Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland

Studie im Auftrag des
Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Endbericht
Potsdam, 25. Juli 2008

E. Jochem*, C. Jaeger[#,Δ], A. Battaglini[#, Δ], H. Bradke*, C. Cremer*, W. Eichhammer*, H- Förster[#], A. Haas[#], E. Henning[Δ], F. Idrissova[¤], B. Kasper°, J. Köhler*, D. Köwener[¤], J. Krause[#], W. Lass[#], J. Lilliestam[#], W. Mannsbart*, M. Müller[Δ], F. Meißner[#], B. Pflüger*, P. Radgen*, M. Ragwitz*, M. Rauschen°, F. Reitze[¤], L. Riffeser[¤], K. Saure[Δ], W. Schade*, F. Sensfuss*, F. Toro[¤], R. Walz*, M. Wietschel*

[¤] BSR-Sustainability

[Δ] European Climate Forum (ECF)

* Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

° Öko-Zentrum NRW

[#] Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

EXECUTIVE SUMMARY 4

1 PROBLEMSTELLUNG 6

2 DER ÖKOLOGISCHE UMBAU DES KAPITALSTOCKS 8

3 EINE STRATEGIE FÜR WACHSTUM, BESCHÄFTIGUNG UND KLIMASCHUTZ 16

3.1 MAßNAHMEN DES MESEBERG-PROGRAMMS: WIRKUNGEN AUF ENERGIEBEDARF, EMISSIONEN UND INVESTITIONEN 17

3.2 TREIBHAUSGAS-MINDERUNGEN UND INDUZIERTE INVESTITIONEN VON MAßNAHMEN ZUSÄTZLICH ZUM MESEBERG-PROGRAMM 21

3.3 WIRKUNGEN AUF WIRTSCHAFTSWACHSTUM, KONSUM UND BESCHÄFTIGUNG 25

4 INNOVATIONEN FÜR DEN KLIMASCHUTZ: DER BLICK ÜBER 2030 HINAUS 34

5 LEUCHTTURMPROJEKTE 41

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN 44

Executive Summary

Der fortschreitende Klimawandel, die Verknappung fossiler Ressourcen sowie die Preisfluktuationen für fossile Energieträger sind zentrale Herausforderungen dieses Jahrhunderts. Um diese Herausforderungen zu meistern, ist global ein wesentlich energieeffizienteres und emissionsärmeres Wirtschaften nötig. Damit einhergehend muss die entsprechende Umstrukturierung des weltweiten Kapitalstocks erfolgen. Nur so kann der Energiebedarf aus erneuerbaren Ressourcen gedeckt und die notwendige Minderung der Treibhausgas-Emissionen erreicht werden.

Die Bundesregierung hat durch die Kombination von Emissionshandel und Meseberg-Programm mit seinen sektor- und technologiespezifischen Maßnahmen ein bemerkenswertes klimapolitisches Instrumentarium ins Leben gerufen. Das Meseberg-Programm dürfte in der bisher konkretisierten Form zu Treibhausgasemissionsminderungen von gut 34% bis zum Jahr 2020 führen. Die zum 40%-Ziel verbleibenden sechs Prozentpunkte sind durch die Umsetzung weiterer Maßnahmen zu moderaten Vermeidungskosten in allen Sektoren der Wirtschaft erreichbar.

Angesichts der hohen technischen Fortschritte im Energiebereich, der hohen Primärenergiepreise und des Nachholbedarfs an Investitionen in Deutschland ist jetzt der richtige Zeitpunkt für eine Investitions-Offensive. Das Meseberg-Programm bietet eine wichtige Grundlage zur ökologischen Umstrukturierung des Kapitalstocks in Deutschland. Bei geeigneter Umsetzung und mittels einiger ergänzender Maßnahmen kann das Meseberg-Paket einen vierfachen Erfolg erzielen:

1. Die Realisierung eines ambitionierten klimapolitischen Zieles bis 2020 und weiterer langfristiger Ziele im Sinne einer nachhaltigen klima- und energieeffizienten Wirtschaftsstruktur;
2. eine über Jahrzehnte anhaltende Steigerung der Nettoinvestitionen um über 30 Mrd. € pro Jahr ab Mitte des kommenden Jahrzehnts;
3. eine ebenfalls langfristige Steigerung des Bruttoinlandsprodukts um mindestens 70 Mrd. € jährlich;
4. und die Schaffung von mindestens 500 000 Arbeitsplätzen bis zum Jahre 2020.

Fast alle Investitionen und organisatorischen Maßnahmen zur effizienteren Nutzung von Energie sind grundsätzlich rentabel, aber durch vielfältige Marktdefizite und Koordinationsprobleme derzeit blockiert. Der Ausbau der erneuerbaren Energien und – sofern sie sich bewährt – die Rückhaltung und Speicherung von CO_2 sind in der ersten Umsetzung hingegen häufig mit Zusatzkosten verbunden. Die Beiträge dieser Maßnahmen zur Verminderung von Klimarisiken, die Kostensenkungspotentiale dieser neuen Technologien und die Stärkung der exportierenden Wirtschaft als „First Mover" auf den Weltmärkten rechtfertigen aber trotzdem eine schnell steigende Nutzung auch dieser beiden Optionen.

