, der die Kostenermittlung technologisch fundiert. Diese bottom-up-Informationen sind in angemessener Disaggregation (z.B. Veränderungen der Strompreise, des Stromaußenhandelsaldos oder der Erzeugungsstruktur in einem Strommarktmodell gehen in einen Sektor Stromerzeugung im gesamtwirtschaftlichen Modell ein) in ein volkswirtschaftliches Modell einzustellen. In jedem Fall ist detailliert auf die Systemgrenzen, d.h. die räumliche und zeitliche (s.u.) und systemische (Strommarkt, Energiemarkt, Volkswirtschaft) Begrenzung der Untersuchung einzugehen.

Referenz: Die Wahl der Referenzentwicklung ist entscheidend für die Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen. Je ambitionierter die technische Entwicklung in der Referenz verläuft, desto geringer fallen der mögliche Nutzen oder die auftretenden Kosten bei Umsetzung der Maßnahmen aus. Verstärkt wird dieser Effekt dadurch, dass die zuerst ergriffenen Maßnahmen in der Regel kostengünstiger sind, d.h. ceteris paribus zunächst ergriffene Klimaschutzmaßnahmen volkswirtschaftlich vorteilhafter sind. Mit höheren Energiepreisen nimmt zugleich der Nutzen einer Energieeinsparung zu. Wichtig ist deshalb, dass die Annahmen des Referenzszenarios in sich konsistent sind, offengelegt werden und die untersuchten Klimaschutzmaßnahmen mit der Referenz abgestimmt sind. Auch Hansen (2013) stellt fest, dass „die Wahl des Referenzszenarios entscheidenden Einfluss auf die gesamte Kostenbewertung“ hat. In Ergänzung zu den vorliegenden Vorschlägen zur Wahl der Referenzentwicklung betont Hansen (2013), dass „die Kosten-Nutzen-Analyse für zusätzliche klimapolitische Instrumente unter Berücksichtigung einer Referenzentwicklung gemäß dem Trend und den bereits realisierten Maßnahmen zu tendenziell höheren Kostenergebnissen (führt). Wird hingegen eine fiktive Referenzentwicklung ohne die Wirkung bisheriger klimapolitischer Maßnahmen unterstellt, so können große CO<sub>2</sub>-Minderungspotenziale bei tendenziell niedrigeren Kosten ermittelt werden. Zur Schaffung einer größtmöglichen Transparenz im Rahmen der Kosten-Nutzen-Analyse ist folglich eine begründete Offenlegung konsistenter Rahmenbedingungen für die gewählte Referenzentwicklung erforderlich.“

Hansen (2013) weist darüber hinaus darauf hin, dass die Kalibrierung für ein bestimmtes Startjahr bei verschiedenen Modellen erhebliche Auswirkungen hat. Er schlägt vor, Sensitivitätsanalysen bezüglich des Startjahres durchzuführen. Die Finanz- und Wirtschaftskrise, aber auch der Ausstieg aus der Kernenergie sind Beispiele für Ereignisse, die das zukünftige Wirtschaftswachstum oder den zukünftigen Energieträgermix erheblich beeinflussen.

Auch Pahle (2013) betont die Bedeutung des Referenzszenarios und geht der Frage nach, ob für die Erstellung von Referenzszenarien eine Methodologie vorliegt. Anhand zweier Beispiele wird der Unterschied zwischen der Fortschreibung eines „business-as-usual“-Szenarios, das auf möglichen Entwicklungen und Technikzukünften beruht und eines fiktiven Szenarios, das zur Verdeutlichung von Unterschieden bei fiktiven Zukünften herangezogen. Für Pahle (2013) ist der letztere Ansatz aufgrund mangelnder prognostischer Eigenschaften der schwierigere. Grunwald (2012) setzt sich umfangreich für verschiedene Bereiche mit der Szenariengestaltung auseinander und weist für Energiezukünfte insbesondere darauf hin, dass sie „notwendig (sind), um rationale Entscheidungen treffen zu können“. Diskussionsforen, wie der im April 2013 durchgeführte Methodenworkshop zur „Volkswirtschaftlichen Bewertung von Klimaschutzszenarien“ (UBA 2013) können zur Entwicklung einer Methodologie einen erheblichen Beitrag leisten.

Zeitliche und räumliche Abgrenzung: Beides muss der Fragestellung angemessen sein. Wenn z.B. Maßnahmen betrachtet werden, bei denen das einzelwirtschaftliche Entscheidungskalkül über Jahrzehnte läuft (bei Gebäuden, Infrastruktur oder Deichen), ist auch ein entsprechend langer Zeitraum zu betrachten. Die Analyse zukünftiger Klimaschutzmaßnahmen sollte deshalb wenigstens bis zum Jahr 2030 reichen, weil die Nutzungsdauer vieler Effizienzmaßnahmen so lange reicht. Da die Energiewende bis zum Jahr 2050 vollzogen sein soll, sollte bei umfassenderen Betrachtungen der gesamte Zeitraum der Energiewende, d.h. 2010 bis 2050, in die Analyse einbezogen werden. Das Abschneiden von Kosten und Nutzen, die nach Ende des Betrachtungszeitraums anfallen, muss einheitlich erfolgen. Die Auswirkungen des Vorgehens

auf die Ergebnisse sollten verdeutlicht werden. Allerdings erscheint auch eine Überbetonung des Problems nicht angemessen, weil die Unsicherheit über den Zeitpfad mit Blick auf den Aspekt Aktualität (s.o.) ständig zunimmt. Nationale Politikmaßnahmen sollten in erster Linie in einem nationalen Rahmen betrachtet werden, wenn nicht enge internationale Verknüpfungen wie auf dem Strommarkt oder die hohe Bedeutung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit für eine EU-weite oder globale Analyse sprechen. Dies bedeutet am Beispiel der PS VI, dass die weitgehend nationale Betrachtung, die im Strombereich auf die EU-Ebene ausgeweitet wird, der Fragestellung angemessen ist.

Hansen (2013) bestätigt die Bedeutung der Systemgrenzen. In Abhängigkeit von der jeweiligen Leitfrage der Analyse sind die Systemgrenzen festzulegen. Der Zusammenhang zwischen Leitfragen und zu wählender Kostenschätzungsmethodik wird weiter unten in Abschnitt 5.2.2 näher ausgeführt.

Externe Kosten und Nutzen: Sie sind bisher in keiner Studie umfassend in die Analyse einbezogen worden. Es gibt allerdings Abschätzungen über die sozialen Kosten der THG-Emissionen (UBA Methodenkonvention 2007), die in jedem Fall mit ausgewiesen und den Kosten des Klimaschutzes gegengerechnet werden sollten. Studien, die die Wirtschaftlichkeit von Vermeidungsmaßnahmen nicht an diesen sozialen Kosten sondern an der Nulllinie messen, unterschätzen systematisch die Wirtschaftlichkeit von Klimaschutzmaßnahmen. Da keine Einigkeit über die Höhe der sozialen THG-Kosten besteht, sollten Differenzen zu einem Durchschnittswert von z.B. 70 €/t CO<sub>2</sub> oder zu verschiedenen illustrativen CO<sub>2</sub>-Preisen mit den Emissionsmengen multipliziert ausgewiesen werden. Die Darstellung in Form jährlicher oder über Zeiträume kumulierte externe Werte sollte sich an der Darstellung der Kosten und Nutzen orientieren, um Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Für die direkte Einbeziehung von (externen) Nutzen des Klimaschutzes, die über die Kategorien der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung hinausgehen, sind aber noch verbesserte Verfahren zu entwickeln.

## 7.2 Vorschlag zur Nutzbarkeit verschiedener Ansätze für die Entscheidungsfindung

Der Vielfalt der Klimaschutzbewertungsansätze steht ein vielstufiger Entscheidungsprozess auf der nationalen und internationalen Ebene gegenüber. Dabei lässt sich für jede Stufe der Entscheidungsfindung gemäß den jeweils unterschiedlichen Fragestellungen das Spektrum der Literatur ein wenig eingrenzen. Im Folgenden soll eine Handreichung hierzu entwickelt werden, die versucht auf die Frage zu antworten: Welche Art Studien können auf welcher Ebene der Entscheidungsfindung diese sinnvoll unterstützen?

### 7.2.1 Klimaschutzpolitik - ein vielstufiger Prozess

Im Folgenden werden vier Phasen der Entscheidungsfindung voneinander unterschieden, beginnend mit der Festlegung von Zielen bis hin zur konkreten Umsetzung von Maßnahmen und Instrumenten zur Erreichung dieser Ziele.

Abb. 4: Phasen der Entscheidungsfindung



In der ersten Phase werden Klimaschutzziele auf nationaler bzw. internationaler Ebene festgelegt. Als oberste Zielvorgabe kann hier sicherlich Artikel 2 der Klimarahmenkonvention gelten. Diese sehr allgemeine Zielsetzung wurde von der internationalen Gemeinschaft in das 2°-Ziel übersetzt und teilweise regional oder national als konkrete Mengenziele für die Treibhausgasemission definiert. Auf der EU-Ebene wird eine Treibhausgasminderung gegenüber 1990 von 20%, bzw. 30% im Rahmen eines internationalen Abkommens, angestrebt (EU-Kommission 2008b).

Um dieses Ziel zu erreichen, wurden für Deutschland wiederum etliche Teilziele für einzelne Sektoren festgelegt. Deutschland selbst hat sich mit der Energiewende einen Katalog quantitativer Ziele und Zwischenziele gesetzt (BMWi/BMU 2012). Nach Ansicht der Expertenkommission zum Energiewendemonitoring (Löschel et al. 2012) sollten die Ziele zur THG-Minderung und zum Kernenergieausstieg als Oberziele prioritär verfolgt werden.

Derartige Ziele sind zunächst getrieben von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen zum Zusammenhang zwischen Treibhausgasemissionen und menschlichem Handeln auf der einen Seite und zwischen Emissionen und globalen Klimaveränderungen auf der anderen Seite. Wenn der anthropogene Ausstoß von Treibhausgasen zur globalen Erwärmung mit all ihren Konsequenzen beiträgt, gilt es diesen zu limitieren. Zunächst kann auf dieser Ebene der Zielformulierung etwas zu den Kosten des Nichthandelns berechnet werden. Diese Kosten des Nichthandelns sind die vermuteten Auswirkungen des Klimawandels und die damit einhergehenden Schäden an Mensch und Umwelt. Darüber hinaus kann man bei Vorliegen von Kenntnissen zu den Schäden und den Vermeidungskosten im Sinne der (neo)klassischen Ökonomie eine optimale Menge an Treibhausgasen festlegen. Die Literatur zur Festlegung von optimalen Emissionsniveaus ist umfassend und keineswegs einheitlich. Fest steht jedoch derzeit, dass das Niveau international als 2°-Ziel festgelegt ist und sich die nationalen Ziele diesem Ziel unterordnen.

## Klimarahmenkonvention UNFCCC (1992) Artikel 2

Das Endziel dieses Übereinkommens und aller damit zusammenhängenden Rechtsinstrumente, welche die Konferenz der Vertragsparteien beschließt, ist es, in Übereinstimmung mit den einschlägigen Bestimmungen des Übereinkommens die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. Ein solches Niveau sollte innerhalb eines Zeitraums erreicht werden, der ausreicht, damit sich die Ökosysteme auf natürliche Weise den Klimaänderungen anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und die wirtschaftliche Entwicklung auf nachhaltige Weise

In der zweiten Phase werden die Maßnahmen ausgewählt, mit deren Hilfe die gesetzten und beschlossenen Ziele erreicht werden können. Konkret heißt dies für den Klimaschutz, dass die Potenziale zur Treibhausgasreduktion in einer regionalen Abgrenzung ermittelt werden müssen. Für die Energieerzeugung kann dies beispielsweise bedeuten mehr Strom und Wärme aus erneuerbaren Quellen zu erzeugen, um den Treibhausgasausstoß dieses Sektors zu mindern. Eine nachsorgende Maßnahme wäre das Abscheiden und Lagern des bei der Strom- und Wärmeerzeugung anfallenden Kohlendioxids.

In der dritten Phase werden dann die politischen Instrumente festgelegt, mit deren Unterstützung die gewählten Maßnahmen umgesetzt werden können. Der Instrumentenkatalog besteht aus Auflagen (Gebote, Verbote), marktorientierten Instrumenten (Abgaben, Steuern, Zertifikaten, Subventionen, Kreditförderung und Haftungsregeln) sowie Informations- und Kennzeichnungsregeln. Diese Instrumente lassen sich nach verschiedenen Kriterien wie der Kosteneffizienz, der ökologischen Treffsicherheit, den dynamischen Anreizwirkungen und der politischen Durchsetzbarkeit vergleichen. Darüber hinaus sollte in dieser Phase der bereits bestehende Policy-Mix berücksichtigt werden und durch die Analyse von Wechselwirkungen mit bestehenden Instrumenten zur Ausgestaltung eines neuen Instruments beitragen.

Die vierte Phase ist schließlich der Umsetzung von Maßnahmen und Instrumenten gewidmet. Hier geht es vor allem um die Analyse von eventuellen Umsetzungsbarrieren und das Monitoring der Zielerreichung.

### 7.2.2 Leitfragen und Zielgrößen – Beispiele aus der deutschen Klimapolitik

Die Entscheidungsphasen der Klimaschutzpolitik lassen sich anhand zentraler Leitfragen verdeutlichen, die im nächsten Abschnitt dann als Aufhänger für die Auswahl von Untersuchungen dienen können, die eben diese Fragen beantworten (vgl. Abb. 5).

Phase 1 beginnt bei der Frage, die als Leitmotiv - multilateraler oder auch bilateraler - internationaler Klimaverhandlungen gelten kann: Bei welchem Temperaturanstieg lässt sich eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindern? Diese Frage kann als auf den internationalen Klimakonferenzen beantwortet gelten und wird seit der Konferenz in Kopenhagen (COP 15) im Jahr 2009 jährlich bekräftigt (zuletzt in Doha, UNFCCC 2012). Ein Temperaturanstieg um 2°C gegenüber der vorindustriellen Zeit stellt die derzeit anerkannte Obergrenze des erträglichen Temperaturanstiegs dar. Ausgehend von diesem Globalziel stellt sich für Regionen und Länder die Frage, wie dieses sektorspezifisch und regional differenziert werden kann. Die Umsetzung des Ziels erfolgt auf Länderebene oder sogar in kleineren regionalen Einheiten – in Deutschland etwa auf Bundeslandebene oder als kommunales Ziel.

Auf der europäischen Ebene wurde dieser Frage gefolgt und die Konkretisierung durch weitergehende Teilfragen vorangetrieben: Welches regionale Ziel kann Europa sich stecken? Welche Möglichkeiten gibt es für Europa, voranzugehen und andere Staaten zu überzeugen an der Erreichung des Klimaziels mitzuwirken? Europas Antwort besteht in der Zielformulierung eines 20%igen Rückgangs der Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 und die Aussicht auf eine höhere Verpflichtung (-30%) im Rahmen eines internationalen Abkommens.

Das führt für die Mitgliedsstaaten zu Teilreduktionszielen der Sektoren außerhalb des europäischen Emissionshandels (im Vergleich zu 2005). Darüber hinaus enthält die Umsetzungsstrategie der 2°-Grenze für die EU auch Ziele für Teilmärkte. Der Ausbau

## Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien

erneuerbarer Energien soll zu einem 20%igen Anteil der EE am Bruttoendenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 führen. Für die einzelnen Mitgliederstaaten wurden die Ziele verhandelt und festgelegt.

Deutschland unterstützt diese Ziele und setzt die entsprechenden Vorgaben in die Nationalen Allokations- und Handlungspläne um. Darüber hinaus sind jedoch nationale Fragen gestellt worden, die zur Formulierung eigener Zielsetzungen führten:

In welchem Umfang kann sich Deutschland zur Senkung der Treibhausgase verpflichten? Die Antwort ist im Zielkatalog der Energiewende zuletzt festgelegt worden: Die klimaschädlichen Treibhausgase sollen gegenüber dem Basisjahr 1990 bis 2020 um 40 Prozent, bis 2030 um 55 Prozent, bis 2040 um 70 Prozent und bis 2050 um 80 bis 95 Prozent sinken.

Neben die physischen Ziele treten bereits in der ersten Phase Kostenüberlegungen. In dieser Phase lautet eine Leitfrage: Was sind die Kosten des Nichthandelns?

Europa oder auch Deutschland tragen nicht so stark zum weltweiten Treibhausausstoß bei, dass eine Verschärfung der Ziele allein den Klimawandel aufhalten kann. Zur Einführung strengerer Ziele wird daher auf die zusätzlichen Nutzen einer Zielverschärfung hingewiesen, die allerdings nicht einfach analytisch abschätzbar sind und auch über die konkrete Erfassung in Euro/t CO<sub>2</sub> hinausgehen können. Ein solcher zusätzlicher Nutzen kann die durch erfolgreiche zusätzliche Emissionsminderungen eingenommene weltweite Vorreiterrolle sein, durch die weitere Länder zu solchen Anstrengungen animiert werden können. Konkret kann diese Vorreiterrolle in der Abschätzung zusätzlicher Chancen auf den Weltmärkten abgebildet werden und den möglichen Kosten von Klimaschutzmaßnahmen (vgl. Schritt 2) als gesellschaftlicher Nutzen gegenübergestellt werden (First Mover Advantage) (BMU 2012, EU-Kommission 2011).

In der zweiten Phase werden Klimaschutzmaßnahmen ausgewählt. Maßnahmen sind technische und / oder soziale Schritte, die zu einem verringerten Klimagasausstoß führen. Es kann sich hierbei um Verhaltensänderungen, strukturelle oder technische Veränderungen handeln. Die Abgrenzung gegenüber der Zielfindung in Phase 1 ist teilweise schwierig. Im Folgenden wird die zweite Phase folgendermaßen definiert:

- Auswahl der effektivsten Maßnahmen: Welche Maßnahmen führen zum Erfolg bei der Umsetzung der gesetzten Ziele?
- Festlegung der Ansatzpunkte einer Maßnahme: Sollen Emissionen vermieden oder entsorgt werden?
- Festlegung der räumlichen, zeitlichen und sektoralen Abgrenzungen einer Maßnahmen: Soll die Maßnahme auf Deutschland beschränkt sein? Oder ist das Ausland, zum Beispiel entlang von Vorketten bei Importen einbeziehen?

Die Beantwortung dieser Fragen hat zum derzeitigen Stand der Maßnahmenformulierung im Energiekonzeptkatalog geführt:

- Das Ziel des Rückgangs von Treibhausgasemissionen aus der Industrie soll durch Maßnahmen zur Steigerung der Energieproduktivität soll auf 2,1 Prozent pro Jahr bezogen auf den Endenergieverbrauch unterstützt werden.
- Das Ziel des Rückgangs von Emissionen aus der Stromerzeugung soll durch Maßnahmen zur Minderung des Stromverbrauchs gegenüber 2008 bis 2020 um 10 Prozent und bis

## Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien

2050 um 25 Prozent sowie durch den Ausbau erneuerbarer Energien auf Anteil von jeweils mindestens 35 Prozent bis 2020, 50 Prozent bis 2030, 65 Prozent bis 2040 und 80 Prozent bis 2050 unterstützt und begleitet werden.

- Der Treibhausgasausstoß von Gebäuden soll auch durch Maßnahmen zur Verminderung des Wärmebedarfs gegenüber 2008 bis 2020 um 20 Prozent gesenkt werden.

Diese Maßnahmen setzen in Deutschland an, berücksichtigen die Sektoren mit den größten Potenzialen und zielen auf Verbrauchminderung im Gegensatz zu „Entsorgung“ ab.

Phase 2 birgt eine Reihe von Möglichkeiten für Kostenschätzungen. Beispielsweise ist die Maßnahme „Ausbau erneuerbarer Energien“ – vor allem wenn sie mit technologiespezifischen Ausbauzielen versehen wird - mit bestimmten Investitionen und Kosten verbunden. Eine Maßnahme zur Verminderung des Wärmebedarfs im Gebäudebereich wird überwiegend als Gebäudesanierung gedacht und auch hier lassen sich die Kosten dieser Maßnahme ableiten. Hat man sich für den Stromverbrauch als Zielsektor für Maßnahmen entschieden, sind die Maßnahmen zur Verminderung des Stromverbrauchs sehr vielschichtig und die gesamten Kosten hängen von der jeweiligen Kombination der Einzelmaßnahmen ab. Für Einzelmaßnahmen lassen sich Kostenschätzungen abgeben, die sich zu Kostenschätzungen von Maßnahmenbündeln aggregieren lassen. Dabei ist darauf zu achten, dass sich die verschiedenen Maßnahmen eines Bündels auch gleichzeitig durchführen lassen und nicht etwa im Widerspruch zueinander stehen.

Abb. 5: Phasen und Leitfragen

Phase 1	→ Phase 2	→ Phase 3	→ Phase 4
Was sind die Kosten des Nichthandelns?	<p>Welche Maßnahmen führen zum Erfolg bei der Umsetzung der gesetzten Ziele?</p> <p>Soll die Maßnahme auf Deutschland beschränkt sein? Oder ist das Ausland, zum Beispiel entlang von Vorketten bei Importen einbeziehen?</p> <p>Sollen Emissionen vermieden oder entsorgt werden?</p>	<p>Welche Minderungspotentiale kann ein Instrument erschließen und welche Kosten sind damit verbunden?</p> <p>Welches Instrument ist aus gesellschaftlicher Sicht im Sinne der Effektivität und Effizienz besser? Welche Verteilungswirkung hat ein Instrument?</p> <p>Welche Wechselwirkung zwischen den verschiedenen / mit bereits bestehenden Instrumenten sind zu berücksichtigen?</p>	<p>Wirkt das Instrument wie erwartet?</p> <p>Falls nein, was sind Hemmnisse und wie können diese abgebaut werden?</p>

## Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien

Die dritte Phase fragt nach den Instrumenten zur Durchsetzung der Maßnahmen. Ist die Maßnahme beispielsweise die Minderung des Energieverbrauchs in einem energieintensiven Sektor, so fragt man in der dritten Phase, wie diese Maßnahme angereizt werden kann. Dabei beziehen sich Anreizwirkungen auf die Ebene der Entscheider (Haushalte, Unternehmen). Die Wirksamkeit von Instrumenten kann auf der Akteursebene und in einer gesamtwirtschaftlichen Perspektive beurteilt werden.

Auf der Akteursebene lauten mögliche Leitfragen:

- Welche Minderungspotentiale kann ein Instrument erschließen und welche einzelwirtschaftlichen Kosten sind damit verbunden?
- Welches Instrument übt eine größere Lenkungs- bzw. Anreizwirkung aus?

In gesamtwirtschaftlicher Perspektive hingegen lässt sich fragen:

- Welches Instrument ist aus gesamtwirtschaftlicher Sicht im Sinne der Effektivität und Effizienz besser? Welche Verteilungswirkung hat ein Instrument?
- Welche Wechselwirkung zwischen den verschiedenen / mit bereits bestehenden Instrumenten sind zu berücksichtigen?

Zur Durchsetzung von Klimaschutzmaßnahmen steht das gesamte Instrumentenspektrum der Umweltpolitik zur Verfügung. Angefangen von marktorientierten Instrumenten wie Steuern, Abgaben oder Zertifikaten über ordnungsrechtliche Maßnahmen wie Verbote oder Gebote bis zu den sogenannten weichen Informations- und Selbstverpflichtungsinstrumenten ist derzeit auch das ganze Spektrum im Einsatz. Gerade aus der Entscheiderperspektive hat die Wahl eines Instruments erheblichen Einfluss auf die Zielerreichung. Die Besteuerung bestimmter Energieträger wirkt beispielsweise nur dann, wenn der Energieträger eingesetzt wird, der Nutzer nicht durch Ausnahmeregeln befreit ist und sowohl die Höhe als auch die Art des Energieträgereinsatzes selbst bestimmen kann. Eine Steuer auf Heizöl zur Raumwärmeerzeugung wird im Mietwohnbereich zunächst allenfalls zur Absenkung der Raumtemperatur und somit zu einer Verhaltensänderung führen und nicht zur Investition in effiziente Heizanlagen oder in Wärmedämmung (vgl. InWis 2011).

Letztlich können Kostenschätzungen erst im Detail durchgeführt werden, wenn das Instrument in allen Ausgestaltungsaspekten vorliegt. Die Förderung von Gebäudemaßnahmen beispielsweise wirkt anders, wenn sie als steuerliche Absetzbarkeit formuliert ist als wenn es einen Zuschuss oder einen zinsgünstigen Kredit gibt. Das individuelle Kosten-Nutzen-Kalkül führt bei allen drei Ausgestaltungen zu unterschiedlichen Ergebnissen und zu einer anderen Handlung. Die steuerliche Absetzbarkeit spricht Gebäudeeigentümer an, die für die bauliche Maßnahme keine Kredite aufnehmen müssen oder wollen. Die Zinsvergünstigung richtet sich überwiegend an Eigentümer, die die Wärmedämmung oder die Heizungsmodernisierung kreditfinanziert durchführen möchten oder müssen.

Die Analyse von Verteilungswirkungen rückte spätestens seit der Diskussion über die EEG-Umlage im Sommer 2012 in die öffentliche Diskussion. Grundsätzlich haben monetäre Instrumente oftmals Verteilungswirkungen, u.a. weil die Ausgabenstruktur verschiedener Haushaltstypen und Einkommensklassen unterschiedlich ist. Steuerliche Entlastungen richten sich nur an diejenigen Haushalte, die Steuern bezahlen. Im Vorfeld der Ökosteuereform ist die Verteilungswirkung der Entlastung des Faktors Arbeit über die Absenkung der Rentenversicherung diskutiert worden, denn sie schloss Studenten, Arbeitslose und Rentner

aus. Die Förderung erneuerbarer Energien kann nur in Anspruch genommen werden, wenn man Zugang (und Eigentumsrechte) zu einer Fläche zum Aufstellen von PV- oder Windkraftanlagen hat. Die Beurteilung von Verteilungswirkungen verlangt einen normativen Maßstab, nach welchem eine „gute“ von einer „schädlichen“ Richtung unterschieden werden kann. Ökonomische Modelle können diese Beurteilung nicht vornehmen, sondern lediglich die Höhe der Umverteilung mess- und sichtbar machen.

Werden verschiedene Instrumente gleichzeitig eingesetzt, was in der Realität immer der Fall ist, so muss auf die Wechselwirkungen geachtet werden. Diekmann (2010) analysiert zum Beispiel die Wechselwirkungen zwischen der Förderung erneuerbarer Energien nach dem EEG und der Stromsteuer. Die grundsätzlichen Wechselwirkungsmechanismen lassen sich aus der Theorie ableiten, dies ist nicht der vorrangige Untersuchungsgegenstand von empirischen Modellen. Die Höhe eines Effekts kann ein Nebenergebnis einer modellgestützten Untersuchung sein.

Entscheidend für die Zielerreichung ist die Kontrolle der Wirksamkeit der eingesetzten Instrumente (Phase 4: Umsetzung). In dieser Phase wird der Frage nachgegangen, ob das Ziel erreicht wurde, die Maßnahme umgesetzt wurde und das Instrument gewirkt hat. Insofern werden in Phase 4 die Ergebnisse aller vorhergehenden Phasen getestet und die Ergebnisse dieser Tests werden bei einem erneuten Durchlauf in allen Phasen eingespeist.

Die Zielerreichung lässt sich mit geeigneten Indikatoren durchführen. Soll die Treibhausgasemission auf einen bestimmten Wert sinken, so kann ein (linearer) Pfad zu diesem Ziel definiert werden und die Treibhausgasemissionen können fortlaufend gemessen und an diesem Pfad gespiegelt werden. Die Nationalen Inventarberichte und die Treibhausgasemissionsprojektionen der Bundesregierung sind Beispiele für dieses Vorgehen. Ex post lassen sich Hemmnisse auffinden, die den ex-ante Schätzungen vorher entgangen sind oder in diesen in der Größenordnung unterschätzt wurden.

Untersuchungen zu den gesamt- und einzelwirtschaftlichen Kosten werden in allen skizzierten Phasen herangezogen. Nachfolgend wird ein kurzer Überblick darüber gegeben, wie ein adäquates Studiendesign zu jeder Fragestellung aussehen kann.

### 7.2.3 Untersuchungen zu gesamt- und einzelwirtschaftlichen Kosten – eine Entscheidungshilfe

Wenngleich die Frage nach den physischen Zusammenhängen zwischen den (anthropogenen) Treibhausgasemissionen, dem Klimawandel und der zukünftigen globalen Entwicklung für die Festlegung von Klimaschutzzielen unerlässlich ist, tritt bereits in der ersten Phase auch die Frage nach den Kosten auf, die im Schadensfall auf die Welt zukommen. Modellgestützte gesamtwirtschaftliche Schätzungen hierzu liegen auf breiter Ebene vor – und unterscheiden sich deutlich (vgl. u.a. Stern 2007, Tol 2006).

Die unterschiedliche Bewertung von in der Zukunft liegenden Schäden, eine unterschiedliche Auffassung von globaler „Gleichheit“ oder „Gerechtigkeit“ sowie eine große Bandbreite in den Klimaszenarien sind die wesentlichen Treiber der Differenzen in den Ergebnissen, die in AP 1 verglichen werden.

Geht man von den weiter oben skizzierten Verschärfungen bzw. Konkretisierungen des Klimaziels durch die EU oder die Bundesregierung aus, so sind zur Formulierung dieser Ziele weitreichende Impact Assessments herangezogen worden. Die EU hat Richtlinien veröffentlicht, nach denen das Impact Assessment durchgeführt wird: die Vorgehensweise ähnelt der hier

skizzierten Vorgehensweise bei der Entscheidungsfindung im Klimaschutz (EU 2009). Zur Analyse der ökonomischen Auswirkungen werden gesamtwirtschaftliche Modelle herangezogen, die einzelwirtschaftlichen Entscheidungskalküle werden seltener untersucht, denn die EU schreibt zwar verbindliche Ziele fest, überlässt die Festlegung von Maßnahmen, die Instrumentierung und die Definition von Teilzielen jedoch den Mitgliedsstaaten. Für den Einsatz von gesamtwirtschaftlichen Modellen in Impacts Assessments wird jedoch ein eindeutiger Maßnahmenkatalog benötigt, um die Ziele überhaupt im Impact Assessment abbilden zu können. Konkrete Instrumente werden jedoch typischerweise nicht angenommen, dies wird tatsächlich den Mitgliedstaaten überlassen. Daher gehen zwar die Investitionen in den Ausbau erneuerbarer Energien oder die Steigerung der Energieeffizienz in die Modelle ein, aber es werden keine Annahmen zur Refinanzierung getroffen (EU 2011).

Da Klimaschutz eng mit der Energiebereitstellung verbunden ist, sind Energieszenarien eine weitere wichtige Informationsquelle in Phase 1. Hierbei ist zu unterscheiden, ob das Energieszenario die gesamte Energiebereitstellung abbildet oder nur Teilbereiche und nach welchen Kriterien es erstellt wurde. Ist ein Energiemodell gewählt worden, das einen rein kostenminimalen Energiemix berechnet, so werden sich Technologiemix und Kostenstruktur erheblich von Szenarien unterscheiden, die zielorientierte oder technologydiversifizierte Ansätze verfolgen.

In Phase 2, der Maßnahmenauswahl, kommen Partialanalysen einzelner Sektoren besonders zum Tragen. Bottom-up Studien können Vermeidungspotenziale am besten identifizieren. Sektorspezifische Analysen können einzelne Maßnahmen bündeln und spezifische Reduktionspotenziale formulieren. Bei einer Aggregation der Potenziale ist auf Wechselwirkungen zu achten, die bei einer Aggregation der Kostenschätzungen ebenfalls zu berücksichtigen sind. Maßnahmen zur Reduktion des Stromverbrauchs beeinflussen Maßnahmen zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien, denn selbst bei gleichem EE-Ausbau erhöht sich der Anteil am sinkenden Stromverbrauch. Umgekehrt können Maßnahmen zur Unterstützung des Stromeinsatzes im Verkehr den EE-Anteil am Stromverbrauch bei gleichem Ausbau und gleichen Investitionen in die erneuerbaren Energien senken.

Die Ökonomie kann mit ihren Modellen auch die Frage nach einer optimalen Maßnahmenkombination oder anderen effizienten Lösungen beantworten, sofern die Größe festgelegt ist, die optimiert, d.h. minimiert oder maximiert werden soll. Oftmals werden Kostenminimierungsansätze vorgeschlagen, die jedoch aus ebenfalls ausführlich in der Literatur diskutierten Gründen zu kurz greifen. Kosteneffizienz im Sinne von Kostenminimierung vernachlässigt andere mögliche Vorteile einer nicht kostenoptimalen Maßnahmenkombination. Letztlich können Modelle die Politik aus ihrer Zielsetzungsverantwortung nicht entlassen. Der Instrumentenvergleich und die Ausgestaltung von Instrumenten sind der klassische Einsatzbereich ökonomischer Wirkungsanalyse und des Einsatzes von gesamtwirtschaftlichen Modellen. Hier geht es häufig um die Frage der Nettowirkungen eines Instruments. Was sind die volkswirtschaftlichen Kosten und Nutzen eines bestimmten Instruments im Vergleich zu einer alternativen Entwicklung? Diese Frage wird ex ante durch die Simulation verschiedener „Welten“, die durch Szenarien einer zukünftigen Entwicklung abgebildet werden, und den Vergleich dieser Szenarien beantwortet. Wichtige Kriterien sind hierbei, neben den im vorherigen Abschnitt beschriebenen generell anzulegenden Maßstäben an die eingesetzten Modelle, die Transparenz und sorgfältige Definition der Szenarien, die die Instrumente passend abbilden müssen. Um die auftretenden

Effekte tatsächlich den gewählten Instrumenten zuordnen zu können, müssen die Szenarien möglichst trennscharf definiert werden, d.h. Effekte der Modellierung eines Szenarios sollten dem Instrument eindeutig zuzuordnen sein.

Die Frage nach dem „besten Modell“ ist für viele Fragestellungen nicht eindeutig zu beantworten. Die verschiedenen Modellierungsansätze haben ihre in der Literatur inzwischen umfassend dokumentierten Stärken und Schwächen. Bei ausreichender Dokumentation der zugrundeliegenden Annahmen erlaubt jedes Modell die Einordnung der untersuchten Effekte. Der Einsatz von zwei Modellen zur Beantwortung derselben Fragestellung ist natürlich aufwändiger, sollte aber Teil einer guten Praxis sein, um mögliche Besonderheiten des einen oder anderen Modells besser in einer Gesamtschau bewerten zu können. Unterschiede in den Modellergebnissen und ihre Diskussion können helfen, kritische Punkte herauszuarbeiten und die Modellabhängigkeit der Ergebnisse nach außen zu dokumentieren.

In dieser Phase sind neben der gesamtwirtschaftlichen Sicht auch die Anreizwirkungen des vorgeschlagenen Instruments von Interesse. Diese lassen sich in einem ersten Schritt durch die Analyse des unternehmerischen Kalküls aus einzelwirtschaftlicher Perspektive abbilden. Beispiele hierzu finden sich bei McKinsey (2007, 2009). Allerdings kann diese Sichtweise nicht direkt in die gesamtwirtschaftliche Sicht übertragen werden, da die dort berechneten Vermeidungskostenkurven bereits die Förderung erneuerbarer Energien durch das EEG berücksichtigen. In einem gesamtwirtschaftlichen Modell stehen sich dagegen die Effekte der zusätzlichen Investitionen und der damit verbundenen Erhöhungen des Strompreises durch die EEG-Umlage gegenüber. Für die erneuerbaren Energien sind die Effekte folgendermaßen systematisiert worden (ISI et al. 2011):

Da die vielfältigen Kosten- und Nutzeneffekte des Ausbaus EE verschiedene Akteure betreffen, Wirkungen auf unterschiedlichen Ebenen hervorrufen und ungleiche volkswirtschaftliche Aufgabenbereiche/Zielsetzungen berühren, bedarf es einer differenzierten Betrachtung nach folgenden Wirkungskategorien bzw. Dimensionen:

- Systemanalytische Kosten- und Nutzenaspekte umfassen die direkten (Differenzkosten) und indirekten (Netzausbau, Regelenergie, weitere Transaktionskosten, etc.) Systemkosten des EE-Ausbaus im Vergleich zu konventionellen Systemen sowie die Nutzenseite.
- Verteilungsaspekte zeigen auf, welche Wirtschaftsakteure oder Gruppen durch die Förderung des EE-Ausbaus belastet oder entlastet werden bzw. welche Verteilungseffekte einzelner Maßnahmen bei den verschiedenen Wirtschaftsteilnehmern zu beobachten sind.
- Makroökonomische Aspekte legen die Wirkungen auf BIP und Beschäftigung dar. Hier werden zunächst auf makroökonomischer Ebene nur die durch den EE-Ausbau ausgelösten Umsätze und Beschäftigten berücksichtigt.

Auch zur Kontrolle der Umsetzung in Phase 4 lassen sich gesamtwirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analysen heranziehen. In diesem Falle handelt es sich um ex-post-Analysen, die den beobachteten Verlauf mit einem kontrafaktischen Szenario vergleichen. An die Definition der kontrafaktischen Entwicklung sind dieselben Kriterien anzulegen, wie sie weiter oben bezüglich des Referenzszenarios geschildert wurden. Ein aktuelles Beispiel einer derartigen Analyse ist das Energiewendemonitoring. Hierzu weisen aber sowohl BMWi/BMU (2012) als

auch die Expertenkommission zum Energiewende-Monitoring (Löschel et al. 2012) auf die besondere Schwierigkeit hin, ein solches Referenzszenario zu entwickeln und zu kommunizieren. Denn für die aus heutiger Sicht offene Zukunft verschiedene „mögliche“ Entwicklungen miteinander zu vergleichen, ist leichter verständlich als der Vergleich der tatsächlich eingetretenen mit einer hypothetischen Vergangenheit.