Die Potentiale einer Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz einerseits und der erneuerbaren Energien andererseits werden auch im Jahr 2030 noch lange nicht ausgeschöpft sein. Vielmehr eröffnen sie bis weit in die zweite Hälfte dieses Jahrhunderts den Weg zu einer nachhaltigen und global tragfähigen Industriegesellschaft mit weltweiter Dimension für eine Bevölkerung von rund 9 Mrd. Menschen. Forschung und Entwicklung auf der gesamten Breite der Technologien zur Energienutzung und -umwandlung, aber auch zur Materialeffizienz und zu unternehmerischen Innovationen, haben dabei eine herausragende Bedeutung.

Dieses Dokument und der Endbericht dieser Studie sind unter http://www.kliminvest.net/download.html als PDF-Dokument verfügbar.

1 Problemstellung

Die Debatte um die zukünftige Klimapolitik ist zunehmend auch eine ökonomische Diskussion. Spätestens seit der Veröffentlichung des *Stern-Reports* „The Economics of Climate Change“ durch die britische Regierung im Jahr 2006 ist deutlich geworden, dass Klimaschutz nicht nur als umweltpolitische Notwendigkeit, sondern auch als wirtschaftlich sinnvolle Investition in die Zukunft gesehen werden kann (Stern 2006)[1]. Diese Sicht wird durch den 2007 erschienenen 4. Sachstandsbericht des IPCC unterstützt (IPCC 2007).

Der Stern-Report und der IPCC-Bericht fokussieren die ökonomische Analyse auf hochaggregierte Gesamtbetrachtungen, die noch weit von den Herausforderungen der praktischen Umsetzung entfernt bleiben. Mit den europäischen Beschlüssen vom März 2007 und dem in der Folge beschlossenen *Integrierten Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung* vom August 2007 (auch: „Meseberg-Programm“) liegt nun jedoch für Deutschland ein umfassendes klimapolitisches Instrumentarium vor, das sich derzeit im parlamentarischen Verfahren befindet und ab 2009 Wirkung erzielen wird.

Das von der Bundesregierung auf ihrer Kabinettsklausur in Meseberg in beschlossene *Integrierte Energie- und Klimaschutz-Programm* (IEKP) definiert folgende Ziele für 2020:

- die Reduktion der deutschen Treibhausgasemissionen um 40% gegenüber 1990,
- einen Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung von 25-30%,
- einen Anteil von 14% erneuerbarer Energien an der Wärmeerzeugung,
- den Ausbau der Biokraftstoffe, um die Kraftstoffemissionen um 10% zu senken (entspricht einem Biokraftstoffanteil von bis zu 17%),
- die Verdoppelung der Energieproduktivität gegenüber 1990.

---

[1] Ein ausführliches Literaturverzeichnis und ein Abkürzungsverzeichnis finden sich in dem Endbericht „Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland“ auf www.kliminvest.net/downloads.html.

Um diese Ziele zu erreichen, umfasst das Meseberg-Paket ein 29-Punkte-Programm, das in Ergänzung zum Emissionshandel und anderen bereits bestehenden sektoralen Maßnahmen wirken soll. Mit diesem Paket erweise sich Deutschland als Pionier der internationalen Klimapolitik, erklärte John Ashton, Klimabotschafter der britischen Regierung (Der Tagesspiegel 2008).

In dieser transdisziplinären Studie im Auftrag des Bundesumweltministeriums wird zum ersten Mal ein solches Maßnahmenpaket sowohl auf seine ökologischen, ökonomischen und gesamtwirtschaftlichen Wirkungen hin untersucht als auch einer integrierten Beurteilung unterzogen. Die Studie konnte dabei auf Arbeiten, die im vergangenen Jahr von verschiedenen Autoren durchgeführt wurden, zurückgreifen (insbesondere UBA 2007b; McKinsey 2007; Fraunhofer-ISI et al. 2008a; 2008b).

2 Der ökologische Umbau des Kapitalstocks

Eine moderne Volkswirtschaft auf einen klimafreundlichen Entwicklungspfad zu lenken, ist eine große Herausforderung. Der Kapitalstock der deutschen Wirtschaft hat einen Wert von rund 7 Billionen €. Dies entspricht knapp dem Dreifachen des deutschen Sozialprodukts. Ein großer Teil dieses Kapitalstocks wird im Laufe der nächsten 10-15 Jahre erneuert werden müssen. Dies muss so erfolgen, dass er in Zukunft mit deutlich weniger und emissionsärmerer Energie gewinnbringend genutzt werden kann; hierbei sind die langfristigen Vorteile der erneuerbaren Quellen besonders zu beachten. Die verminderte Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen setzt zusätzliche Investitionen und neue Technologien voraus. Deshalb wird die Umsetzung des Meseberg-Programms einen erheblichen Investitionsschub für die deutsche Wirtschaft bedeuten, aber auch neue Exportpotentiale zur Lösung globaler Herausforderungen eröffnen.

Natürlich lassen sich solche Entwicklungen und ihre Auswirkungen nicht Jahrzehnte im Voraus genau prognostizieren. Die vorliegende Studie benutzt Zahlen und Rechnungen daher in erster Linie, um Größenordnungen der Wirkungen des Meseberg-Programms und weiterer Maßnahmen abzuschätzen. In diesem Abschnitt stellen wir zuerst die gegenwärtige Struktur von Kapitalstock und Investitionen dar, zeigen danach, dass die deutsche Investitionsschwäche das Wirtschaftswachstum mindert und eine Erneuerung dieses Kapitalstocks erschwert und schließlich, dass angesichts der Energiepreisentwicklung eine kluge Klima- und Energiepolitik einen ökologischen Innovationsschub auslösen kann.

Tabelle 2-1: Struktur des deutschen Kapitalstocks (2005) nach Vermögensarten, Billionen €, gerundet	
Wohnbauten	3,4
Nichtwohnbauten	2,3
Maschinen	0,7
Fahrzeuge	0,2
Rest	0,2
Total	6,8
Anlagevermögen nach Vermögensarten in Preisen von 2000, netto („Nettokapitalstock"). Rest = Nutztiere und Nutzpflanzen aus dem Bereich der Sachanlagen plus immaterielle Anlagegüter	

Quelle: DESTATIS (2008a)

Tabelle 2-2: Struktur des deutschen Kapitalstocks und Treibhausgas-Emissionen (2005) nach Branchen, Billionen € und Mio. t CO_{2eq}, gerundet

	Gebäude	Andere Anlagen und Fahrzeuge	Summe	Emissionen [Mio. t CO_{2eq}]
Dienstleistungen und private Haushalte	5,3	0,6	5,9	169
Energieversorgung	0,1	0,1	0,2	366
Industrie	0,2	0,3	0,5	213
Weitere	0,1	0,1	0,2	257
Total	5,7	1,1	6,8	1 005

Quelle: DESTATIS (2008a), UBA (2007a), Berechnungen des PIK und ECF

Von den rund 7 Billionen € des derzeitigen Kapitalstocks in Deutschland entfallen

- die Hälfte auf Wohnbauten,
- weitere 2,5 Billionen € auf Nichtwohnbauten,
- 10% auf Maschinen und
- weniger als 5% auf Fahrzeuge (vgl. Tabelle 2-1).

Der hohe Anteil der Gebäude deutet auf den hohen Investitionsbedarf in diesem Teil des Kapitalstocks hin. Die weitere Aufteilung nach Sektoren zeigt einen relativ geringeren Anteil von Industrie und Energiewirtschaft am gesamten Kapitalstock, aber auch den hohen Anteil an Maschinen und Anlagen in der Industrie (vgl. Tabelle 2-2). Der Kapitalstock wird durch die jährlichen Bruttoinvestitionen erneuert, und eine positive Differenz zwischen Bruttoinvestitionen und Abschreibungen führt zu einer Ausweitung des Kapitalstocks, den Nettoinvestitionen (vgl. Tabelle 2-3).

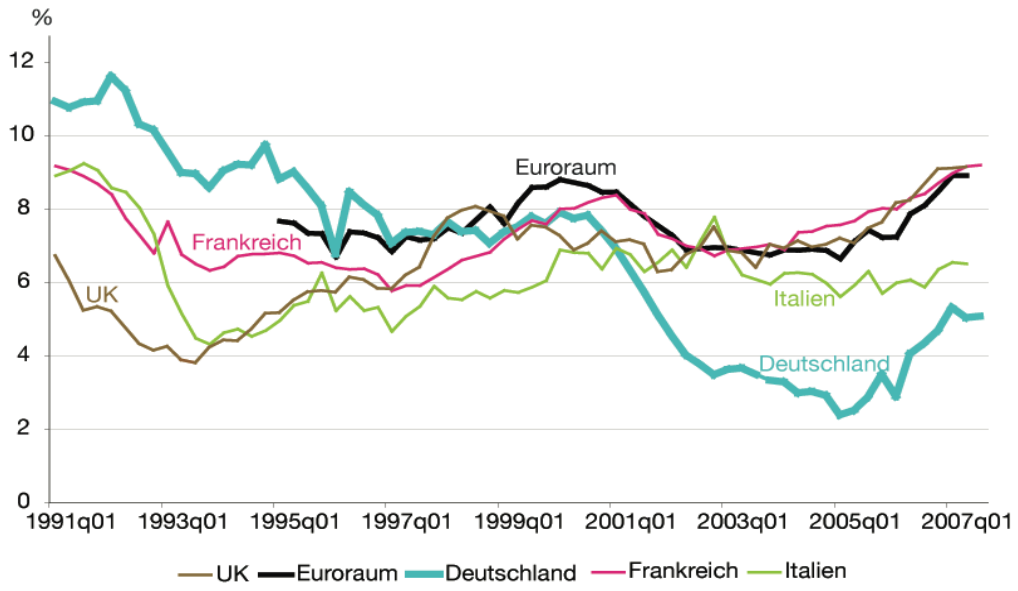
Im Jahr 2005 betrugen die Nettoinvestitionen in Deutschland mit 69 Mrd. € lediglich etwa 17% der Bruttoinvestitionen. In den Sektoren Industrie, Energiewirtschaft und Landwirtschaft wurde sogar de-investiert, der Trend zur Dienstleistungsgesellschaft war ausgeprägt zu beobachten.

Tabelle 2-3: Brutto- und Nettoinvestitionen, sowie Abschreibungen nach Branchen 2005, Mrd. €, gerundet

	Brutto	Abschreibungen	Netto
Dienstleistungen	326	246	80
Energieversorgung	9	10	-1
Industrie	55	63	-8
Rest	14	16	-2
Total	404	335	69

Quelle: DESTATIS (2008a)