## 8 Fazit

Kosten und Nutzen des Klimaschutzes sind sowohl national als auch international ausführlich untersucht. Bottom-up Studien geben detaillierte Einblicke in die Potenziale in einzelnen Sektoren und die Kosten, die damit verbunden sind, dass diese Potenziale gehoben werden sollen. Gesamtwirtschaftliche Modellansätze führen die Erkenntnisse der einzelnen Sektoren zusammen und vermitteln eine gesamtwirtschaftliche Sicht, die oftmals hilft zu verstehen, dass Ausgaben in Klimaschutz als Kosten und als Investitionen zwei Seiten haben. Was in Partialanalysen als Kosten wahrgenommen wird, kann gesamtwirtschaftliche Impulse entfalten, die sich positiv auf Wachstum und Beschäftigung auswirken. Bei der Interpretation ist sehr darauf zu achten, dass die Perspektiven bzgl. privater und gesellschaftlicher Kosten und Nutzen nicht vermischt werden und daraus keine falschen Schlussfolgerungen gezogen werden. Wird auch der Nutzen des Klimaschutzes in die Analyse einbezogen, so muss noch sorgfältiger auf die Trennung der Effekte geachtet werden: Während die Abwägung eines Wirtschaftsakteurs zugunsten einer Klimaschutzinvestition getrieben wird von seinen Präferenzen und der Renditemöglichkeit, sei es durch Energieeinsparung, die Vergütung von grünem Strom oder die Vermeidung von Strafzahlungen, sind die gesamtwirtschaftlichen Nutzen eher in der langfristigen Vermeidung von Klimaschäden und den langfristigen Wachstumspfaden sowie in den kurz- und mittelfristigen wirtschaftlichen Aktivitäten zu sehen.

Die Wechselwirkungen von Instrumenten müssen bei der Ausgestaltung und Beurteilung berücksichtigt werden. Für die Ex-post Analyse kann dies durch eine sorgfältige Definition des kontrafaktischen Szenarios geschehen. Will man die Auswirkungen des Emissionshandels untersuchen, muss das kontrafaktische Szenario alle anderen bestehenden Instrumente enthalten. Dann kann der Einfluss von Effizienzgewinn, dem Ausbau der erneuerbaren Energien und steuerlichen Effekten auf den Emissionshandel abgebildet werden.

Die Kosten eines Wirtschaftsakteurs können den Nutzen eines anderen darstellen (Verteilungseffekte). Der verengte Blick auf Kostenmetriken verstellt die Wahrnehmung von Nutzen von Klimaschutzmaßnahmen. In der Literatur sind vielfältige Nutzen vorgeschlagen worden, die allerdings teilweise sich nicht in monetären Einheiten ausdrücken lassen, wie dezentrale Energieversorgung, Erhöhung der Energiesicherheit, Innovationsanreize, Chancen auf mehr Beschäftigung.

Klimaschutzmaßnahmen sind teilweise höchst dynamischen Entwicklungen unterworfen. Kostenschätzungen des Ausbaus der solaren Stromerzeugung können derzeit nach 2-3 Jahren als veraltet gelten. Die Preise fossiler Energieträger sind ebenfalls erheblichen Schwankungen unterworfen. Während die hohen Ölpreise noch vor fünf Jahren die Finanz- und Wirtschaftskrise verstärkten, haben technische Entwicklungen im Bereich der unkonventionellen Gasgewinnung in den USA zu erheblichen Umbrüchen auf den Gasmärkten und zur Anpassung der Vorausschätzung der Gaspreisentwicklung geführt. Derartige Effekte führen dazu, dass sowohl gesamtwirtschaftliche Kostenschätzungen als auch bottom-up Untersuchungen für einzelne Sektoren oder einzelwirtschaftliche Renditeschätzungen regelmäßig aktualisiert werden müssen und auch zu neuen Einschätzungen kommen können. Mittel- bis langfristig lassen sich Politikempfehlungen immer nur vor dem Hintergrund der ihnen zugrundeliegenden möglichen Zukunftsentwicklungen verstehen.

## Anhang 1: Übersicht über die wichtigsten internationalen Energieszenarien

Studie	Ausgewiesene Kostenkategorien		Ausgewiesene Nutzenkategorien		
	Investitionen ausgewiesen im jeweiligen Szenario	Netzausbau	Minderung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern durch Verbrauchsrückgang	CO <sub>2</sub> -Emissionen (in Mt CO <sub>2</sub> )	Arbeitsplätze in EE
New Energy Finance (2012): Global Trends In Renewable Energy Investment 2012	200 Mrd. € (257 \$ Mrd.)	nicht ausgewiesen	nicht ausgewiesen	nicht ausgewiesen	nicht ausgewiesen
WEO 2011, New Policy Scenario (IEA 2011)	Neue Anlagen Welt: 5879 Mrd \$ EU: 1409 Mrd \$ Infrastruktur Welt: 215 Mrd \$ EU: 48 Mrd \$ (kumuliert 2011-2035)	Netzausbaukosten 10% der Invest. in Infrastruktur weltweit und 25% in EU	ausgewiesen	Welt: 2020: 34.407 2035: 36.367 EU: 2020: 3.377 2035: 2.827	nicht ausgewiesen
WEO 2011, Current Policy Scenario (IEA 2011)				Welt: 2020: 36.067 2035: 43.320 EU: 2020: 3.533 2035: 3.434	
WEO 2011, 450 ppm Scenario (IEA 2011)				Welt: 2020: 31.885 2035: 21.574 EU: 2020: 3.107 2035: 1.796	
Energy Technology Perspectives 2010 (BLUE Map) (IEA 2010)	Investitionen sind nicht nach ET unterscheidbar. Investitionskosten für EE: 2010: 1450 - 7000 \$/kW 2050: 1000 - 3600	12,3 Bill. \$ Investitionen für Netzausbau	ausgewiesen	Welt: 2030: 22.000 2050: 14.000	nicht ausgewiesen
International Energy Outlook 2011 (EIA 2011)			ausgewiesen	Welt: 2020: 35.210 2035: 43.220	nicht ausgewiesen
Energy Trends to 2030, Reference case			ausgewiesen	EU: 2020: 3.692 2030: 3.151,8	nicht ausgewiesen

Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien

(DG TREN 2010)					
Energy Trends to 2030, Baseline 2009 (DG TREN 2010)			ausgewiesen	EU: 2020: 3.403,5 2030: 3.193,7	
Roadmap 2050, Baseline DG Energy (2011)			ausgewiesen	EU: 2030: 2.983 2050: 2.400	nicht ausgewiesen
Roadmap 2050, Current policies. DG Energy (2011)			ausgewiesen	EU: 2030: 2.904 2050: 2.367	
Exxonmobil (2012): The Outlook for Energy: A View to 2040	Welt: 2011-2020: 2218 Mrd. \$ 2021-2030: 1896 Mrd. \$ EU: 2011-2020: 379 Mrd. \$ 2021-2030: 271 Mrd. \$		ausgewiesen	Welt: 2025: 35.700 2040: 35.700	
Energy [R]Evolution 2010 Reference	Welt: 2011-2020: 4545 Mrd. \$ 2021-2030: 4835 Mrd. \$ EU: 2011-2020: 719 Mrd. \$ 2021-2030: 420 Mrd. \$		ausgewiesen	Welt: 2030: 38.528 2050: 44.259 EU: 2030: 3.511 2050: 3.393	Welt: 2020: 2,37 Mio. 2030: 2,44 Mio. EU: 2020: 0,53 Mio. 2030: 0,54 Mio.
Energy [R]Evolution 2010, Renewable Energy	Welt: 2011-2020: 5898 Mrd. \$ 2021-2030: 7182 Mrd. \$ EU: 2011-2020: 803 Mrd. \$ 2021-2030: 706 Mrd. \$		ausgewiesen	Welt: 2030: 21.962 2050: 10.202 EU: 2030: 2.163 2050: 972	Welt: 2020: 6,57 Mio. 2030: 6,48 Mio. EU: 2020: 0,82 Mio. 2030: 1,04 Mio.
Energy [R]Evolution 2010, Advanced RE			ausgewiesen	Welt: 2030: 18370 2050: 3267 EU: 2030: 1894 2050: 195	Welt: 2020: 8,01 Mio. 2030: 8,52 Mio. EU: 2020: 0,94 Mio. 2030: 1,22 Mio.

## Anhang 2: Volkswirtschaftliche Modellanalysen

### Wirtschaftlicher Nutzen des Klimaschutzes (UBA 2008)

Allgemeines	
Quelle	UBA (2008): Wirtschaftlicher Nutzen des Klimaschutzes, Climate Change 14/08. <a href="http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3517.pdf">http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3517.pdf</a>
Auftraggeber	UBA
Bearbeiter	Fraunhofer ISI, FZ Jülich, Ökoinstitut, CEPE ETH Zürich.
Zielsetzung	Ökologische und ökonomische Bewertung der Maßnahmen des integrierten Energie- und Klimapakets (IEKP, Meseberg) (UBA 2008, S. 2f.)
Zeithorizont	2008-2020
Räumliche Abgrenzung	Deutschland
Studie verbunden mit	Jochem et al. (2008), Politikszenerien IV
Methodik	
Analyseansatz, verwendete Methode	Bestimmung ökonomischer Nettokosten der Einzelmaßnahmen des IEKP (UBA 2008, S3ff.) als Minderungskosten pro eingesparter Tonne CO <sub>2</sub> .
Kritische Einordnung der verwendeten Methode	Es fehlt in der Studie selbst eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung, die später in Jochem et al. (2008) geleistet wird. Der Ausweis negativer Nettominderungskosten kann das Problem verschleiern, dass Hemmnisse anderer Art die Umsetzung der Maßnahmen verhindern (die Autoren weisen hierauf mit den „Programmkosten II“, die die Investitionsbarrieren für die Endnutzer senken, aber ausdrücklich hin). Die unterstellten Diskontraten, die auch entsprechende Hemmnisse beschreiben, sind mit Blick auf das IEKP eher niedrig gewählt worden.
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente	13 Einzelmaßnahmen des IEKP (S.2)
Ökonomische Perspektive(n) (einzelwirtschaftlich / gesamtwirtschaftlich, Entscheider, Nutzer)	Gesamtkostenperspektive
Rolle von Unsicherheit, Diskontierung und Erwartungsbildung	Diskontraten (orientiert am Ertrag alternativer Anlagemöglichkeiten)
Sensitivitätsanalysen	Nein
Berücksichtigte Verhaltensänderungen	Umsetzung zusätzlicher (einzelwirtschaftlich lohnender) Klimaschutzinvestitionen.

Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien

Kosten und Nutzen	
Erfassung von Kosten und Nutzen	(1) Zeitpunkt Betrachtung im Jahr 2020: Spezifische Nettominderungskosten = (Differenzinvestitionen und administrative Kosten für den Staatshaushalt minus eingesparte Energie)/eingesparte CO <sub>2</sub> -Emissionen. Werte jeweils in Preisen des Jahres 2000 und ggf. annuisiert, aber nicht abdiskontiert. (2) Zeitrumbetrachtung für 2008-2020: Verwendung mittlerer jährlicher Größen zur Bestimmung des Kapitalwertes der Maßnahmen. Werte nach 2020 werden nicht betrachtet („begrenzter Kapitalwert“): Der spezifische begrenzte Kapitalwert beschreibt den mittleren begrenzten Kapitalwert für jede Maßnahme auf die eingesparte Menge an CO <sub>2</sub> im Zeitraum 2008-2020.
Technikkosten: Investitions-, Innovations- und Diffusionszyklus von Klimaschutzmaßnahmen	Kostendegressionen bei jungen Technologien (EE und Energieeffizienz) sind berücksichtigt worden.
Lebenszyklusbetrachtung	Umlegung der Investitionen über die Lebenszeit der Maßnahme (Annuitäten) für die Zeitrumbetrachtung (2).
Abgrenzung der Kosten einzelner Instrumente und Berücksichtigung möglicher Doppelzählungen	Ja, für die einzelnen Meseberg-Komponenten. Im Gebäudebereich werden Überschneidungen ausgewiesen.
Berücksichtigte Kostenkategorien	Investitionskosten, Programmkosten, vermiedene Energie-Kosten
Berücksichtigung von externen Kosten und Nutzen des Klimaschutzes	Nein
Ergebnisse	
Gesamtwirtschaftliche Bewertung	Zeitpunkt Betrachtung 2020: Spezifische Nettominderungskosten (€/t) liegen bei -23 (-275 bis 180 €/t); nur energetische Modernisierung der soziale Infrastruktur, EE-Wärme und Biokraftstoffe weisen Werte > 100 €/t auf. Zeitrumbetrachtung 2008-2020: Spezifischer Kapitalwert der Maßnahmen liegen im Durchschnitt bei 19 €/t; hohe Kapitalwerte (hohe Minderungskosten) weisen energieeffiziente Produkte für HH und Industrie und CO <sub>2</sub> -Minderung bei Pkw auf.
Verteilungswirkungen	Moderate Kostenerhöhungen auf der Nutzerseite bei EE und Kraftwärmekopplung
Einordnung der Ergebnisse	Aus heutiger Sicht sehr niedrige Energiepreisannahmen: Vergleichbare Rechnungen mit heutigen Energiepreisen dürften zu einem noch günstigeren Ergebnis führen.
Zentrale Ergebnisse	Klimaschutz ist eine lohnende Investition: Durchschnittlich negative Nettominderungskosten.

Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland (Jochem et al. 2008)

<b>Allgemeines</b>	
Quelle	Jochem et al. (2008): Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland <a href="http://www.kliminvest.net/download/endbericht.pdf">http://www.kliminvest.net/download/endbericht.pdf</a>
Auftraggeber	BMU
Bearbeiter	BSR-Sustainability, European Climate Forum (ECF), Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Öko-Zentrum NRW, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)
Zielsetzung	Ausgehend vom IEKP der Bundesregierung setzte sich die vorliegende Studie zum Ziel, „die Investitionsbedarfe für eine plausible Strategie zur Reduktion der deutschen Treibhausgase abzuschätzen. „Plausibel“ heißt hier: im Rahmen der politischen Möglichkeiten technisch und wirtschaftlich optimiert. Ausgehend von den Beschlüssen des Meseberger Energie- und Klimaschutzprogrammes der Bundesregierung wird ein Maßnahmenpaket entwickelt, welches bis 2020 zu -40% CO <sub>2</sub> -Reduktionen in Deutschland führen wird gegenüber 1990. Die Maßnahmen werden auf der mikroökonomischen Ebene quantifiziert hinsichtlich ihres Investitionsbedarfes und ihrer Kostenwirkungen. Die mikroökonomischen Ergebnisse werden im integrierten ökonomischen Modell ASTRA des Fraunhofer ISI abgebildet und die gesamtwirtschaftlichen Wirkung hinsichtlich Wachstum und Beschäftigung in ASTRA abgeschätzt. (Jochem et al. 2008, S. 5f.)
Zeithorizont	Bis 2020, mit Ausblick auf 2050 (Minderungsmaßnahmen in den bottom-up-Modellen werden bis 2030 berücksichtigt)
Räumliche Abgrenzung	Deutschland (ASTRA bildet aber die EU-27 ab)
Studie verbunden mit	UBA (2008), Politikszenerarien IV
<b>Methodik</b>	
Analyseansatz, verwendete Methode	Hybridansatz mit einer losen Kopplung von prozessorientierten bottom-up-Modellen und dem gesamtwirtschaftlichen Modell ASTRA (vgl. Jochem et al. 2008, S. 8f.)
Kritische Einordnung der verwendeten Methode	ASTRA ist ein integriertes Verkehr- Umwelt-Ökonomie-Modell auf Basis von Systems Dynamics, das in der Studie mit bottom-up-Modellen, die im Wesentlichen in Politikszenerarien IV zum Einsatz gekommen sind, lose gekoppelt wird. Das Modell bildet die Länder der EU-27 ab, was einerseits Außenhandelseffekte mit erfasst, andererseits im Vergleich zu nationalen Modellen Details schwieriger abbildbar macht. Eine ausführliche Modelldarstellung findet sich auch in Lehr et al. (2011): Die Modelle ASTRA und PANTA RHEI zur Abschätzung gesamtwirtschaftlicher Wirkungen umweltpolitischer Instrumente - ein Vergleich. GWS Discussion Paper 11/4, Osnabrück, Karlsruhe.
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente	Referenz: Baseline in Politikszenerarien IV Meseberg-Plus-Szenario: Maßnahmen des Meseberg-Programms plus zusätzliche Maßnahmen zur Erreichung der THG-Ziele

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien**

Ökonomische Perspektive(n) (einzelwirtschaftlich / gesamtwirtschaftlich, Entscheider, Nutzer)	In den bottom-up-Modellen: Nutzersicht (Nachfrager) In ASTRA: Produzentensicht (Anbieter)
Rolle von Unsicherheit, Diskontierung und Erwartungsbildung	Erhebliche Unsicherheiten über verschiedene Annahmen werden an verschiedenen Stellen genannt. Im Rahmen der bottom-up-Modelle entsprechend Politikszenerarien IV. Spezifische CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten werden im Rahmen der Technologiebetrachtung (bottom-up-Modelle) auch abdiskontiert, wobei unterschiedliche Zinssätze für verschiedene Bereiche angenommen werden.
Sensitivitätsanalysen	Zusätzliche Effekte eines first-mover advantage (um 17 Mrd. Euro höhere Exporte deutscher Klimaschutzgüter)
Berücksichtigte Verhaltensänderungen	Umsetzung zusätzlicher (einzelwirtschaftlich lohnender) Klimaschutzinvestitionen.
<b>Kosten und Nutzen</b>	
Erfassung von Kosten und Nutzen	Makroökonomisches Modell ASTRA: In den Kategorien der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen; Kosten über das Jahr 2030 hinaus und weitergehende Nutzen nicht berücksichtigt.
Technikkosten: Investitions-, Innovations- und Diffusionszyklus von Klimaschutzmaßnahmen	Die mikroökonomische Bewertung der Einzelmaßnahmen des Meseberg-Programms und der zusätzlich identifizierten Maßnahmen erfolgte nach einem gemeinsamen Schema und Berechnungsmodell, das speziell für dieses Projekt entwickelt wurde. Dieses Berechnungstool ist als Kohorten-Modell auf jährlicher Basis ausgelegt und hatte als Daten-Input die durch die Maßnahme induzierten und vermiedenen Investitionen, den typischen Re-Investitionszyklus, und alle Betriebs- sowie Energiekosten auf jährlicher Basis; außerdem mussten der Zinssatz zur Ermittlung der Kapitalkosten der jeweils betrachteten Investitionsgüter und einmalige Kosten zum Investitionszeitpunkt angegeben werden.
Lebenszyklusbetrachtung	Nein
Abgrenzung der Kosten einzelner Instrumente und Berücksichtigung möglicher Doppelzählungen	Ja, für die einzelnen Meseberg-Komponenten.
Berücksichtigte Kostenkategorien	Investitionskosten, vermiedene Energie- und Betriebskosten: Ausweis spezifischer und auch abdiskontierter spezifischer CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten nach dem einheitlichen Berechnungstool.
Berücksichtigung von externen Kosten und Nutzen des Klimaschutzes	Nein
<b>Ergebnisse</b>	