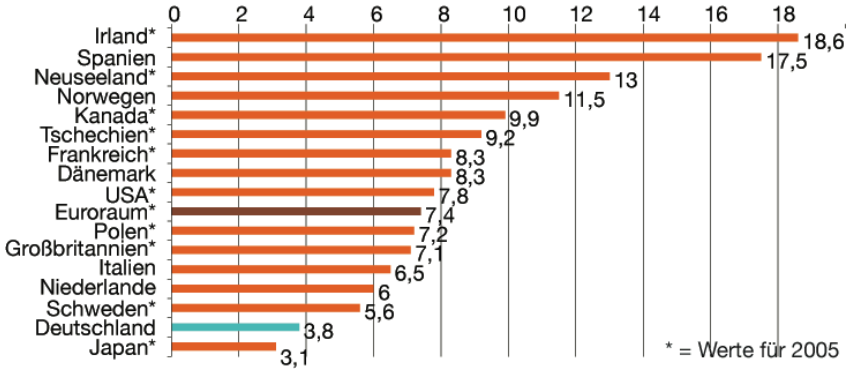
Der Anteil der Nettoinvestitionen am Bruttoinlandsprodukt sinkt in Deutschland seit Jahrzehnten, und zwar von 10 bis 15% Anteil in den 1960er Jahren auf unter 5% seit 2003 und - dies zeigt ein internationaler Vergleich - ist auch gegenwärtig schwächer als in vielen anderen Ländern (Abbildungen 2-1 und 2-2).[2]



[2] Während die sinkende Nettoinvestitionsquote Deutschlands eine robuste wissenschaftliche Erkenntnis darstellt, ist die Analyse der Ursachen keineswegs klar. Zum Stand der Diskussion vgl. etwa: Bond et al. (2003) und Culpepper (1999).

Quelle: Horn, Rietzler (2007)

Abbildung 2-1: Nettoanlageinvestitionen in % des Nettoinlandsprodukts in ausgewählten Ländern des Euroraums 1991-2007.

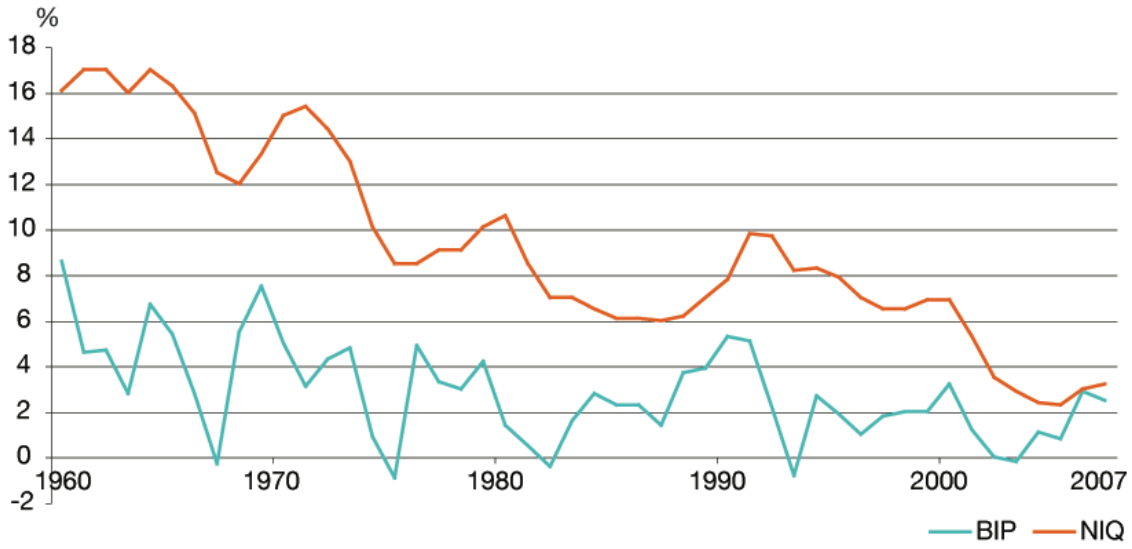


Quelle: Sinn (2007)

Abbildung 2-2: Nettoinvestitionsquoten in % im internationalen Vergleich, 2006.

Bemerkenswert synchron mit der fallenden deutschen Nettoinvestitionsquote zeigen auch die gesamtwirtschaftlichen Wachstumsraten der letzten Jahrzehnte einen fallenden Trend (vgl. Abbildung 2-3).[3]

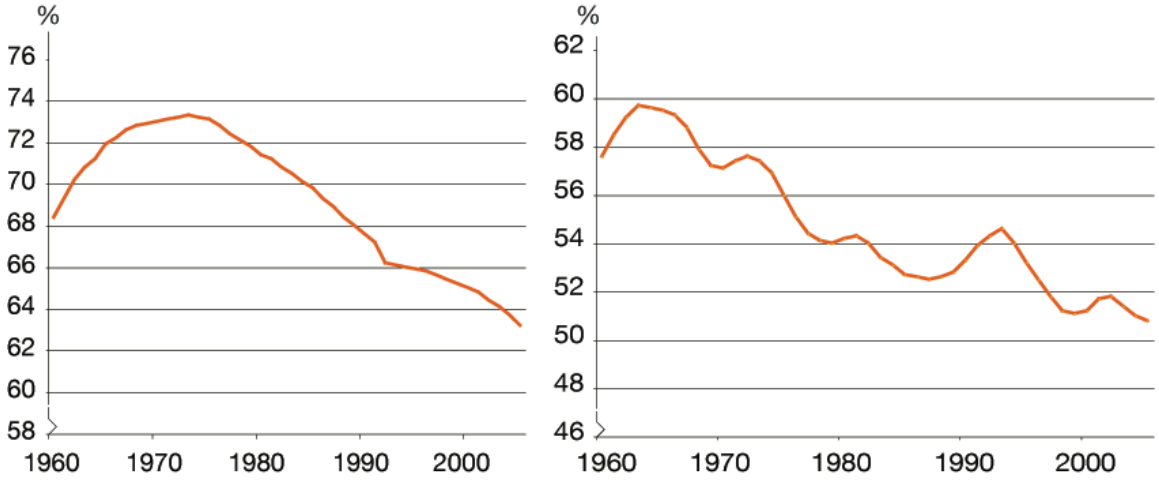
[3] Schon 2002/03 stellte der Sachverständigenrat zur Begutachtung der wirtschaftlichen Entwicklung aufgrund einer sorgfältigen empirischen Analyse in seinem Jahresgutachten fest: „Zunächst ist Wachstum primär durch eine nachhaltige Stärkung der privaten Investitionstätigkeit sicherzustellen.“ (SVR 2002: 336). Ob der Anstieg der deutschen Nettoinvestitionen in den letzten zwei Jahren mehr darstellt als eine kurzfristige Fluktuation, kann durchaus davon abhängen, ob in den kommenden Jahren ein ökologischer Investitionsschub einsetzt.