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerien**

Gesamtwirtschaftliche Bewertung	Die gesamtwirtschaftlichen Effekte des Klimaschutzszenarios sind sehr positiv: Die höheren Investitionen treiben das Wachstum und reduzieren die Arbeitslosigkeit. Im weiteren Verlauf machen sich die Energiekosteneinsparungen zusätzlich positiv bemerkbar. Die Maßnahmen des Klimaschutzszenarios sind einzelwirtschaftlich lohnend: Im Durchschnitt des gesamten Maßnahmenpakets errechnen sich für die Investoren Erlöse von durchschnittlich 34 € je Tonne vermiedenes CO <sub>2</sub> eq in 2020, da der rentable Anteil der Maßnahmen leicht überwiegt.		
Verteilungswirkungen	Sektorale Effekte oder Ergebnisse für einzelne Haushaltstypen werden nicht ausgewiesen. Wirkungen auf den Staatshaushalt erfasst.		
Einordnung der Ergebnisse	Angesichts der im Durchschnitt negativen CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten der Maßnahmen im Klimaschutzszenario sind die positiven gesamtwirtschaftlichen Effekte nicht überraschend. Die Größenordnungen sind im Vergleich zu anderen Studien aber sehr hoch.		
Zentrale Ergebnisse	Bei geeigneter Umsetzung und mittels einiger ergänzender Maßnahmen kann das Meseberg-Programm einen vierfachen Erfolg erzielen (Jochem et al. 2008, S.1): Die Realisierung eines ambitionierten klimapolitischen Zieles bis 2020 und weiterer langfristiger Ziele im Sinne einer nachhaltigen klima- und energieeffizienten Wirtschaftsstruktur, eine über Jahrzehnte anhaltende Steigerung der Nettoinvestitionen um über 30 Mrd. € pro Jahr ab Mitte des kommenden Jahrzehnts, eine ebenfalls langfristige Steigerung des Bruttoinlandsprodukts um mindestens 70 Mrd. € jährlich und die Schaffung von mindestens 500 000 Arbeitsplätzen bis zum Jahre 2020.		
<b>Szenarien (bei vielen Szenarien sind hier zentrale Varianten ausgewählt)</b>	<b>Referenz</b>	<b>Klimaschutz (Meseberg-plus)</b>	<b>Klimaschutz und first-mover-advantage</b>
Beschreibung	Anpassung von ASTRA an Politikszenerien IV und Ergänzung um einige Modellelemente zur Ankopplung der bottom-up-Maßnahmen (S. 22)	THG-Minderung um 40% durch Umsetzung der Meseberg-Maßnahmen und zusätzlicher Maßnahmen (S.73-74)	Zusätzliche Berücksichtigung höherer Exporte der deutschen Industrie
Energiepreispfade (Preise real, d.h. in heutigen Preisen, sonst hervorgehoben)	In Anlehnung an das Hochpreisszenario von EWI/Prognos (2006); Ölpreise liegen bis 2030 weit unter dem heutigen Niveau. CO <sub>2</sub> -Zertifikatspreis von 15 EUR/t in 2008 auf 30 EUR/t in 2030 ansteigend.	Wie Referenz	Wie Referenz
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen	Entspricht etwa dem Ohne-Maßnahmen-Szenario von PSz IV	31 Maßnahmen des Meseberger Programms und weitergehender Maßnahmen	Wie Klimaschutz

## Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerien

Berücksichtigung Verhaltensänderungen		Höhere Klimaschutzinvestitionen	Höhere Klimaschutzinvestitionen
THG-Einsparungen (gegen 1990/Referenz)	-20% in 2020	-40% in 2020	-40% in 2020
<b>Zentrale ökonomische Ergebnisse<sup>6</sup></b>			
BIP	DE: 1,4% p.a. von 2000-2030	+70 Mrd. € geg. BaU in 2020 (110 Mrd. € in 2030)	
Beschäftigung	Leichter Rückgang bis 2020	+500.000 geg. BaU in 2020 (1 Mio. in 2030)	+200.000 geg. Klimaschutz in 2020
Investitionen		+39 Mrd. € geg. BaU in 2020 (38 Mrd. € in 2030)	

---

<sup>6</sup> Teils keine genauen Angaben im Dokument; dann aus Grafiken und Texthinweisen abgeschätzt bzw. übernommen.

Gesamtwirtschaftliche Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen (UBA 2009)

<b>Allgemeines</b>	
Quelle	UBA (2009) [Schade, W. et al.]: Gesamtwirtschaftliche Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen in den Bereichen Gebäude, Unternehmen und Verkehr <a href="http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3763.pdf">http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3763.pdf</a>
Auftraggeber	UBA
Bearbeiter	Fraunhofer ISI
Zielsetzung	Die Studie untersucht die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen des IEKP für Deutschland.
Zeithorizont	Bis 2030
Räumliche Abgrenzung	Deutschland
Studie verbunden mit	Jochem et al. (2008)
<b>Methodik</b>	
Analyseansatz, verwendete Methode	Hybridansatz mit einer losen Kopplung von prozessorientierten bottom-up-Modellen und dem gesamtwirtschaftlichen Modell ASTRA (vgl. Jochem et al. 2008, S. 8f.)
Kritische Einordnung der verwendeten Methode	ASTRA ist ein integriertes Verkehr- Umwelt-Ökonomie-Modell auf Basis von Systems Dynamics, das in der Studie mit bottom-up-Modellen, die im Wesentlichen in Politikszenerarien IV zum Einsatz gekommen sind, lose gekoppelt wird. Eine ausführliche Modelldarstellung findet sich auf S.17-37.
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente	Referenz in Anlehnung an Referenz der Politikszenerarien IV Meseberg und MesebergPlus Szenario: Maßnahmen des Meseberg-Programms plus zusätzliche Maßnahmen zur Erreichung der THG-Ziele.
Ökonomische Perspektive(n) (einzelwirtschaftlich / gesamtwirtschaftlich, Entscheider, Nutzer)	Gesamtwirtschaftlich
Rolle von Unsicherheit, Diskontierung und Erwartungsbildung	Vgl. Jochem et al. (2008).
Sensitivitätsanalysen	Maßnahmenpakete für Unternehmen, Gebäude und Straßenverkehr.
Berücksichtigte Verhaltensänderungen	
<b>Kosten und Nutzen</b>	

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politiksznarien**

Erfassung von Kosten und Nutzen	Makroökonomisches Modell ASTRA: In den Kategorien der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen; Kosten über das Jahr 2030 hinaus und weitergehende Nutzen nicht berücksichtigt.		
Technikkosten: Investitions-, Innovations- und Diffusionszyklus von Klimaschutzmaßnahmen	Vgl. Jochem et al. (2008)		
Lebenszyklusbetrachtung	Nein		
Abgrenzung der Kosten einzelner Instrumente und Berücksichtigung möglicher Doppelzählungen	Ja, für die 3 Maßnahmenpakete (Sensitivitäten).		
Berücksichtigte Kostenkategorien	Investitionskosten, vermiedene Energie- und Betriebskosten.		
Berücksichtigung von externen Kosten und Nutzen des Klimaschutzes	Nein		
<b>Ergebnisse</b>			
Gesamtwirtschaftliche Bewertung	Die gesamtwirtschaftlichen Effekte des Klimaschutzszenarios sind sehr positiv: Die höheren Investitionen treiben das Wachstum und reduzieren die Arbeitslosigkeit. Im weiteren Verlauf machen sich die Energiekosteneinsparungen zusätzlich positiv bemerkbar.		
Verteilungswirkungen	Sektorale Effekte werden für die Szenarien und Sensitivitäten ausgewiesen. Ergebnisse für einzelne Haushaltstypen werden nicht ausgewiesen. Wirkung auf den Staatshaushalt abgebildet.		
Einordnung der Ergebnisse	Vorgehen sehr ähnlich wie in Jochem et al. (2008). Ergebnisse sehr ähnlich.		
Zentrale Ergebnisse	S. 2: Die gesamtwirtschaftliche Analyse fällt für die beiden Meseberg-Szenarien deutlich positiv aus. Das Meseberg Szenario führt zu einem Wachstum der Beschäftigung von rund 380.000 Personen, das MesebergPlus Szenario sogar zu rund 630.000 zusätzlich beschäftigten Personen im Jahr 2020. Das Bruttoinlandsprodukt kann in 2020 um rund 70 bzw. 81 Mrd. Euro gesteigert werden. Diese Verbesserung der gesamtwirtschaftlichen Situation beruht vor allem auf zwei wesentlichen Impulsen: einer deutlich gesteigerten Investitionstätigkeit bei gleichzeitig sinkenden Energieausgaben. Hinzu kommt eine produktivitätssteigernde Wirkung der Investitionen und eine Verbesserung der Handelsbilanz durch eine Verringerung der Importe fossiler Energieträger.		
<b>Szenarien (bei vielen Szenarien sind hier zentrale Varianten ausgewählt)</b>	<b>Referenz</b>	<b>Meseberg</b>	<b>MesebergPlus</b>
Beschreibung	Anpassung von ASTRA an Politiksznarien IV; endogenes Gebäudemodul; bei einigen Annahmen (z.B. BIP-Wachstum) aber doch	Umsetzung von 29 Meseberg-Maßnahmen (S.44)	THG-Minderung um 40% durch Umsetzung von 29 Meseberg-Maßnahmen und zusätzlicher Maßnahmen (S.73-74)

## Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerien

	sehr deutliche Abweichungen.		
Energiepreispfade	Wie Jochem et al. (2008)	Wie Referenz	Wie Referenz
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen	Entspricht etwa dem Ohne-Maßnahmen-Szenario von PSz IV	29 Maßnahmen des Meseberger Programms	31 Maßnahmen des Meseberger Programms und weitergehende Maßnahmen
Berücksichtigung Verhaltensänderungen		Höhere Klimaschutzinvestitionen	Höhere Klimaschutzinvestitionen
THG-Einsparungen (gegen 1990/Referenz)	-20% in 2020	Von Jochem et al. (2008) übernommen: -34% in 2020	Von Jochem et al. (2008) übernommen: -40% in 2020
<b>Zentrale ökonomische Ergebnisse<sup>7</sup></b>			
BIP	DE: 1% p.a. von 2000-2030	+70 Mrd. € geg. Ref in 2020 (81 Mrd. € in 2030)	+95 Mrd. € geg. Ref in 2020 (105 Mrd. € in 2030)
Beschäftigung		+377.000 geg. Ref in 2020 (697.000 in 2030)	+630.000 geg. Ref in 2020 (1.055.000 in 2030)
Investitionen		+39 Mrd. € geg. Ref in 2020 (33 Mrd. € in 2030)	+52 Mrd. € geg. Ref in 2020 (40 Mrd. € in 2030)

<sup>7</sup> Teils keine genauen Angaben im Dokument; dann aus Grafiken und Texthinweisen abgeschätzt bzw. übernommen.

Kosten und Potenziale der Vermeidung von THG-Emissionen (McKinsey 2007, 2009)

Allgemeines	
Quelle	McKinsey & Company (2007): Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland, September 2007. → I McKinsey & Company (2009): Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland - Aktualisierte Energieszenarien und -sensitivitäten, März 2009. → II
Auftraggeber	BDI Initiative Wirtschaft für Klimaschutz
Bearbeiter	McKinsey&Company
Zielsetzung	Das Ziel der Studie ist die Bewertung aller wesentlichen technischen Hebel zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland für den Zeitraum bis 2020 bzw. bis 2030. Für jeden Hebel werden die Vermeidungspotenziale und die Vermeidungskosten quantifiziert und gesamtwirtschaftlich sowie für vier Sektoren analysiert.
Zeithorizont	Bis 2020/2030
Räumliche Abgrenzung	Deutschland (McKinsey veröffentlicht auch vergleichbare weltweite Studie)
Methodik	
Analyseansatz, verwendete Methode	Wesentliche Grundlage der Analysen ist die globale Kostenkurve zur Treibhausgasvermeidung, welche durch McKinsey und Vattenfall ermittelt wurde. Für die Bewertung der Vermeidungshebel wurde eine „Stand-der-Technik“-Projektion verwendet, auf die technologische Weiterentwicklungen aufgesetzt wurden. „Jede Maßnahme wurde hinsichtlich ihres Vermeidungspotenzials für Treibhausgasemissionen und ihrer Nettokosten im Vergleich zur Referenztechnologie [...] bewertet.“
Kritische Einordnung der verwendeten Methode	Technologische Weiterentwicklungen werden aus Entscheiderperspektive für den „Energiesektor“, den „Industriesektor“, das „Gewerbe“ und „Privatpersonen“ analysiert. Staatliche Förderung einzelner Technologien oder Einnahmen aus der Vergütung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien sind in diesen einzelwirtschaftlichen Nutzen einbezogen. Somit werden einzelwirtschaftliche Nettokosten einander gegenübergestellt.
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente	Technische Ansatzpunkte mit mittlerer bis hoher Umsetzungswahrscheinlichkeit. Politische Maßnahmen werden in Form einer Verteuerung von CO <sub>2</sub> -Emissionen um bis zu 20 €/t CO <sub>2</sub> e und der Umstellung der Energiemixes antizipiert.
Ökonomische Perspektive(n) (einzelwirtschaftlich / gesamtwirtschaftlich, Entscheider, Nutzer)	Entscheiderperspektive.
Rolle von Unsicherheit, Diskontierung und Erwartungsbildung	Die Rolle von Unsicherheit, Diskontierung und Erwartungsbildung werden nicht gesondert thematisiert.

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politiksznarien**

Sensitivitätsanalysen	2007: „Hochpreisszenario“ für Rohöl und Erdgas Update 2009: „Günstige Energie“, „Teure Energie“
Berücksichtigte Verhaltensänderungen	Verhaltensänderungen (etwa in Form von Veränderung der Kaufbereitschaft) werden nicht berücksichtigt. Sekundäreffekte (Einkommens- und Konsumeffekte, Kapitalbindung durch höhere Investitionen) werden nicht berücksichtigt.
<b>Kosten und Nutzen</b>	
Erfassung von Kosten und Nutzen	Es werden CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten als Differenz zwischen den Kosten des Vermeidungshebels und den Kosten der jeweiligen Referenztechnologie analysiert. Diese sind jedoch für einige technologische Weiterentwicklungen durch schnelle Amortisation auch negativ - können also bis 2020/2030 als Nutzen interpretiert werden.
Technikkosten: Investitions-, Innovations- und Diffusionszyklus von Klimaschutzmaßnahmen	„Der Bewertung des Vermeidungspotenzials liegen ambitionierte, aber in der Praxis realisierbare Durchdringungsraten für die jeweilige technische Lösung zu Grunde. Dabei wurde der reguläre Investitionszyklus berücksichtigt.“
Lebenszyklusbetrachtung	Der Lebenszyklus der Investitionen in technische Weiterentwicklungen wird nicht komplett abgebildet. Die Betrachtung endet 2020 bzw. 2030.
Abgrenzung der Kosten einzelner Instrumente und Berücksichtigung möglicher Doppelzählungen	Kosten der technischen Weiterentwicklungen (Vermeidungshebel) werden sektoral und technisch abgegrenzt. Die Aufsummierung der Kosten in unterschiedlichen Verbrauchssektoren ist aufgrund von möglichen Doppelzählungen nicht möglich. Unterschiedliche Kostenkomponenten werden nicht unterschieden.
Berücksichtigte Kostenkategorien	Vollkostenrechnung (inkl. Betriebskosten und Investitionen)
Berücksichtigung von externen Kosten und Nutzen des Klimaschutzes	Nein
<b>Ergebnisse</b>	
Gesamtwirtschaftliche Bewertung	Nicht gesondert behandelt.
Verteilungswirkungen	Nicht gesondert behandelt.
Einordnung / Ergebnisse	Es wird keine gesamtwirtschaftliche Bewertung vorgenommen. Für die Szenarien werden ausschließlich die Reduktionen der THG-Emissionen ausgewiesen. Entsprechend ergibt sich das Vermeidungspotenzial gegenüber dem „Stand der Technik“ bis 2020. Die Sensitivität dieser Vermeidungspotenziale gegenüber unterschiedlichen Energiepreispfaden wird gesondert dargestellt. Die Einbindung in politische Maßnahmen und energie- und klimapolitische Trends erfolgt nicht explizit. Die technischen Perspektiven von Emissionsreduktionspotenzialen in den vier Sektoren werden anschaulich und detailliert dargestellt.

Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien

Zentrale Ergebnisse	„Die Treibhausgasemissionen in Deutschland können bis 2020 gegenüber dem Niveau von 1990 um 26% gesenkt werden, wenn alle bekannten Vermeidungshebel mit Vermeidungskosten von bis zu 20 EUR/t CO <sub>2</sub> e umgesetzt werden. Eine Senkung um 31% [...] ist möglich, wenn - bei Beibehaltung des Kernkraftausstiegs - zusätzlich die Umstellung des Energiemix auf einen höheren Anteil erneuerbarer Energien erfolgt; dabei entstehen deutlich höhere durchschnittliche Vermeidungskosten von 32 EUR/t CO <sub>2</sub> e (Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien) bzw. 175 EUR/t CO <sub>2</sub> e (Biokraftstoffe).“ (McKinsey 2007, S. 14)		
Szenarien (bei vielen Szenarien sind hier zentrale Varianten ausgewählt)	„Stand-der-Technik“-Projektion	Basisszenario	Energie extrem teuer
Beschreibung			
Energiepreispfade (Preise real, d.h. in heutigen Preisen, sonst hervorgehoben)	Rohölpreis: in Anlehnung an EIA AEO 2007 (I) / an EIA AEO 2008 Reference (II)	Rohölpreis: in Anlehnung an EIA AEO 2007 (I) / an EIA AEO 2008 Reference (II)	Rohölpreis: Allzeit-Maximum Juli 2008
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen	Investitionen in Technologien des aktuellen Standes der Technik	Alle bekannten Vermeidungshebel (stufenweise), die wirtschaftlich sind, mit Vermeidungskosten von bis zu 20 EUR/t CO <sub>2</sub> e, mit Umstellung Energiemix alle übrigen	Wie Basisszenario
Berücksichtigung Verhaltensänderungen	Keine	Keine	Keine
THG-Einsparungen (gegen 1990/Referenz)	-15% in 2020	In Studie II: -25% (1) -26% (2) -30% (3) -35% (4)	In Studie II: -26% (1) -27% (2) -31% (3) -35% (4)
<b>Zentrale ökonomische Ergebnisse</b>			
BIP (Grundannahme, Global Insight)	1,6% p.a. (I)	k.A.	k.A.
Beschäftigung	k.A.	k.A.	k.A.
Strompreise	k.A.	k.A.	k.A.