Quelle: DESTATIS (2008b), DG ECFIN (2007)

Abbildung 2-3: Nettoinvestitionsquoten (NIQ) und Wachstumsraten (BIP) in Deutschland 1960 bis 2007

Der Rückgang der Nettoinvestitionsquote geht einher mit einer zunehmenden Überalterung des deutschen Kapitalstocks (Abbildung 2-4). Damit bietet sich jetzt auch die Chance, relativ schnell einen moderneren, ressourcenschonenderen Kapitalstock aufzubauen. Dies gilt insbesondere für den Gebäudebestand, an dem ein hoher Re-Investitionsbedarf für diejenigen Gebäude besteht, die zwischen 1946 und 1973 erstellt wurden.



Quelle: BMF (2005)

Abbildung 2-4: Anteil des noch nicht abgeschriebenen Anlagevermögens am gesamten Kapitalbestand (links Gebäude, rechts Ausrüstungen).

Eine erfolgreiche Umsetzung des Meseberg-Programms induziert vor diesem Hintergrund zusätzliche Nettoinvestitionen in der Größenordnung von 30 Mrd. € pro Jahr bis 2020. Wird ein solcher Anstieg bis 2015 nicht realisiert, werden noch erheblich größere Investitionen in den Folgejahren erforderlich, um die Klimaziele zu erreichen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass schon derzeit emissionsmindernde Investitionen in einer Höhe von etwa 5% des BIP getätigt werden. Durch das Meseberg-Programm sind sie um etwa ein Drittel auf 6,5% des BIP zu erhöhen (siehe Tabelle 2-4).

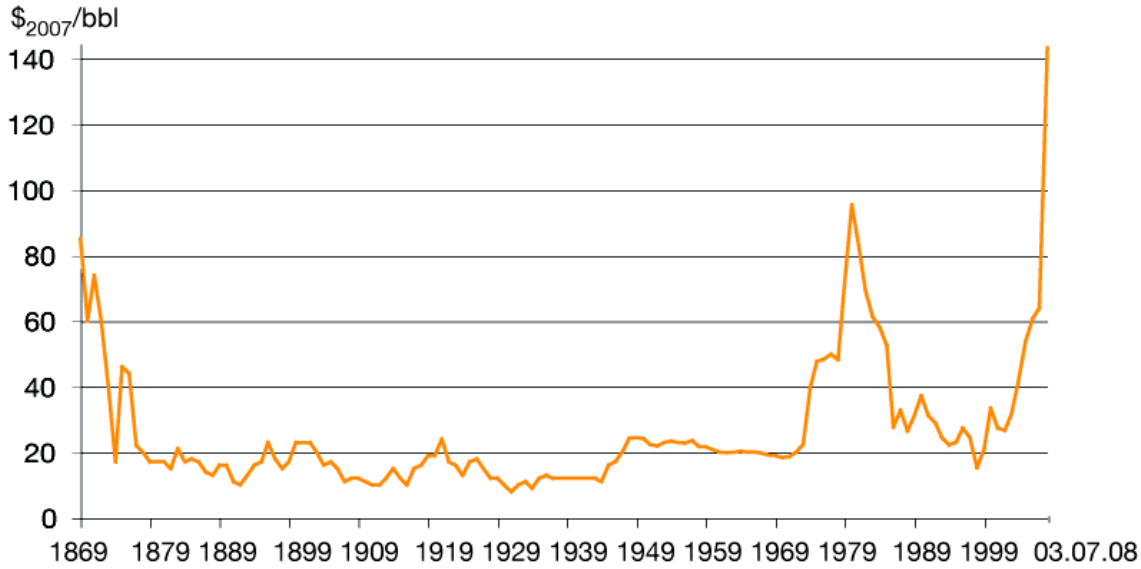
Tabelle 2-4: Emissionsmindernde Investitionen 2005, in Mrd. €, gerundet

	Brutto-Investitionen	davon emissions-mindernd	Zusatzbedarf durch Meseberg-Programm
Gebäude	197	40	14
Maschinen	121	39	3
Kraftwerke/Netze*	12	5	10
Fahrzeuge	50	10	2
Rest	20	1	1
Total	400	95	30
Anteil am BIP (%)	20	5	1,5

Quelle: DESTATIS (2008a), BEE (2006), BDEW (2008), Berechnungen des PIK und ECF

*Einschließlich erneuerbarer Energien.

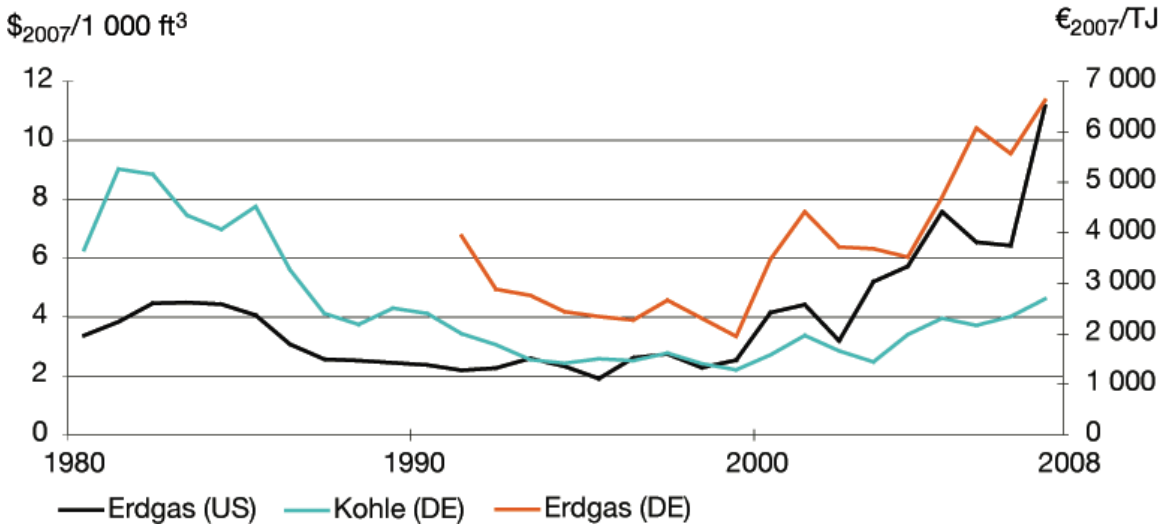
Das Meseberg-Programm ist auch eine Antwort auf die langfristige Entwicklung wichtiger Energiepreise - allen voran der des Ölpreises. Wie Abbildung 2-5 zeigt, ist der Ölpreis heute bei einem All-Time-High, das noch das Niveau der beiden globalen Ölkrisen 1974 und 1979 deutlich übertrifft.



Quellen: WTRG (2008), Inflationdata (2008), Bloomberg (2008)

Abbildung 2-5: Entwicklung des realen Ölpreises 1869-2008 [$$_{2007}$/bbl], jährliche Mittelwerte der Sorte WTI. Wert für 2008 ist der Spotpreis WTI 3. Juli 2008.

Auch die Gas- und Kohlepreise haben in den letzten Jahrzehnten Schwankungen um über 300% gezeigt (Abbildung 2-6). Angesichts der steigenden Nachfrage aus China, Indien und weiteren Schwellenländern einerseits und von Erweiterungsschwierigkeiten bei der Förderung andererseits sind konstante oder gar langfristig fallende Energiepreise für die kommenden Jahrzehnte nicht mehr zu erwarten. Diese Situation wird zunehmend zu einer der zentralen Herausforderungen für die heutigen Volkswirtschaften.



Quellen: BAFA (2006), EIA (2008), Bloomberg (2008); BMWi (2008), VdKI (2008)

Abbildung 2-6: Entwicklung der realen Gaspreise (US-Erdgaspreise) [$$_{2007}$/1 000 ft^3] und (Grenzübergangspreise Deutschland) [€$_{2007}$/TJ] sowie der realen Drittlandssteinkohlepreise frei deutsche Grenze [€$_{2007}$/TJ].

In dieser Situation kann ein ökologischer Investitionsschub gleichzeitig

- die deutsche Wirtschaft von der Volatilität der Energiepreise unabhängiger machen,
- die Technologien und Infrastruktur einer klima- und energieeffizienten Wirtschaft entwickeln,
- sowie die Investitionsschwäche der vergangenen Jahre überwinden helfen und damit Wachstum und Beschäftigung generieren.

3 Eine Strategie für Wachstum, Beschäftigung und Klimaschutz

Energietechnischer Fortschritt mit höheren Wirkungsgraden und geringeren Emissionen wird bei Re-Investitionen durch Lernprozesse wie „von selbst“ realisiert: auch ohne weitere energie- und klimapolitische Eingriffe gelingen mehr Energieeffizienz und Brennstoff-Substitution im Re- und Erweiterungs-Investitionszyklus. Dieser technische Fortschritt, abgebildet in einer energiewirtschaftlichen Referenz-Entwicklung, würde dazu führen, dass sich der deutsche Endenergie- und Primärenergiebedarf (gegenwärtig etwa 14 500 PJ) in den kommenden 20 Jahren kaum verändert. Das zukünftige Wirtschaftswachstum in Deutschland würde durch den autonomen technischen Fortschritt und die heute bereits bestehenden energie- und klimapolitischen Maßnahmen zu keinem gravierenden Anstieg des Energiebedarfs in Deutschland führen[4]. Diese Stagnation des Primärenergiebedarfs trotz eines Wirtschaftwachstums von durchschnittlich 1,5% pro Jahr konnte man bereits in den vergangenen 17 Jahren für Deutschland beobachten.

Auch die Treibhausgas-Emissionen Deutschlands würden in einer derartigen Referenz-Entwicklung mit heute bestehender Politik bis 2020 auf dem heutigen Niveau von rund 980 Mio. t CO_{2eq}/a, d.h. bei -20% im Vergleich zu 1990 stagnieren und bis 2030 leicht auf 955 Mio. t CO_{2eq}/a abnehmen (Fraunhofer-ISI et al. 2008b). Eine wirksame Umsetzung des Meseberg-Programms wird demgegenüber die Emissionen deutlich senken. Im Folgenden werden diese Zusammenhänge sowie die gesamtwirtschaftlichen Implikationen im Einzelnen aufgezeigt.