**Gesamtwirtschaftliche CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten der energetischen Gebäudesanierung  
(Kuckshinrichs et al. 2009)**

Allgemeines	
Quelle	Kuckshinrichs et al. (2009): Gesamtwirtschaftliche CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten der energetischen Gebäudesanierung und Kosten der Förderung für den Bundeshaushalt im Rahmen des CO <sub>2</sub> -Gebäudesanierungsprogramms <a href="http://www.kfw.de/kfw/de/1/11/Download_Center/Fachthemen/Research/PDF-Dokumente_Evaluationen/33807_p_0.pdf">http://www.kfw.de/kfw/de/1/11/Download_Center/Fachthemen/Research/PDF-Dokumente_Evaluationen/33807_p_0.pdf</a>
Auftraggeber	KfW
Bearbeiter	FZ Jülich (IEF-STE)
Zielsetzung	Kuckshinrichs et al. (2009, S. 1) Das Ziel der Studie ist die Quantifizierung der gesamtwirtschaftlichen Kosten der CO <sub>2</sub> -Minderung durch die energetische Gebäudesanierung, die durch das CO <sub>2</sub> -Gebäudesanierungsprogramm von Bund und KfW in den Jahren 2005-2007 gefördert wurde. Darüber hinaus sollen auch die Kosten der Förderung der energetischen Gebäudesanierung durch das CO <sub>2</sub> -Gebäudesanierungsprogramm für den Staat ermittelt werden.
Zeithorizont	2005-2007
Räumliche Abgrenzung	Deutschland
Methodik	
Analyseansatz, verwendete Methode	Aufbauend auf der Evaluation des CO <sub>2</sub> -Gebäudesanierungsprogramms untersucht die Studie zusätzlichen Nutzen für die Investoren, gesamtwirtschaftliche CO <sub>2</sub> -Vermeidungsgewinne und mögliche Erträge für den Staatshaushalt. Dazu wird (1) ein Lebensdauermodellansatz und (2) das STEIN-Modell (Staatliche Einnahmen und Ausgaben) entwickelt, ein offenes statisches Input-Output-Modell, das um ein entsprechendes Modul der staatlichen Einnahmen und Ausgaben erweitert ist.
Kritische Einordnung der verwendeten Methode	Statische IO-Modelle können keine Verhaltensänderungen und zeitliche Dynamik erfassen, sind entsprechend nur für kurzfristige Betrachtungen geeignet. Gesamtwirtschaftliche Einkommens- und Multiplikatoreffekte bleiben unberücksichtigt.
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente	CO <sub>2</sub> -Gebäudesanierungsprogramm
Ökonomische Perspektive(n) (einzelwirtschaftlich / gesamtwirtschaftlich, Entscheider, Nutzer)	Investorensicht (in der zugrunde liegenden Evaluation des CO <sub>2</sub> -Gebäudesanierungsprogramms durch das Bremer Energieinstitut). Gesamtwirtschaftlich: Vermeidung langfristiger Umweltschäden, Staatshaushalt.
Rolle von Unsicherheit, Diskontierung und Erwartungsbildung	Ausweis von Barwerten der Effekte auf den Staatshaushalt

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien**

Sensitivitätsanalysen	Genannt werden als wichtige Größen: Programmkosten, Realzins, Energiepreisanstieg, Energieeinsparung und Systemgrenze.
Berücksichtigte Verhaltensänderungen	
<b>Kosten und Nutzen</b>	
Erfassung von Kosten und Nutzen	Durchschnittliche CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten (auf Basis der BEI-Auswertungen) und externe Nutzen der CO <sub>2</sub> -Vermeidung werden ausgewiesen (u.a. auf Basis UBA-Methodenkonvention)
Technikkosten: Investitions-, Innovations- und Diffusionszyklus von Klimaschutzmaßnahmen	Abschätzung von Lerneffekten in den Förderjahren
Lebenszyklusbetrachtung	Im Lebensdauermodellansatz.
Abgrenzung der Kosten einzelner Instrumente und Berücksichtigung möglicher Doppelzählungen	
Berücksichtigte Kostenkategorien	Investorensicht: Investitionskosten, langfristige Brennstoffkosten
Berücksichtigung von externen Kosten und Nutzen des Klimaschutzes	In Höhe von 22-69 €/t CO <sub>2</sub> berücksichtigt.
<b>Ergebnisse</b>	
Gesamtwirtschaftliche Bewertung	Über die CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten aus Investorensicht hinaus sind auch Zusatznutzen (höhere Kaltmiete, langfristige Emissionsvermeidung) und Effekte auf den Staatshaushalt zu berücksichtigen. Das CO <sub>2</sub> -Gebäudesanierungsprogramm bringt Klimaschutz, Beschäftigung und Budgetwirkung für den Staat in Einklang.
Verteilungswirkungen	Effekte auf den Staatshaushalt.
Einordnung der Ergebnisse	Den CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten aus Investorensicht von 15 bis 55 €/t sind die Zusatznutzen und positive Effekte auf den Staatshaushalt gegenzurechnen. Dadurch fällt die Gesamtbewertung des KfW-Programms sehr positiv aus.
Zentrale Ergebnisse	CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten: 16 - 55 €/t CO <sub>2</sub> stehen Vermeidungsgewinne der Investoren (-55 - +284 €/t), vermiedene Umweltschäden (22-69 €/t) und positive Effekte auf den Staatshaushalt (17-51 €/t) gegenüber. Bei Einbeziehung dieser Effekte sind die Wirkungen des CO <sub>2</sub> -Gebäudesanierungsprogramms sehr positiv.

Energieprognose 2009 (IER, RWI, ZEW 2010)

<b>Allgemeines</b>	
Quelle	IER, RWI, ZEW (2010): Die Entwicklung der Energiemärkte bis 2030 - Energieprognose 2009.
Auftraggeber	BMWi
Bearbeiter	IER Stuttgart, RWI Essen, ZEW Mannheim
Zielsetzung	Seite 1: „Vor dem Hintergrund eines derzeit schwindenden Beitrags heimischer Energieträger und zunehmender Klimaschutzanstrengungen schätzt die Energieprognose 2009 die Entwicklung von Angebot und Nachfrage nach Energie bis zum Jahr 2030 und unternimmt einen Ausblick auf 2050.“ „[Es] werden zwei alternative Zukunftspfade der Energieversorgung in Deutschland analysiert [...]: Die Referenzprognose geht vom [im März 2010] gesetzlich geregelten Kernenergieausstieg aus, wohingegen in zwei Varianten eine Verlängerung der bestehenden deutschen Kernkraftwerke [...] angenommen wird. Zusätzliche Sensitivitätsanalysen dienen der Ermittlung der Auswirkungen der Variation zentraler Einflussgrößen [...].“ Die Bewertung von Kosten und Nutzen von Klimaschutzmaßnahmen ist nicht Ziel der Studie.
Zeithorizont	Im Wesentlichen 2012 bis 2030.
Räumliche Abgrenzung	Deutschland; ökonomisches Modell erfasst auch internationale Entwicklungen.
<b>Methodik</b>	
Analyseansatz, verwendete Methode	Integrierter modellgestützter Analyseansatz, wobei die deutschen Energiemärkte als Teil des europäischen Energiesystems abgebildet werden. Dabei werden transnationale, EU-weite Regulierungsansätze berücksichtigt. Es werden insgesamt 3 Varianten und 6 Sensitivitäten analysiert.
Kritische Einordnung der verwendeten Methode	Diese Verbindung unterschiedlicher Modelltypen <sup>8</sup> ist grundsätzlich sinnvoll. Impulse im ökonomischen Modell NEWAGE sind damit durch die bottom-up-Berechnungen im Energiesystemmodell PanEU ermittelt worden. Problematisch ist die Verwendung internationaler Modelle für die Betrachtung in Deutschland. Damit wird die Wirkung auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit gut abgebildet, während Marktunvollkommenheiten, Hemmnisse etc. im Inland unberücksichtigt bleiben.
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente	Die im März 2010 ableitbaren energie- und klimapolitischen Rahmenbedingung und Trends werden für die Marktmodelle zugrunde gelegt. Die beiden Hauptszenarien untersuchen nicht gesondert unterschiedliche

<sup>8</sup> Die Analyse erfolgt mithilfe des Modellverbunds E2M2a (Elektrizitätsmarktmodell) – TIMES PanEU (Energiesystemmodell) – NEWAGE (Gleichgewichtsmodell).

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien**

	Klimaschutzmaßnahmen. Eine Sensitivität untersucht „verstärkten Klimaschutz“ im Kontext des internationalen CO2-Zertifikatehandels.
Ökonomische Perspektive(n) (einzelwirtschaftlich / gesamtwirtschaftlich, Entscheider, Nutzer)	Gesamtwirtschaftlich; Keine Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen.
Rolle von Unsicherheit, Diskontierung und Erwartungsbildung	Die Abbildung von Unsicherheit, Diskontierung und Erwartungsbildung wird nicht gesondert thematisiert.
Sensitivitätsanalysen	Hoher Ölpreis, Lange Wirtschaftskrise, verstärkter Klimaschutz, niedrige Bevölkerungsentwicklung
Berücksichtigte Verhaltensänderungen	Von internationalen Abkommen außerhalb der EU gehen keine verstärkte Bemühungen zur Reduktion der CO2-Emissionen gehen aus. „Climate and Energy Package“ bis 2020 wird bis 2030 fortgesetzt. In einer Sensitivität wird unterstellt, dass aufgrund von verstärkter internationaler Kooperation die gesetzten Klimaschutzziele kosteneffizienter erreicht werden können. Die Wirtschaftsakteure ändern aber ihr Verhalten nicht grundsätzlich.
<b>Kosten und Nutzen</b>	
Erfassung von Kosten und Nutzen	In Bezug auf den Klimaschutz werden Kosten in ökonomischen Kenngrößen erfasst. Keine Betrachtung von Nutzen.
Technikkosten: Investitions-, Innovations- und Diffusionszyklus von Klimaschutzmaßnahmen	Klimaschutzmaßnahmen werden nicht gesondert bzgl. Investitionszyklen ausgewertet. Die Projektion der Investitionen im Bereich Umbau der Energieversorgung zu mehr erneuerbaren Energien wird jedoch unter Berücksichtigung dieser Aspekte durchgeführt.
Lebenszyklusbetrachtung	Nein
Abgrenzung der Kosten einzelner Instrumente und Berücksichtigung möglicher Doppelzählungen	Nein
Berücksichtigte Kostenkategorien	Abhängig von den Modellen: In TIMES PanEU werden Energiesystemkosten quantifiziert, in NEWAGE die makroökonomischen Kosten. Diese Kostenkategorien werden jedoch nur für die Varianten mit Laufzeitverlängerung getrennt analysiert.
Berücksichtigung von externen Kosten und Nutzen des Klimaschutzes	Externe Kosten sind teilweise über die CO2-Preise enthalten. Keine Nutzenbetrachtung.
<b>Ergebnisse</b>	
Gesamtwirtschaftliche Bewertung	Bewertet werden vor allem Laufzeitverlängerungen. Ihnen werden positive gesamtwirtschaftliche Wirkungen zugeschrieben. „Verstärkter Klimaschutz“ führt zu negativen gesamtwirtschaftlichen Wirkungen, trotz Effizienzgewinnen

Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politiksznarien

	im Klimaschutz. Dabei geht der Energieverbrauch deutlich zurück.		
Verteilungswirkungen	Sektorale Beschäftigungseffekte.		
Einordnung / Ergebnisse	Die Ergebnisse lassen nur wenige Rückschlüsse zu den Kosten von Klimaschutzmaßnahmen (außerhalb von KKW-Laufzeiten) zu. Nutzen wird nicht thematisiert. Die klima- und energiepolitischen Rahmenbedingungen werden in den Varianten nicht verändert. Die Sensitivitätsanalyse zu verstärktem Klimaschutz ist bzgl. Annahmen und Preiseffekten nicht ausreichend dokumentiert, um Rückschlüsse auf Kosten/Nutzen zuzulassen. Beschäftigungseffekte im Szenario Laufzeitverlängerung fallen im Vergleich zu den BIP-Effekten und zu anderen Studien sehr hoch aus.		
Zentrale Ergebnisse	Zielerreichung S. K1; Energieversorgung und Energiemarkt S. K6ff; Effekte von Laufzeitverlängerungen S. K21		
<b>Szenarien (bei vielen Szenarien sind hier zentrale Varianten ausgewählt)</b>	<b>Referenz, Ra</b>	<b>Szenario Rb</b>	<b>Szenario S3a</b>
Beschreibung	Vgl. S. K3ff	Laufzeitverlängerung KKW 40 Jahre	Verstärkter Klimaschutz; ambitionierte verbindliche Emissionsreduktionsziele weltweit
Energiepreispfade (Preise real, d.h. in heutigen Preisen, sonst hervorgehoben)	Ölpreis in \$2007/bbl: 59 (2012), 69 (2020), 75 (2030) → +0,4% p.a. Zertifikatspreis in €2007/tco2: 28 (2012), 40 (2015), 31 (2020), 28 (2025), 30 (2030)	Energiepreise und Zertifikatspreise wie Referenz	Energiepreise wie Referenz; Keine Angaben zu Zertifikatspreisen
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen	Fortschreibung von Anfang 2010 ableitbaren Politiktrends (IKEP) CO2-Minderung bis 2030: EU (1990): -21% USA (1990): +5% Kanada (2006): -15% Australien (2000): -5% BRIC: ?	Wie in der Referenz	Ambitioniertere CO2-Reduktionsziele (international) CO2-Minderung bis 2030: EU (1990): -30% USA (1990): -5% Kanada (2006): -25% Australien (2000): -15% BRIC (2005): +150%
Berücksichtigung Verhaltensänderungen	Nein	Nein	Nicht explizit
THG-Einsparungen (gegen 1990/Referenz)	-44% in 2020	-44% in 2030	-60% in 2030
<b>Zentrale ökonomische Ergebnisse</b>			
BIP	1,2 % p.a. 2012-2020: 1,43% p.a.	1,2% p.a. 2012-2020: 1,47% p.a.	1,0% p.a. 2012-2020: 1,37% p.a.

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien**

	2020-2030: 0,98% p.a.	2020-2030: 0,95% p.a.	2020-2030: 0,78% p.a.																														
Beschäftigung	k.A.	2020: +130 Tsd. 2030: +39 Tsd.	k.A.																														
Strompreise	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>HH ct2007/ €2007/ kWh</th> <th>Industrie ct2007/ €2007/ MWh</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2007</td> <td>20,6</td> <td>103,0</td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td>22,6</td> <td>111,2</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>23,4</td> <td>119,0</td> </tr> <tr> <td>2030</td> <td>22,6</td> <td>117,9</td> </tr> </tbody> </table>		HH ct2007/ €2007/ kWh	Industrie ct2007/ €2007/ MWh	2007	20,6	103,0	2012	22,6	111,2	2020	23,4	119,0	2030	22,6	117,9	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>HH ct2007/ €2007/ kWh</th> <th>Industrie ct2007/ €2007/ MWh</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2007</td> <td>20,6</td> <td>103,0</td> </tr> <tr> <td>2012</td> <td>22,1</td> <td>106,7</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>21,8</td> <td>110,0</td> </tr> <tr> <td>2030</td> <td>22,6</td> <td>117,9</td> </tr> </tbody> </table>		HH ct2007/ €2007/ kWh	Industrie ct2007/ €2007/ MWh	2007	20,6	103,0	2012	22,1	106,7	2020	21,8	110,0	2030	22,6	117,9	k.A.
	HH ct2007/ €2007/ kWh	Industrie ct2007/ €2007/ MWh																															
2007	20,6	103,0																															
2012	22,6	111,2																															
2020	23,4	119,0																															
2030	22,6	117,9																															
	HH ct2007/ €2007/ kWh	Industrie ct2007/ €2007/ MWh																															
2007	20,6	103,0																															
2012	22,1	106,7																															
2020	21,8	110,0																															
2030	22,6	117,9																															

Energieszenarien (Prognos, EWI, GWS 2010)

<b>Allgemeines</b>	
Quelle	Prognos, EWI, GWS (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Basel, Köln, Osnabrück 2010. <a href="http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energieszenarien_2010.pdf">http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energieszenarien_2010.pdf</a>
Auftraggeber	BMWi (BMU beteiligt)
Bearbeiter	Prognos Basel, EWI Köln, GWS Osnabrück
Zielsetzung	Seite 1: „Im Koalitionsvertrag für die 17. Legislaturperiode haben CDU/CSU und FDP vereinbart, im Laufe des Jahres 2010 ein Energiekonzept vorzulegen, „das szenarienbezogene Leitlinien für eine saubere, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung formuliert“. Basis für das Energiekonzept sind eine Referenzentwicklung sowie vier unterschiedliche Zielszenarien zur künftigen Energieversorgung Deutschlands, die von der Arbeitsgemeinschaft Prognos, EWI und GWS erarbeitet wurden.“ Die Zielszenarien unterscheiden sich vor allem bei den Laufzeiten der Kernkraftwerke.
Zeithorizont	Bis 2050
Räumliche Abgrenzung	Deutschland; Strommarktmodell erfasst auch internationale Entwicklungen.
<b>Methodik</b>	
Analyseansatz, verwendete Methode	Bottom-up-Modelle (Endnachfrage, Prognos), Strommarktmodell (Europa, EWI), gesamtwirtschaftliches Modell (PANTA RHEI, GWS); Übergabe zentraler Modellparameter (soft link).
Kritische Einordnung der verwendeten Methode	PANTA RHEI: Makroökonomisches Modell, das nicht auf neoklassischer Gleichgewichtstheorie basiert und sich damit nicht bereits in der Referenz im Optimum befinden muss. Verhaltensparameter sind empirisch geschätzt: Implizit werden Verhaltensmuster der Vergangenheit in die Zukunft fortgeschrieben. Modelllösung Jahr für Jahr.
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente	Die Entwicklung im Strombereich ist EU-weit marktgetrieben, d.h. vor allem CO2-Preis. Für die Endnachfragebereichen sind Maßnahmen beschrieben. So wird eine CO2-Steuer unterstellt, die sich an das Zertifikatspreisniveau im Zeitverlauf angleicht. Darüber hinaus findet technologischer Wandel statt ohne dass Instrumente zur Unterstützung spezifiziert werden.
Ökonomische Perspektive(n) (Einzelwirtschaftlich / gesamtwirtschaftlich, Entscheider, Nutzer)	Gesamtwirtschaftlich; Kosten/Nutzen für exemplarische Haushalte in getrennter Rechnung ausgewiesen.
Rolle von Unsicherheit, Diskontierung und Erwartungsbildung	Die Abbildung von Unsicherheit und Diskontierung wird nicht gesondert thematisiert. In weitergehenden Veröffentlichungen zu den eingesetzten Modellen lässt sich finden, dass PANTA RHEI nicht auf rationalen Erwartungen beruht, sondern begrenzt rationales Verhalten zulässt. Langfristige Annuitäten in den bottom-up-Modellen

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerien**

	folgen der Entwicklung von Marktzinsen, externe Schäden sind nicht eingeschlossen, sodass das Problem der Diskontierung, wie es im Umfeld des Stern-Reports diskutiert wird, nicht anfällt.
Sensitivitätsanalysen	Unterschiedliche Laufzeiten der KKW (4, 12, 20 und 28 Jahre)
Berücksichtigte Verhaltensänderungen	Annahmen gehen für die Zielszenarien von einem internationalen Klimaschutzabkommen ab 2020 aus. Damit sind die Bedingungen für technischen Fortschritt und langfristig deutlich sinkenden Klimaschutzkosten günstig. Die Wirtschaftsakteure ändern aber ihr Verhalten nicht grundsätzlich.
<b>Kosten und Nutzen</b>	
Erfassung von Kosten und Nutzen	In den Kategorien der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen; Kosten über das Jahr 2050 hinaus und weitergehende Nutzen nicht berücksichtigt.
Technikkosten: Investitions-, Innovations- und Diffusionszyklus von Klimaschutzmaßnahmen	In den bottom-up-Modellen berücksichtigt: EWI-Kraftwerksparkmodell und Prognos-bottom-up-Modelle berücksichtigen die Zyklen; Annahmen zu Technikkosten in der Studie beschrieben, teils entsprechend früheren Vorläuferstudien (EWI: European RES-E Policy Analysis - Eine modellbasierte Studie über die Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen in Europa und die Auswirkungen auf den konventionellen Strommarkt. Auftraggeber: Land Nordrhein-Westfalen, BDEW, VGB Power Tech, Alpiq, E.ON, Stadtwerke München, Vattenfall, 2010; Prognos: WWF-Studie 2009); Außerdem entsprechen bis 2020 die Kosten des EE-Ausbaus und die damit verbundenen Lernkurven der BMU-Leitstudie 2009.
Lebenszyklusbetrachtung	Nein (Betrachtung der Jahresscheiben). Effekte nach 2050 werden abgeschnitten. Dies bedeutet, dass zum einen keine Entsorgungskosten anfallen, zum anderen Nutzen und Kosten von Investitionen in EE oder Effizienz nach Ende des Beobachtungshorizonts nicht mehr berücksichtigt werden.
Abgrenzung der Kosten einzelner Instrumente und Berücksichtigung möglicher Doppelzählungen	Nein
Berücksichtigte Kostenkategorien	Abhängig von den Modellen: Grundsätzlich dürften Brennstoffkosten, Investitionskosten und Betriebskosten berücksichtigt sein
Berücksichtigung von externen Kosten und Nutzen des Klimaschutzes	Nein; auf einige Punkte wurde aber in einem unveröffentlichten Nachtrag im Januar 2011 eingegangen.
<b>Ergebnisse</b>	
Gesamtwirtschaftliche Bewertung	Zielszenarien führen langfristig zu höheren Investitionen in den Endnachfragebereichen und zu niedrigeren Importen. Damit sind die BIP- und Beschäftigungswirkungen der Zielszenarien positiv. Längere Laufzeiten von Kernkraftwerken führen in der mittleren Frist über niedrigere Strompreise zu leicht positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten.
Verteilungswirkungen	Verteilungswirkungen werden kaum analysiert. Bauwirtschaft wird als eine Gewinnerbranche sichtbar. Für die Bereiche Wohnen und Mobilität wurden

Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politiksznarien

	Beispielrechnungen zur Entwicklung der Kostenbelastung privater Haushalte durchgeführt. Effekte auf Staatshaushalt ausgewiesen.		
Einordnung / Ergebnisse	Bereits in der Referenz gehen die Emissionen deutlich zurück. Die Szenarien erfassen also nur einen (additiven) Teil des Klimaschutzes. In Zielszenarien werden die Ziele immer erreicht. Erreichung der Klimaschutzziele ist damit technisch und (weitgehend) ohne negative gesamtwirtschaftliche Effekte erreichbar. Der Weg dorthin (konkrete Ausgestaltung der Energiewende) wird nicht beschrieben.		
Zentrale Ergebnisse	BIP-Effekte S. A 1-30, Energiebereich und Emissionen S-5-12. THG-Ziele und wesentliche Energieziele werden in den Zielszenarien per Definition erreicht.		
<b>Szenarien (bei vielen Szenarien sind hier zentrale Varianten ausgewählt)</b>	<b>Referenz</b>	<b>Szenario I A</b>	<b>Szenario I B</b>
Beschreibung	Vgl. S. 17 zu wesentlichen Annahmen	Laufzeitverlängerung KKW 4 Jahre; niedrige Nachrüstkosten; Erreichung der Energie- und Klimaziele	Laufzeitverlängerung KKW 4 Jahre; hohe Nachrüstkosten; Erreichung der Energie- und Klimaziele
Energiepreispfade (Preise real, d.h. in heutigen Preisen, sonst hervorgehoben)	Ölpreis in Anlehnung an IEA WEO 2009; Erdgas wird relativ zu Öl deutlich günstiger; CO2-Zertifikatspreise in der Referenz auf 50 EUR/t in 2050 ansteigend	Energiepreise wie Referenz; Zertifikatspreise in den Zielszenarien auf 75 Euro/t in 2050 ansteigend	Energiepreise wie Referenz; Zertifikatspreise in den Zielszenarien auf 75 Euro/t in 2050 ansteigend
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen	Fortschreibung heutiger Politiktrends (zusätzliche Maßnahmen)	Zielszenario: Notwendige Entwicklungen beschrieben, aber nicht instrumentiert	Zielszenario: Notwendige Entwicklungen beschrieben, aber nicht instrumentiert
Berücksichtigung Verhaltensänderungen			
THG-Einsparungen (gegen 1990/Referenz)	-62% in 2050/0	-85% in 2050/ -229 Mt	-85% in 2050/ -229 Mt
<b>Zentrale ökonomische Ergebnisse</b>			
BIP	0,8% p.a.	-0,09% geg. Ref.in 2030; +0,62% geg. Ref.in 2050;	-0,16% geg. Ref.in 2030; +0,71% geg. Ref. in 2050;
Beschäftigung		+112.000 in 2050	+127.000 in 2050
Investitionen		+ca. 15 Mrd. EUR p.a.	+ca. 15 Mrd. EUR p.a.
Strompreise	Durchgehend unter heutigem Niveau	GH-Preis um bis zu 3 EUR/MWh höher, 2050 GH-	GH-Preis um bis zu 3 EUR/MWh höher, 2050 GH-

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien**

	(Annahme eines vollintegrierten Strommarkts)	Preis nicht mehr aussagefähig	Preis nicht mehr aussagefähig
--	--	-------------------------------	-------------------------------

Kosten und Nutzen des Ausbaus erneuerbarer Energien (ISI, DIW, GWS, IZES 2010)

Allgemeines	
Quelle	ISI, GWS, IZES, DIW (2011); Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse von Kosten und Nutzenwirkungen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien im Strom- und Wärmemarkt. <a href="http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/knee_update_2011_bf.pdf">http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/knee_update_2011_bf.pdf</a>
Auftraggeber	BMU
Zielsetzung	Seite 25: „In dieser Studie werden die vorliegenden Ansätze zur Quantifizierung von Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmebereich gesammelt, eventuell (weiter)entwickelt, zusammengeführt und bewertet sowie eine übersichtliche Zusammenschau der einzelnen Effekte vorgestellt. Während einzelne Wirkungen bereits quantifiziert und ausführlich diskutiert werden, blieben andere Effekte bisher weitestgehend unberücksichtigt oder wurden nur qualitativ betrachtet. Die Ziele der vorliegenden Studie umfassen im Einzelnen: Bestandsaufnahme und Bewertung vorliegender Ansätze zur Quantifizierung von Kosten- und Nutzenwirkungen erneuerbarer Energien, Diskussion des bisherigen Erkenntnisstandes, dabei Identifikation von Lücken bzw. Schwachstellen und Formulierung von Vorschlägen für eine integrierte Zusammenschau und für weitere Analysen.“
Zeithorizont	Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden jährliche Updates zu den definierten Kosten- und Nutzenkategorien aus einer ex post-Perspektive berichtet. Darüber hinaus wird für eine wesentliche Nutzenkategorie (vermeidene externe Kosten) eine Langfristrechnung bis 2030 präsentiert.
Räumliche Abgrenzung	Deutschland
Methodik	
Analyseansatz, verwendete Methode	Multiple Methoden. Zu den Kategorien Differenzkosten im Strombereich, Differenzkosten im Wärmebereich, Importverminderung, Vermeidung externer Kosten und zum Merit-Order-Effekt liegen unter <a href="http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/45801/40870/">http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/45801/40870/</a> jeweils eigene Methodenpapiere vor. Gesamtwirtschaftliches Modell (PANTA RHEI, GWS) für die Langfristperspektive.
Kritische Einordnung der verwendeten Methode	Das Ziel des Vorhabens ist es explizit, die Kosten- und Nutzenschätzung auf eine solide methodische Basis zu stellen. In den o.g. Bereichen ist dies gelungen. Allerdings gibt es eine unterschiedliche Akzeptanzbreite: Während die Arbeiten zum Merit-Order-Effekt in einer breiten Diskussion verschiedenster Experten abgestimmt sind, ist die vom UBA vorgelegte Methodenkonvention zur Bestimmung von Schäden durch CO <sub>2</sub> -Emissionen bislang nicht zum Stand der Technik geworden. Andere Arbeiten hierzu liegen zum Beispiel aus dem NEEDs Projekt der Europäischen Kommission vor. PANTA RHEI: Makroökonomisches Modell, das nicht auf neoklassischer Gleichgewichtstheorie basiert und sich damit nichts bereits in der Referenz im Optimum befinden muss. Verhaltensparameter sind empirisch geschätzt: Implizit werden Verhaltensmuster der Vergangenheit in die Zukunft fortgeschrieben. Modelllösung Jahr für Jahr.

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerien**

Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente	Fokus: erneuerbare Energien im Strom- und Wärmebereich. Alle Instrumente werden berücksichtigt: MAP, EEG, StromStG, EEWärmeG
Ökonomische Perspektive(n) (einzelwirtschaftlich / gesamtwirtschaftlich, Entscheider, Nutzer)	Es wird zwischen einzelwirtschaftlichen Effekten, Verteilungseffekten und Makroeffekten (gesamtwirtschaftlich) unterschieden. Zu allen Effekten finden sich Beiträge.
Rolle von Unsicherheit, Diskontierung und Erwartungsbildung	Da die Untersuchung überwiegend ex-post angelegt ist, spielen Unsicherheit, Diskontierung und Erwartungsbildung keine große Rolle. In der Simulation bis 2030 wird PANTA RHEI eingesetzt. Hier wird die Abbildung von Unsicherheit und Diskontierung nicht gesondert thematisiert (zum Modell PANTA RHEI, s.o.).
Sensitivitätsanalysen	Nein
Berücksichtigte Verhaltensänderungen	Nicht Gegenstand der Untersuchung.
<b>Kosten und Nutzen</b>	
Erfassung von Kosten und Nutzen	Ziel der Untersuchung.
Technikkosten: Investitions-, Innovations- und Diffusionszyklus von Klimaschutzmaßnahmen	Die Differenzkosten von Strom und Wärme werden ausführlich analysiert. Beim Strom liegen den Berechnungen die Annahmen des Leitszenarios zum Verlauf von Investitionskosten und zum Diffusionszyklus zu Grunde.
Lebenszyklusbetrachtung	Nein
Abgrenzung der Kosten einzelner Instrumente und Berücksichtigung möglicher Doppelzählungen	Explizit Gegenstand der Studie. Beispielsweise werden verringerte Importe nicht in der abschließenden Summe der Kosten und Nutzen berücksichtigt, da die Importrückgänge bereits in den systemanalytischen Differenzkosten enthalten sind.
Berücksichtigte Kostenkategorien	Differenzkosten, Transaktionskosten, Schadenskosten.
Berücksichtigung von externen Kosten und Nutzen des Klimaschutzes	Ja, explizit in ihrer Vermeidung als eine der größten Nutzenkategorien.

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerien**

Ergebnisse		
Gesamtwirtschaftliche Bewertung	In der kurzfristigen jährlichen Analyse wird die Bruttobeschäftigung durch den Ausbau und den Betrieb erneuerbarer Energien ausgewiesen. Die Langfristanalyse weist BIP, Beschäftigung, sektorale Wirkungen, Wirkungen auf Preise und auf die Komponenten des BIP aus.	
Verteilungswirkungen	Verteilungswirkungen werden explizit analysiert. Insbesondere durch Ausweisen der EEG-Differenzkosten und durch Analysen der Besonderen Ausgleichsregelung und zur Stromsteuer.	
Einordnung / Ergebnisse	In der Bilanz aller Kosten und Nutzenwirkungen überwiegen im Beobachtungszeitraum (2008-2010) die Nutzenwirkungen.	
Szenarien (bei vielen Szenarien sind hier zentrale Varianten ausgewählt)	Referenz/ Null-Szenario + erhöhte CO <sub>2</sub> -Kosten	Szenario: Ausbau erneuerbarer Energien + erhöhte CO <sub>2</sub> -Kosten
Beschreibung	Dieses Szenario bezieht sich auf die Studie Lehr et al. (2011): Kurz- und langfristige Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf dem deutschen Arbeitsmarkt	Dieses Szenario bezieht sich auf die Studie Lehr et al. (2011): Szenario mit mittlerer Exportvariante für die Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien.
Energiepreispfade (Preise real, d.h. in heutigen Preisen, sonst hervorgehoben)	Aus der Leitstudie 2010, Preispfad gemäßigt, CO <sub>2</sub> -Preis steigt auf 98 €/t in 2030 an.	Energie- und CO <sub>2</sub> -Preise wie Referenz
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen	Keine. Kein Ausbau erneuerbarer Energien, Fortschreibung von Effizienzmaßnahmen mit heutigem Trend	Ausbau EE gemäß Leitstudie, Effizienz gemäß Leitstudie
Berücksichtigung Verhaltensänderungen	Keine.	

Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte (Ifeu et al. 2011)

<b>Allgemeines</b>	
Quelle	Ifeu, Fraunhofer ISI, Prognos, GWS et al. (2011): Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative. Endbericht des Projektes „Wissenschaftliche Begleitforschung zu übergreifenden technischen, ökologischen, ökonomischen und strategischen Aspekten des nationalen Teils der Klimaschutzinitiative“, Heidelberg, Karlsruhe, Berlin, Osnabrück, Freiburg. <a href="http://www.ifeu.de/energie/pdf/NKI_Endbericht_2011.pdf">http://www.ifeu.de/energie/pdf/NKI_Endbericht_2011.pdf</a>
Auftraggeber	BMU
Zielsetzung	Ifeu et al. (2011, S 38.) „Die Effizienz- und Klimaschutzoptionen in Deutschland umfassend hinsichtlich der technischen und wirtschaftlichen Potenziale, der angesprochenen Akteursgruppen, der Exportchancen und der Lücken in der politischen Instrumentenlandschaft zu analysieren (Fokus: energiebedingte Treibhausgas-Emissionen; endkundennahe Energieeffizienz ohne Maßnahmen im Umwandlungssektor), wesentliche Hemmnisse der Potenzialerschließung zu identifizieren und daraus strategische Empfehlungen für die Weiterentwicklung der vorhandenen Fördersäulen der NKI und anderer politischer Instrumente abzuleiten, die volkswirtschaftlichen Effekte einer ambitionierten Effizienzstrategie modellgestützt abzuschätzen“.
Zeithorizont	Bis 2030
Räumliche Abgrenzung	Deutschland
<b>Methodik</b>	
Analyseansatz, verwendete Methode	Wirtschaftliche Potenziale von Energieeffizienzmaßnahmen werden in verschiedenen bottom-up-Modellen und Betrachtungen dargestellt. In einem zweiten Schritt werden die Potenziale und die Maßnahmen zu ihrer Erschließung in das gesamtwirtschaftliche Modell PANTA RHEI eingestellt (soft link).
Kritische Einordnung der verwendeten Methode	Vgl. zu PANTA RHEI die Darstellung im Blatt Energieszenarien.
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente	Referenz: Referenz der Energieszenarien bzgl. Energieeffizienz Szenario „Effizienz ambitioniert“ mit insgesamt 43 Effizienzmaßnahmen Szenario „Frozen Efficiency“
Ökonomische Perspektive(n) (einzelwirtschaftlich / gesamtwirtschaftlich, Entscheider, Nutzer)	In den bottom-up-Modellen: Nutzersicht (Nachfrager) In PANTA RHEI: Gesamtwirtschaftlich
Rolle von Unsicherheit, Diskontierung und Erwartungsbildung	Erhebliche Unsicherheiten über verschiedene Annahmen werden an verschiedenen Stellen genannt.

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politiksznarien**

Sensitivitätsanalysen	Zusätzliche Effekte durch höhere Exportchancen (um bis zu 13 Mrd. Euro höhere Exporte deutscher Effizienzgüter im Jahr 2030); Rolle höherer Energiepreise im Gebäudesektor.		
Berücksichtigte Verhaltensänderungen	Umsetzung zusätzlicher (einzelwirtschaftlich lohnender) Klimaschutzinvestitionen.		
<b>Kosten und Nutzen</b>			
Erfassung von Kosten und Nutzen	Makroökonomisches Modell PANTA RHEI: In den Kategorien der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen; Kosten über das Jahr 2030 hinaus und weitergehende Nutzen nicht berücksichtigt.		
Technikkosten: Investitions-, Innovations- und Diffusionszyklus von Klimaschutzmaßnahmen	In den bottom-up-Modellen berücksichtigt.		
Lebenszyklusbetrachtung	Nein		
Abgrenzung der Kosten einzelner Instrumente und Berücksichtigung möglicher Doppelzählungen	Ja		
Berücksichtigte Kostenkategorien	Investitionskosten, vermiedene Energie- und Betriebskosten.		
Berücksichtigung von externen Kosten und Nutzen des Klimaschutzes	Nein		
<b>Ergebnisse</b>			
Gesamtwirtschaftliche Bewertung	Die gesamtwirtschaftlichen Effekte des Effizienzsznarios sind positiv: Die höheren Investitionen erhöhen das BIP und die Beschäftigung. Im weiteren Verlauf machen sich die Energiekosteneinsparungen zusätzlich positiv bemerkbar.		
Verteilungswirkungen	Auf dem Arbeitsmarkt profitieren besonders Baugewerbe und verarbeitendes Gewerbe, aber auch Handel und Dienstleistungen. Der Staatshaushalt verbessert sich. Ergebnisse für einzelne Haushaltstypen werden nicht ausgewiesen.		
Einordnung der Ergebnisse	Angesichts der einzelwirtschaftlichen Rentabilität der Maßnahmen im Szenario „Effizienz ambitioniert“ sind die positiven gesamtwirtschaftlichen Effekte nicht überraschend.		
Zentrale Ergebnisse	Auch über die Referenz der Energiesznarien hinaus besteht ein großes Potenzial einzelwirtschaftlich lohnender Energieeffizienzmaßnahmen. Die Ausschöpfung der Potenziale ist mit deutlich positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten verbunden.		
<b>Sznarien (bei vielen Sznarien sind hier zentrale Varianten ausgewählt)</b>	<b>Referenz</b>	<b>Effizienz ambitioniert</b>	<b>Zusätzliche Exportchancen</b>
Beschreibung	Referenzentwicklung Energiesznarien,	Zusätzliche Umsetzung einzelwirtschaftlich	Wie „Effizienz ambitioniert“.

Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politiksznarien

	zusätzlich Laufzeitverlängerung wie im Herbst 2010 beschlossen und EE nach Leitszenario 2010	sinnvoller Energieeffizienzmaßnahmen	Zusätzliche Berücksichtigung höherer Exporte der deutsche Industrie
Energiepreisfade (Preise real, d.h. in heutigen Preisen, sonst hervorgehoben)	In Anlehnung an die Energieszenarien	Wie Referenz	Wie Referenz
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen	Referenz der Energieszenarien (im Bereich Energieeffizienz)	43 Maßnahmen und Maßnahmencluster (S. 47f.)	Wie Effizienz ambitioniert
Berücksichtigung Verhaltensänderungen		Höhere Effizienzinvestitionen	Wie Effizienz ambitioniert
THG-Einsparungen (gegen 1990/Referenz)	-43,3% in 2020 (54,0% in 2030)	-48,2% in 2020 (60,0% in 2030)	
<b>Zentrale ökonomische Ergebnisse</b>			
BIP	DE: 1% p.a. von 2010-2030	+17,4 Mrd. € geg. Ref in 2020 (23 Mrd. € in 2030)	+23,4 Mrd. € geg. Ref in 2020 (34 Mrd. € in 2030)
Beschäftigung		+122.000 geg. Ref in 2020 (127.000 in 2030)	+122.000 geg. Ref in 2020 (127.000 in 2030)
Investitionen		+10,5 Mrd. € geg. Ref in 2020 (10,7 Mrd. € in 2030)	+11,8 Mrd. € geg. Ref in 2020 (12,1 Mrd. € in 2030)

Die Zukunft der Energiemärkte (Ifo, FEE 2012)

Allgemeines	Laufendes Projekt, dokumentiert sind bisher zwei von vier Arbeitsschritten.
Quelle	Ifo-Institut, FEE (2012): „Die Zukunft der Energiemärkte – ökonomische Analyse und Bewertung von Potentialen und Handlungsmöglichkeiten“ Ifo Forschungsbericht 57, München. <a href="http://www.cesifo-group.de/DocDL/ifo_Forschungsbericht_57.pdf">http://www.cesifo-group.de/DocDL/ifo_Forschungsbericht_57.pdf</a>
Auftraggeber	BMWi
Bearbeiter	Ifo-Institut München; Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. München
Zielsetzung	<p>“Vor diesem Hintergrund [Energiewende] strebt es das vorliegende Gutachten an, mit einer technisch fundierten ökonomischen Analyse die Kosten und Potentiale der Emissionsvermeidung bis zum Jahr 2050 aufzuzeigen sowie staatliche Handlungsmöglichkeiten einer Anpassung der Energiemärkte darzustellen.”</p> <p>Arbeitsschritt 1: Diskussion der Anpassung der Energiewirtschaft sowie wirtschaftstheoretische Grundlagen des Transformationsprozesses.                  Arbeitsschritt 2: Übersicht / Ausblick über Potentiale zur Emissionsvermeidung inkl. Energieeffizienzpotentiale in 10-Jahres-Schritten bis 2050.</p>
Zeithorizont	Bis 2050
Räumliche Abgrenzung	Deutschland
<b>Methodik</b>	
Analyseansatz, verwendete Methode	Nach einer Aufarbeitung der wirtschaftstheoretischen Grundlagen wird eine technische Analyse durchgeführt, um Potenziale der Emissionsvermeidung und ihre Kosten darzustellen. Dabei wird der Status-quo und die Zukunft betrachtet. (Stand Zwischenbericht Januar 2012)
Kritische Einordnung der verwendeten Methode	Zu Arbeitsschritt 2: Einsparpotenziale und CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten werden für den Umwandlungssektor sowie den Sektor HH und GHD unter Verwendung von Sekundärliteratur analysiert. Keine systematische Quantifizierung von Potenzialen und Kosten. Keine modellbasierten Analysen. Für den Umwandlungsbereich ist die Ausarbeitung besonders detailliert. (Stand Zwischenbericht Januar 2012)
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente	Keine Gegenüberstellung bzw. Bewertung konkreter Maßnahmen. (Stand Zwischenbericht Januar 2012)
Ökonomische Perspektive(n) (einzelwirtschaftlich / gesamtwirtschaftlich, Entscheider, Nutzer)	Gesamtwirtschaftlich (im Kontext der energiepolitischen Ziele Umweltschonung, Sicherheit und Bezahlbarkeit).
Rolle von Unsicherheit, Diskontierung und	Die Rolle von Unsicherheit und eine Diskontierung wird nicht gesondert thematisiert.

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien**

Erwartungsbildung	
Sensitivitätsanalysen	Keine
Berücksichtigte Verhaltensänderungen	Verhaltensänderungen werden nicht thematisiert.
<b>Kosten und Nutzen</b>	
Erfassung von Kosten und Nutzen	Kosten: CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten („... beschreiben die Kosten, die für die Reduzierung einer bestimmten CO <sub>2</sub> -Menge gegenüber einer Referenztechnologie [oder einem Referenzzeitpunkt] anfallen.“) Nutzen: Nur im Sinne von CO <sub>2</sub> -Einsparpotentialen.
Technikkosten: Investitions-, Innovations- und Diffusionszyklus von Klimaschutzmaßnahmen	Technikkosten werden im Wesentlichen auf Ebene unterschiedlicher Technologien ohne Zyklen thematisiert, nicht auf Ebene von Klimaschutzmaßnahmen.
Lebenszyklusbetrachtung	Nein
Abgrenzung der Kosten einzelner Instrumente und Berücksichtigung möglicher Doppelzählungen	Nein
Berücksichtigte Kostenkategorien	Vor allem Investitionskosten und Betriebskosten; teilweise Brennstoffkosten.
Berücksichtigung von externen Kosten und Nutzen des Klimaschutzes	Nein
<b>Ergebnisse</b>	
Gesamtwirtschaftliche Bewertung	Keine endgültigen Ergebnisse.
Verteilungswirkungen	Keine endgültigen Ergebnisse.
Einordnung / Ergebnisse	Keine endgültigen Ergebnisse.
Zentrale Ergebnisse	Keine endgültigen Ergebnisse.

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien**

EU-Kommission: Impact Assessment zur Roadmap 2050, SEC(2011)288

<b>Allgemeines</b>	
Quelle	SEC (2011) 288 final; Commission staff working document; Impact Assessment, Accompanying document to the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions; A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050.
Auftraggeber	EU-Kommission
Zielsetzung	Abschätzung der Wirkungen der in der Roadmap geforderten Dekarbonisierung Europas.
Zeithorizont	Bis 2050
Räumliche Abgrenzung	EU
<b>Methodik</b>	
Analyseansatz, verwendete Methode	GEM-E3: Computable General Equilibrium model (CGE) in Kombination mit dem POLES Modell zur Berechnung der Emissionen auf weltweitem Niveau, PRIMES und GAINS für die EU Abschätzungen.
Kritische Einordnung der verwendeten Methode	CGE-Modell: Das Grundmodell basiert auf der neoklassischen Gleichgewichtstheorie und nutzt die GTAP7 Datenbank. Neben den Kritikpunkten an CGE-Modellen, die bereits weiter vorne aufgeführt wurden, gibt es durchaus Zweifel an der Datenbank. Ihr Vorteil - eine geschlossene Darstellung - wird mit dem Nachteil der Inkompatibilität zu öffentlich verfügbaren Daten wie etwa der IEA Energiestatistik erkauft.
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente	Es wird ein Global Action Szenario untersucht, das bis 2050 zu einer 50%-igen Reduktion von CO <sub>2</sub> -Emissionen gegenüber 1990 führt. Das Fragmented Action Szenario unterstellt dieselben Anstrengungen in der EU aber alle anderen Länder erfüllen nur die untere Grenze ihrer Kopenhagen Pledges. Alle anderen Länder verhalten sich wie im Referenzszenario. Alle Maßnahmen sind über den entsprechenden CO <sub>2</sub> -Preis abgebildet.
Ökonomische Perspektive(n) (einzelwirtschaftlich / gesamtwirtschaftlich, Entscheider, Nutzer)	Gesamtwirtschaftlich.
Rolle von Unsicherheit, Diskontierung und Erwartungsbildung	Die Abbildung von Unsicherheit und Diskontierung wird nicht gesondert thematisiert. Erwartungen der Unternehmen über den zukünftigen Output gehen als exogene Größe in die Investitionsentscheidungen der Unternehmen bzw. Sektoren als repräsentative Unternehmen ein
Sensitivitätsanalysen	Vgl. untersuchte Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente
Berücksichtigte Verhaltensänderungen	Keine
<b>Kosten und Nutzen</b>	

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politiksznarien**

Erfassung von Kosten und Nutzen	Nein		
Technikkosten: Investitions-, Innovations- und Diffusionszyklus von Klimaschutzmaßnahmen	Nicht explizit. In den eingesetzten Modellen teilweise enthalten.		
Lebenszyklusbetrachtung	Nein		
Abgrenzung der Kosten einzelner Instrumente und Berücksichtigung möglicher Doppelzählungen	Nein		
Berücksichtigte Kostenkategorien	Direkt werden nur CO <sub>2</sub> -Preise berücksichtigt. Die Teilmodelle zum Energiemarkt berücksichtigen Stromgestehungskosten etc.		
Berücksichtigung von externen Kosten und Nutzen des Klimaschutzes	Nein		
<b>Ergebnisse</b>			
Gesamtwirtschaftliche Bewertung	Die gesamtwirtschaftlichen Effekte sind leicht negativ (BIP). Die Auswirkungen auf dem Arbeitsmarkt können durch eine Ökosteuer im Nicht-ETS Sektor und die Verwendung des Steueraufkommens zur Senkung von Arbeitskosten ins Positive gewendet werden, ansonsten sind sie leicht negativ.		
Verteilungswirkungen			
Einordnung der Ergebnisse			
Zentrale Ergebnisse	Über den betrachteten 40 Jahre Zeitraum werden Energieausgaben zunehmend durch Investitionen ersetzt und entwickeln so ein neues Profil von Be- und Entlastungen. Langfristig werden die Investitionen durch die Energieeinsparung kompensiert. Die notwendigen Investitionen machen 270 Mrd. € jährlich oder 1,5% des BIP über den gesamten Zeitraum aus.		
<b>Szenarien (bei vielen Szenarien sind hier zentrale Varianten ausgewählt)</b>	<b>Globale Baseline</b>	<b>Fragmentiertes Vorgehen</b>	<b>Globales Vorgehen</b>
Beschreibung	EU implementiert das Energie- und Klimapaket und weiter geschieht nichts.	EU erreicht Reduktion wie im globalen Vorgehen, alle anderen Länder erfüllen den unteren Rand der Copenhagen Pledges	Internationale ehrgeizige Strategie mit Reduktion um 50% bis 2050 gegenüber 1990.
Energiepreispfade (Preise real, d.h. in heutigen Preisen, sonst hervorgehoben)	Energiepreise etwa in Anlehnung an WEO 2011; CO <sub>2</sub> -(Zertifikats)Preis: 16,5 €/t in 2020 50 €/t in 2050	Globales Vorgehen reduziert die Energiepreise; CO <sub>2</sub> -Preis: 25 €/t in 2020 190 €/t in 2050	Globales Vorgehen reduziert die Energiepreise; CO <sub>2</sub> -Preis: 25 €/t in 2020 147 €/t in 2050
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen	Siehe oben, dienen zur Spezifikation der Szenarien.	Siehe oben, dienen zur Spezifikation der Szenarien.	Siehe oben, dienen zur Spezifikation der Szenarien.

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien**

Zentrale ökonomische Ergebnisse			
BIP		Bis 2020: 1% niedriger als Referenz. Bis 2030: 2% niedriger als Referenz.	k.A.
Beschäftigung		Je nach Umverteilung: bei Ökosteuer und doppelter Dividende leicht positive Effekte.	k.A.
Investitionen		270 Mrd. €/a	270 Mrd. €/a

PIK-Studie (Jaeger et al. 2011)

<b>Allgemeines</b>	
Quelle	Jaeger et al. (2011): A new growth path for Europe, Potsdam <a href="http://www.newgrowthpath.eu/wp-content/uploads/2011/06/A_New_Growth_Path_for_Europe_Final_Report.pdf">http://www.newgrowthpath.eu/wp-content/uploads/2011/06/A_New_Growth_Path_for_Europe_Final_Report.pdf</a>
Auftraggeber	BMU
Bearbeiter	PIK Potsdam, Oxford University, E3M-Lab, Universität Sorbonne, ECF
Zielsetzung	Modellierung der Effekte einer Verschärfung der EU-Klimaziele von 20% THG-Minderung bis 2020 auf 30%. Dazu ist die Erreichung eines neuen Wachstumspfad es möglich, wenn die Politik hierfür die richtigen Rahmenbedingungen setzt.
Zeithorizont	Bis 2020, Lösung des Modells in 5-Jahresschritten.
Räumliche Abgrenzung	EU
<b>Methodik</b>	
Analyseansatz, verwendete Methode	GEM-E3: Computable General Equilibrium model (CGE); im Rahmen der Studie ist das Modell um learning-by-doing Mechanismen und „halb-endogene“ Energieeffizienzsteigerungen erweitert worden.
Kritische Einordnung der verwendeten Methode	CGE-Modell: Das Grundmodell basiert auf der neoklassischen Gleichgewichtstheorie. Neben den von Jaeger et al. (2011, S.15) selbst aufgeführten „limits of CGE modelling“ gibt es eine ganze Reihe von kritischen Punkten: Unternehmen maximieren ihre Gewinne, Haushalte ihren Nutzen bei vollkommener Voraussicht, vollständige Konkurrenz (was für die Strommärkte besonders zweifelhaft ist, wegen der hohen Konzentration und Regulierungsdichte), Kalibrierung auf Daten eines (recht weit in der Vergangenheit liegenden) Jahres, Armington-Hypothese für den Außenhandel, Vorgabe einheitlicher Elastizitäten für verschiedene Länder, marginale Vermeidungskosten; (Umwelt-) Beschränkungen führen in einer optimalen Welt per Definition zu Preissteigerungen und Produktionsverlusten. Beschränkende (Umwelt)politik führt in diesen Modellen zwingend zu BIP-Verlusten. Im Zuge der Finanzkrise zweifelt eine zunehmende Zahl von Ökonomen an den in den CGE-Modellen hinterlegten Grundzusammenhängen, die dauerhafte Arbeitslosigkeit, langanhaltende Handelsbilanzungleichgewichte, Hemmnisse bei Energieeffizienzmaßnahmen oder Fehlfunktionen auf den Kapitalmärkten ausschließen. Jaeger et al. stehen dem Ansatz ebenfalls kritisch gegenüber und führen deshalb die Modellerweiterungen ein.
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente	Alle Politiksznarien: CO2-Preis: Vollauktionierung der Zertifikate im Rahmen des ETS und CO2-Steuer in den übrigen Bereichen. M30a: Keine über das Business-as-usual (BaU) hinausgehende Maßnahmen bei der Energieeffizienz. M30b: Verdopplung der Energieeffizienzmaßnahmen geg. BaU M30c: wie M30a,; zusätzlich Aktivierung des „learning by doing“ Moduls und exogene Erhöhung der Produktionserwartungen und damit der Investitionen der Unternehmen.

Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerien

	M30d: M30b + M30c Green growth: M30d plus unterstellter Regimewechsel auf dem Arbeitsmarkt
Ökonomische Perspektive(n) (einzelwirtschaftlich / gesamtwirtschaftlich, Entscheider, Nutzer)	Gesamtwirtschaftlich.
Rolle von Unsicherheit, Diskontierung und Erwartungsbildung	Die Abbildung von Unsicherheit und Diskontierung wird nicht gesondert thematisiert. Erwartungen der Unternehmen über den zukünftigen Output gehen als exogene Größe in die Investitionsentscheidungen der Unternehmen bzw. Sektoren als repräsentative Unternehmen ein. Im Szenario M30c (und auch im green growth Szenario) wird diese Erwartungsgröße um einen bestimmten Prozentsatz exogen angehoben.
Sensitivitätsanalysen	Vgl. untersuchte Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente
Berücksichtigte Verhaltensänderungen	Die Szenarioschritte M30b (Verdopplung der Energieeffizienz), M30c (learning by doing und höhere Produktionserwartungen und damit Investitionen) und green growth (Regimewechsel auf dem Arbeitsmarkt; leichtere Einstellung bisher Arbeitsloser) basieren auf exogen vorgegebenen Verhaltensänderungen.
<b>Kosten und Nutzen</b>	
Erfassung von Kosten und Nutzen	In den Kategorien der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen; Kosten über das Jahr 2020 hinaus und weitergehende Nutzen nicht berücksichtigt.
Technikkosten: Investitions-, Innovations- und Diffusionszyklus von Klimaschutzmaßnahmen	THG-Vermeidungskostenkurven für die Jahre 2010 und 2020 für einzelne Weltregionen (u.a. EU-15, Eastern Europe) sind im Modell hinterlegt (Quelle: EPA-Bericht aus dem Jahr 2005)
Lebenszyklusbetrachtung	Nein (Betrachtung der 5-Jahresscheiben).
Abgrenzung der Kosten einzelner Instrumente und Berücksichtigung möglicher Doppelzählungen	Nein
Berücksichtigte Kostenkategorien	Grundsätzlich sind Kosten der Produktionsfaktoren (Arbeit, Kapital, Energie) für einzelne Sektoren und auch explizit für 8 Stromerzeugungstechnologien (Kohle, Öl, Gas, Kernenergie, Wasserkraft, Biomasse, Wind, PV) berücksichtigt (S. 60). THG-Vermeidungskosten für 17 Aktivitäten/Luftschadstoffe (S. 68)
Berücksichtigung von externen Kosten und Nutzen des Klimaschutzes	Nein