[4] Siehe das „Ohne Maßnahmen“-Szenario in: Fraunhofer-ISI et al. (2008b).

3.1 Maßnahmen des Meseberg-Programms: Wirkungen auf Energiebedarf, Emissionen und Investitionen

Eine wirksame Umsetzung des 2007 in Meseberg beschlossenen Programms führt im energiewirtschaftlichen Gesamtbild zu folgendem Ergebnis:

- Der *Nettostrombedarf* (ohne Eigenbedarf der Kraftwerke) stagniert zunächst auf dem heutigen Niveau und sinkt dann bis 2020 um 8% auf knapp 1 890 PJ (524 TWh), um anschließend in der folgenden Dekade weiter um etwa 9% abzunehmen auf 1 712 PJ (476 TWh). Bezogen auf die Referenzentwicklung beschleunigt sich der stromsparende technische Fortschritt um etwa 1%, ein plausibles Ergebnis angesichts der zusätzlich durch das Meseberg-Programm ergriffenen Maßnahmen.
- Der *Brennstoff-, Kraftstoff- und Fernwärmebedarf* sinkt bereits ab 2010 bis 2020 mit etwa 8% auf gut 7 000 PJ und dann in der folgenden Dekade um weitere 6% auf 6 570 PJ. Der zusätzliche Effizienzfortschritt durch die Meseberg-Maßnahmen beträgt somit rund 0,8% pro Jahr (ohne Brennstoffbedarf für die thermischen Kraftwerke).
- Bezogen auf die Referenzentwicklung vermindert sich der Nettoenergiebedarf um 11% im Jahre 2020 und um rund 16% im Jahre 2030. Dieses Ergebnis bedeutet eine Meseberg-induzierte Beschleunigung des energiesparenden technischen Fortschritts von 1% pro Jahr.

Tabelle 3-1: Treibhausgasminderungen, induzierte Investitionen und spezifische Vermeidungskosten des Meseberg-Programms bis 2020

Emissionsbasis 1990: 1 228,1 Mio. t CO_{2eq}	Reduktion 1990 bis 2007: 20,1%

Emissionsbasis 2007: 981,3 Mio. t CO_{2eq}			
Maßnahme	Emissionsreduktion [Mio. t CO_{2eq}]	Bruttoinvestitionen 2008 – 2020 [Mrd. €]	Spezifische Vermeidungskosten in 2020 [€/t CO_{2eq}]
Übergreifende Maßnahmen			
Gebäudemaßnahmen	48,0	150	- 80
davon Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz	*15,0*	*39*	*73*
Energie-Management Industrie	8,9	7,2	- 80
Energie-Management-GHD	2,3	3,3	- 47
Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz	20	- 0,3	9
Private Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen			
Intelligente Messverfahren Strom	3,4	5,0	-150
Energieeffiziente Produkte	8,2	0,8	- 330
Maßnahmen im Verkehr			
CO_2-Strategie PKW (mit Hybridfahrzeugen)	17	60	- 130
Ausbau Biokraftstoffe	4,6	1,3	170
Umstellung KFZ-Steuer auf CO_2-Basis	3,1	0,0	- 470
Verbrauchskennzeichnung für PKW	3,5	0,0	- 450
Elektromobilität (ohne Hybridfahrzeugen)	1,3	2,5	290
LKW-Maut besser	0,5	0,5	78
Flugverkehr (Ausland: 1,9 Mio. t)	0,4	2,7	- 95
Schiffsverkehr (Ausland: 0,5 Mio. t)	-	0,4	- 390
Maßnahmen in der Industrie			
Fluorierte THG (Wirkung 17,5 Mio. t)	- 1,3	12	120
Maßnahmen im Umwandlungssektor			
Stromerzeugung REG	50	67	45
Biogaseinspeisung	3,5	1,1	55
Summe Meseberg-Programm	**173**	**314**	**- 38**
Reduktion Meseberg-Programm ab 2008 (Basis 1990)	**14,1%**		
Reduktion 1990 bis 2020	**34,2%**		

1) Für die Berechnungen der durchschnittlichen Vermeidungskosten wurde mit der Gesamtwirkung dieser Maßnahme, 17,5 Mio. t, gerechnet.

Quelle: Berechnungen des ISI, BSR, PIK und ECF

Das Meseberg-Programm führt nach den Berechnungen unserer Analyse, welche alle inländisch wirksamen Emissionswirkungen umfasst, zu einer Verminderung der Treibhausgase um rund 173 Mio. t CO_{2eq} bis 2020 gegenüber dem Jahr 2007 (vgl. Tabelle 3-1). Nicht enthalten in der Kalkulation sind die vermiedenen Methan- und N_2O-

Emissionen, die bei den verminderten Brennstoffmengen in geringem Umfang anfallen.

Ingesamt würden sich die Treibhausgasemissionen in Deutschland gegenüber 1990 um gut 34% vermindern, d.h., die Zielsetzung der Bundesregierung einer 40%-igen Reduktion der Treibhausgasemissionen wird mit diesem Programm noch nicht vollends erreicht.