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien**

<b>Ergebnisse</b>			
Gesamtwirtschaftliche Bewertung	Die gesamtwirtschaftlichen Effekte des green growth-Szenarios sind sehr positiv: Die höheren Investitionen treiben das Wachstum und reduzieren die Arbeitslosigkeit.		
Verteilungswirkungen	EU: Auf sektoraler Ebene profitieren sehr stark die Bauwirtschaft und überdurchschnittlich die Industrie. Die Produktion aller Sektoren einschließlich Energie steigt geg. BaU an. Auf Länderebene liegt der BIP-Zuwachs im Jahr 2020 im Vergleich zum BaU zwischen 0% (Bulgarien, Malta) und 11,4% (Rumänien). Der Zuwachs für die großen Volkswirtschaften liegt eng zusammen in einem Bereich von 5% bis 7% (DE: 6,5%).		
Einordnung der Ergebnisse	Während das Szenario M30a leicht negative gesamtwirtschaftliche Effekte liefert, werden die positiven Effekte des green growth-Szenarios weitestgehend durch die Annahmen in M30c und den Regimewechsel auf dem Arbeitsmarkt bestimmt. Vor diesem Hintergrund ist die Einschätzung der dazu getroffenen Annahmen entscheidend für die Einordnung der Ergebnisse.		
Zentrale Ergebnisse	Kapitel 9 (S. 79-89) sehr positive gesamtwirtschaftliche Effekte. EU-Emissionsminderung von 30% wird erreicht. Höheres Wirtschaftswachstum und niedrigere THG-Emissionen verstärken sich wechselseitig.		
<b>Szenarien (bei vielen Szenarien sind hier zentrale Varianten ausgewählt)</b>	<b>Business-as-usual (BaU)</b>	<b>Szenario M30a</b>	<b>Green growth</b>
Beschreibung	EU-THG-Minderung um 20%; 20-22-20-Ziele werden erreicht (vgl. S. 73 zu wesentlichen Annahmen)	THG-Minderung um 30% (S.73-74)	THG-Minderung um 30%; Annahmen zu zusätzlichen Effizienzmaßnahmen, höheren Investitionen, learning by doing, Regimewechsel auf dem Arbeitsmarkt.
Energiepreispfade (Preise real, d.h. in heutigen Preisen, sonst hervorgehoben)	CO2-(Zertifikats)Preis in der Referenz auf 1990 EUR/t in 2020 ansteigend	CO2-Preis um 50 EUR/t in 2020 höher als in BaU, d.h. 69 EUR/t	CO2-Preis: 32 EUR/t in 2020
Untersuchte Klimaschutzmaßnahmen	20-20-20 Ziele werden erreicht	CO2-Preis und Verdopplung der Energieeffizienzmaßnahmen	Zusätzlich zu M30a modellendogen höhere THG-Vermeidungsmaßnahmen
Berücksichtigung Verhaltensänderungen			Höhere Investitionen, learning by doing, Regimewechsel auf dem Arbeitsmarkt
THG-Einsparungen (gegen 1990/Referenz)	-20% in 2020 (EU); EU: 4414 Mt; DE: 880 Mt	-30% in 2020	-30% in 2020; EU: 3927 Mt; DE: 743 Mt
<b>Zentrale ökonomische Ergebnisse</b>			

**Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien**

BIP	EU: 2,18% p.a. von 2010-2020	-0,60% geg. BaU in 2020;	+5,77% geg. BaU in 2020;
Beschäftigung	EU: 0,75% p.a. von 2010-2020	-0,33% geg. BaU in 2020;	+6 Mio. geg. BaU in 2020
Investitionen	EU: 2,13% p.a. von 2010-2020		+28,8% geg. BaU in 2020;

## 9 Quellenverzeichnis

- Barker, T., Lutz, C., Meyer, B., Pollitt, H. & Speck, S. (2011): Modelling an ETR for Europe. In: Ekins, P. & Speck, S. [ed.]: Environmental Tax Reform (ETR) - A Policy for Green Growth, Oxford University Press, New York, pp. 204-235.
- BMU (2012): GreenTech made in Germany 3.0. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland, Berlin.
- BMWi, BMU (2012): Erster Monitoring-Bericht „Energie der Zukunft“, Berlin.
- Centre for Strategy and Evaluation Services (CSES) Oxford Research (2012): Evaluation of the Ecodesign Directive (2009/125/EC), Final Report. Sevenoaks.
- DLR, IWES, IfnE (2011): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global, Studie im Auftrag des BMU. Dieselben Autoren auch Leitstudie 2008, 2009, 2010.
- Diekmann, J. (2010): Besteuerung von Strom aus erneuerbaren Energien, Zwischenbericht im Rahmen des Vorhabens: Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse von Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmemarkt.
- DG Climate (2011): Communication from the Commission to the European Parliament, the council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, {COM(2011) 112 final}, {SEC(2011) 289 final}
- DG Energy (2012): Analysis of options beyond 20% GHG emission reductions: Member State results, SWD(2012) 5 final.
- DG Energy (2011): Impact assessment im Rahmen der Energy Roadmap 2050.
- DG TREN (2008): European Energy and Transport. Trends to 2030 - update 2007, Luxembourg.
- DG TREN (2010): EU Energy Trends to 2030 - update 2009, Luxembourg.
- ECF Roadmap [McKinsey & Company; KEMA; The Energy Futures Lab at Imperial College London; Oxford Economics and the ECF] (2010): ROADMAP 2050 A PRACTICAL GUIDE TO A PROSPEROUS, LOW-CARBON EUROPE. Volume 1 - Technical and Economic Analysis, <http://www.roadmap2050.eu/>.
- Ecofys, FhG-ISI (2009), Quantification of the effects on greenhouse gas emissions of policies and measures, ENV.C.1/SER/2007/0019.
- Environmental Protection Agency (EPA) (2012): Preliminary Draft Global Mitigation of Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gases Report (March 2012) <http://www.epa.gov/climatechange/economics/international.html>
- EU-Kommission (2008): Proposal for a Decision of the European Parliament and of the Council on the effort of Member States to reduce their greenhouse gas emissions to meet the Community's greenhouse gas emission reduction commitments up to 2020, January 23, Brussels.
- EU-Kommission (2011): COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT IMPACT ASSESSMENT Accompanying document to the COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE

## Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien

EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 {COM(2011) 112 final} {SEC(2011) 289 final}, Brüssel.

EWI, Prognos (2005): Energiereport IV, Referenzprognose im Auftrag des BMWA, Köln, Basel, Berlin.

EWI, Prognos (2006): Auswirkungen höherer Ölpreise auf Energieangebot und -nachfrage. Ölpreisvariante der Energiewirtschaftlichen Referenzprognosen 2030. Im Auftrag des BMWi.

Exxonmobil (2012): The Outlook for Energy: A View to 2040. Irving.  
[http://www.exxonmobil.com/Corporate/files/news\\_pub\\_eo.pdf](http://www.exxonmobil.com/Corporate/files/news_pub_eo.pdf)

Forum für Energiemodelle [Hrsg.] (1999): Energiemodelle zum Klimaschutz in Deutschland. Strukturelle und gesamtwirtschaftliche Auswirkungen aus nationaler Perspektive, Heidelberg.

Endbericht der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE) zum Projekt: CO<sub>2</sub>-Verminderung in Deutschland Teil I - Methodik und Zusammenfassung, München.

Greenpeace (2010): W. Krewitt, S. Teske, T. Pregger, T. Naegler, S. Simon, W. Graus, E. Blomen et al.: „Energy [R]evolution – a Sustainable World Energy Outlook.“ Untersuchung im Auftrag von Greenpeace Int. und des European Renewable Energy Council (EREC); DLR Stuttgart, Ecofys Utrecht, 3rd Edition Juni 2010.

Handmer, J., Y. Honda, Z.W. Kundzewicz, N. Arnell, G. Benito, J. Hatfield, I.F. Mohamed, P. Peduzzi, S. Wu, B. Sherstyukov, K. Takahashi, and Z. Yan, 2012: Changes in impacts of climate extremes: human systems and ecosystems. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 231-290.

Hansen, P. (2013), Pahle, M. (2013), Beitrag zum Workshop „Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien“, <http://www.gws-os.com/de/content/view/1011>

IEA (2009): World Energy Outlook, Paris.

IEA (2010): World Energy Outlook, Paris.

IEA (2011): World Energy Outlook, Paris.

IEA (2010): Energy Technology Perspectives 2010, Paris.

IER, RWI, ZEW (2010): Die Entwicklung der Energiemärkte bis 2030. Energieprognose 2009. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Stuttgart, Essen, Mannheim.

Ifeu, Fraunhofer ISI, Prognos, GWS et al. (2011): Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative. Endbericht des Projektes „Wissenschaftliche Begleitforschung zu übergreifenden technischen, ökologischen, ökonomischen und strategischen Aspekten des

## Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien

nationalen Teils der Klimaschutzinitiative“, Heidelberg, Karlsruhe, Berlin, Osnabrück, Freiburg.

InWIS Forschung & Beratung GmbH (2011), Wege aus dem Vermieter-Mieter-Dilemma, Konzeptstudie im Auftrag des GdW – Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V.

Ifo-Institut, FEE (2012): „Die Zukunft der Energiemärkte – ökonomische Analyse und Bewertung von Potentialen und Handlungsmöglichkeiten“ Ifo Forschungsbericht 57, München

IPCC (1995): Second Assessment Report: Climate Change. Download:

[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml#.T6FJDViBlJ](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#.T6FJDViBlJ)

IPCC (2005): Guidance Notes for Lead Authors of the IPCC Fourth Assessment Report on Addressing Uncertainties

IPCC (2007): IPCC Fourth Assessment Report, Working Group III. Summary for Policymakers. Download: <http://www.ipcc.ch/SPM040507.pdf>.

IPCC (2012): Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.

ISI, Ecofys, EEG, Rütter + Partner Socioeconomic Research + Consulting, LEI, SEURECO (2009): EMPLOY-RES. Employment and growth impacts of sustainable energies in the European Union, Karlsruhe.

ISI, GWS, IZES, DIW (2011): Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse von Kosten und Nutzenwirkungen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien im Strom- und Wärmemarkt.

ISI, Ecofys, Ökoinstitut (2012a): Kosten-/Nutzen-Analyse der Einführung marktorientierter Instrumente zur Realisierung von Endenergieeinsparungen in Deutschland Endbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMW), Karlsruhe, Freiburg, Berlin.

ISI, Öko-Institut, Forschungszentrum Jülich, IREES GmbH, Dr. Ziesing (2012b): Ermittlung der Klimaschutzwirkung des Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramms der Bundesregierung IEKP und Vorschlag für ein Konzept zur kontinuierlichen Überprüfung der Klimaschutzwirkung des IEKP Arbeitspaket 2: Entwicklung eines Monitoringkonzepts für das Integrierte Energie- und Klimaschutzprogramm (IEKP), im Auftrag des Umweltbundesamtes, Climate Change 02/2012, Karlsruhe, Berlin, Jülich.

Jäger, C. et al. (2011): A new growth path for Europe: Generating prosperity and jobs in the low-carbon economy. Studie im Auftrag des BMU, Potsdam.

Jochem, E., Jäger, C. et al. (2008): Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Potsdam.

Koch, M., Harnisch, J., Blok, K. (2003): Systematische Analyse der Eigenschaft von Energiemodellen im Hinblick auf ihre Eignung für möglichst praktische Politik-Beratung zur Fortentwicklung der Klimaschutzstrategie. Climate Change 02/03, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Köln.

Kuckshinrichs, W., Hansen, P., Kronenberg, T. (2009): Gesamtwirtschaftliche CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten der energetischen Gebäudesanierung und Kosten der Förderung für den Bundeshaushalt im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms.

## Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien

- Lehr, U. (1998): Bewertung vor Gericht, Beitrag in Lagemann, B. Löbke, K., Schrupf, H. (Hrsg.) Wirtschaftlicher Strukturwandel und Wirtschaftspolitik auf dem Wege in die wissensbasierte Ökonomie, RWI-Mitteilungen 53, Heft 1-4, S. 361 ff.
- Lehr, U. (2005): Contingent valuation Daten und Bayes'sche Verfahren, Hohenheimer volkswirtschaftliche Schriften, Bd. 55.
- Löschel, A., Erdmann, G. Staiß, F., Ziesing, H.-J. (2012): Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ Stellungnahme zum ersten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2011 Berlin, Mannheim, Stuttgart.
- Lutz, C., Lehr, U., Ulrich, P. & Schlesinger, M. (2012): Analyse der gesamtwirtschaftlichen Effekte des Energiemarktes. GWS Discussion Paper 12/7, Osnabrück.
- Matthes, F., Gores, S., Graichen, V., O. Harthan, R., Markewitz, P., Hansen, P., Kleemann, M., Krey, J., Martinsen, D., Jochen Diekmann; Manfred Horn; Hans-Joachim Ziesing; Wolfgang Eichhammer; Claus Doll; Nicki Helfrich; Luisa Müller; Wolfgang Schade; Barbara Schlomann, Politikszenerarien für den Klimaschutz IV - Szenarien bis 2030, Climate Change Nr. 01/2008.
- Matthes, F., Gores, S., O. Harthan, R., Mohr, L., Penninger, G., Markewitz, P., Hansen, P., Martinsen, D., Diekmann, J., Horn, M., Eichhammer, W., Fleiter, T., Köhler, J., Schade, W., Schlomann, B., Sensfuß, F., Ziesing, H.-J. (2009): Politikszenerarien für den Klimaschutz V – auf dem Weg zum Strukturwandel – Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030.
- Matthes, F., Busche, J., Döring, U., Emele, L., Gores, S., Harthan, R., Hermann, H., Jörß, W., Loreck, C., Scheffler, M., Hansen, P., Diekmann, J., Horn, M., Eichhammer, W., Elsland, R., Fleiter, T., Schade, W., Schlomann, B., Sensfuß, F., Ziesing, H. (2013) [Öko-Institut et al. 2013]: Politikszenerarien für den Klimaschutz VI - Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030, Climate Change Nr. 04/2013, Dessau-Roßlau.  
<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/politikszenerarien-fuer-den-klimaschutz-vi>
- McKinsey & Company (2009): Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland – Aktualisierte Energieszenarien und –sensitivitäten, März 2009.
- McKinsey & Company (2007): Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland, September 2007.
- Mendelsohn, Robert O. 2007. “A Critique of the Stern Report.” Regulation, 29(4): 40–47.
- Nakicenovic N, Swart R (eds). (2000): Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York.
- New Energy Finance, UNEP (2011): Global Trends in Renewable Energy Investment, Analysis of Trends and Issues in the Financing of Renewable Energy.
- Nordhaus, William D. 2007. “A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change.” Journal of Economic Literature, 45(3): 686–702.
- Pahle, M. (2013), Beitrag zum Workshop “ Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und –instrumenten verschiedener Politikszenerarien“, <http://www.gws-os.com/de/content/view/1011>

## **Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerien**

- Portney, P. R. (1994): The contingent valuation debate: Why economists should care, *Journal of Economic Perspectives* 8, 3-17.
- Prognos (2011): Volkswirtschaftliche Bewertung der EnEV 2009, Abschlussbericht. Berlin, Basel.
- Prognos, EWI, GWS (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Studie im Auftrag des BMWi, Basel, Köln, Osnabrück.
- Prognos, EWI, GWS (2011): Energieszenarien 2011. Studie im Auftrag des BMWi, Basel, Köln, Osnabrück.
- Radov, Daniel; Klevnas, Per; Skurray, James (2007): Market Mechanisms for Reducing GHG Emissions from Agriculture, Forestry and Land Management, Studie von NERA für DEFRA,
- Rutowitz, J., Atherton, A. (2009), Energy sector jobs to 2030: A global analysis, Study commissioned by Greenpeace and EREC.
- Schulz, W. F. (1991): Das Forschungsschwerpunktprogramm "Kosten der Umweltverschmutzung/Nutzen des Umweltschutzes", Broschüre für das Bundesumweltministerium
- Schwarz, W., Gschrey, B., Leisewitz, A. (Öko-Recherche GmbH), Herold, A., Gores, S. (Öko-Institut e.V.), Papst, I., Usinger, J., Oppelt, D., Croiset, I. (HEAT International GmbH), Pedersen, P.H., (Danish Technological Institute), Colbourne, D. (Re-phridge), Kauffeld, M. (Karlsruhe University of Applied Sciences), Kaar, K. (Estonian Environmental Research Centre), Lindborg, A. (Ammonia Partnership) (2011): Preparatory study for a review of Regulation (EC) No 842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases. Final Report Prepared for the European Commission in the context of Service Contract No 070307/2009/548866/SER/C4, September 2011.
- SKM Enviros (2012): Further Assessment of Policy Options for the Management and Destruction of Banks of ODS and F-Gases in the EU. FINAL REPORT. Revised Version 2 (March 2012). European Commission Service Contract Number: 070307/2010/576660/SER/CLIMA.C.2, London.
- Stern, N. (2007): The Economics of Climate Change: The Stern Report. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tol, R.S. (2006), The Stern review of the economic costs of climate change: a comment October 30, 2006.
- UBA (2007): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden – Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten, Dessau.
- UBA (2008): Wirtschaftlicher Nutzen des Klimaschutzes, Climate Change 14/08.
- UBA (2009) [Schade, W. et al.]: Gesamtwirtschaftliche Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen in den Bereichen Gebäude, Unternehmen und Verkehr. Dessau-Roßlau. Climate Change 08/09.
- UBA (2011a): Statusbericht zur Umsetzung des Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramms der Bundesregierung. Climate Change 06/2011. Dessau-Roßlau.
- UBA (2011b): Post2012 climate regime options for global GHG emission reduction Analysis and evaluation of regime options and reduction potential for achieving the 2° degree target with

## **Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien**

respect to environmental effectiveness, costs and institutional aspects. Climate Change 16/2011. Dessau-Roßlau.

UBA (2013), Workshop "Volkswirtschaftliche Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten verschiedener Politikszenerarien", <http://www.gws-os.com/de/content/view/1011>

UNFCCC Klimarahmenkonvention

[http://unfccc.int/key\\_documents/the\\_convention/items/2853.php](http://unfccc.int/key_documents/the_convention/items/2853.php)

UNFCCC (1992):

[http://unfccc.int/files/meetings/doha\\_nov\\_2012/decisions/application/pdf/cop18\\_agreed\\_outcome.pdf](http://unfccc.int/files/meetings/doha_nov_2012/decisions/application/pdf/cop18_agreed_outcome.pdf)

U.S. Energy Information Administration [EIA] (2011): International Energy Outlook 2011.

Van Vuuren D, JA Edmonds, M Kainuma, K Riahi, AM Thomson, KA Hibbard, G Hurtt, T Kram, V Krey, JF Lamarque, T Masui, M Meinhausen, N Nakicenovic, SJ Smith, and SK Rose. 2011. "The Representative Concentration Pathways: An Overview." Climatic Change 109(1-2):5-31.

Weitzmann, M. (2007), A Review of The Stern Review on the Economics of Climate Change, Journal of Economic Literature, Vol. XLV (September 2007), 703-724.

Ziesing, H.-J., Markewitz, P., Schlomann, B., Matthes, F.C. (2005): Klimaschutz in Deutschland bis 2030 - Politikszenerarien III, Endbericht zum Forschungsvorhaben Politikszenerarien III.