Im Einzelnen seien einige Aspekte der Treibhausgasminderungen für 2020 erläutert:

- Die zwei größten Beiträge mit jeweils etwa 50 Mio. t CO_2-Minderung können bei den Wohn- und Nicht-Wohngebäuden (inkl. erneuerbarer Wärme) einerseits und der stromerzeugenden erneuerbaren Energien andererseits erwartet werden.
- Die intelligenten Messverfahren bei der Stromnutzung, energieeffiziente Produkte (hauptsächlich Elektrogeräte in den privaten Haushalten) sowie Beratungsförderung, Fortbildung, lernende Klimaschutz-Netzwerke und Investitionsanreize für Unternehmen in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen („Energiemanagement GHD“) führen in den beiden Sektoren Gewerbe, Handel und Dienstleistungen und private Haushalte zu weiteren knapp 14 Mio. t CO_2-Minderung. Diese wird erreicht durch einen sinkenden Brennstoff- und Strombedarf.
- In der Industrie sind insbesondere der verminderte Einsatz fluorierter Treibhausgase (-17,5 Mio. t CO_{2eq}) und die Beratungsförderung, Fortbildung, lernende Klimaschutz-Netzwerke und Investitionsanreize (-9 Mio. t CO_{2eq}) von Bedeutung. Die in Tabelle 3-1 ausgewiesene leichte Zunahme der fluorierten Treibhausgase um 1,3 Mio. t CO_{2eq} ist damit zu begründen, dass die Treibhausgasminderungen von 17,5 Mio. t CO_{2eq} durch die Entwicklung im Referenzfall (+19 Mio. t CO_{2eq}) überkompensiert werden.
- Hinzu kommt eine Emissionsreduktion von etwa 20 Mio. t CO_2 durch die Wirkungen des KWK-Gesetzes, das zwar vorwiegend im Bereich der Industrie wirksam wird, aber auch im Bereich wärmeintensiver Gewerbe- und Dienstleistungsunternehmen sowie bei der Fern- und Nahwärmeerzeugung Anreize setzt.

- Im Verkehrsbereich wird das größte Potential bei den PKW erzielt (etwa 30 Mio. t CO_{2eq}). Dies geschieht durch die schnellere Verbreitung von CO_2-armen Fahrzeugen und die verstärkte Nutzung von Biokraftstoffen (hier wurde ein Anteil von 14% am gesamten Kraftstoff im Jahr 2020 angenommen). Die Maßnahmen beim Luft- und Schiffsverkehr wirken in erster Linie auf den internationalen Routen und nur in sehr geringem Umfang im Inland.

Die Verminderung von Treibhausgasen geht in der Regel einher mit der Substitution von nicht-erneuerbaren durch erneuerbare Ressourcen, der Steigerung der Energieeffizienz und/oder einer besseren Organisation, Wartung und Instandhaltung von Abläufen und des Bestands einher. Die durch das Meseberg-Programm direkt induzierten Investitionen belaufen sich zwischen 2008 und 2020 auf gut 310 Mrd. € (vgl. Tabelle 3-1). Zum richtigen Verständnis der Investitionszahlen für die Periode 2008 bis 2020 ist folgendes anzumerken:

- Die Investitionshöhe im Gebäudebereich (inkl. erneuerbarer Wärme) erscheint mit rund 150 Mrd. € auf den ersten Blick relativ hoch, gemessen an den Investitionen für energieeffiziente Geräte oder den in der Industrie ausgewiesenen Werten. Dies ist dadurch zu erklären, dass Investitionen in Geräte und Anlagen häufig eine hohe Rentabilität und relativ zu den Gebäudemaßnahmen eine deutlich kürzere Re-Investitionszeit haben.
- Umgekehrt erscheinen einige Investitionswerte sehr niedrig, wie z.B. bei den energieeffizienten Produkten, dem Ausbau von Biokraftstoffen oder dem Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung. Die Gründe für diese „niedrigen“ Investitionswerte sind hohe Rentabilität der Differenz-Investition (z.B. bei den Geräten), höhere Betriebskosten (z.B. bei Biokraftstoffen) oder hohe vermiedene Investitionskosten (z.B. KWK-Anlagen anstelle von thermischen Kraftwerken und Wärmeerzeugern).
- Zwei organisatorische Maßnahmen im Verkehr - die Umstellung der KFZ-Steuer und die Verbrauchskennzeichnung für PKW - haben keine Investitionen als Voraussetzung. Allerdings stehen einer effektiven Umsetzung, wie sie in dieser Studie unterstellt wurde, größere Widerstände einiger Akteure im Weg.

Den spezifischen Vermeidungskosten liegen bei den Kapitalkosten eine maßnahmenspezifische Verzinsung von zwischen 4 und 10% zu Grunde. Die Energiepreise zur Bewertung der eingesparten und der substituierten Energiemengen wurden aus der Studie „Politik-Szenarien für den Klimaschutz IV“ (Fraunhofer-ISI et al. 2008b) übernommen. Die jährlichen Gesamtkosten (oder Erlöse) der jeweiligen Maßnahme für das Jahr 2020 und die im Jahre 2020 vermiedenen Treibhausgasemissionen wurden zueinander ins Verhältnis gesetzt.

Die spezifischen Vermeidungskosten für das Jahr 2020 variieren im Ergebnis zwischen -470 und 290 €/t.[5] Die Angaben zu den spezifischen Vermeidungskosten beinhalten nicht Sekundärnutzen, wie z.B. verbesserten Schallschutz bei Zwei- und Dreifachverglasung, geringeren Produktionsausschuss bzw. höhere Produktqualität bei besser temperatur-geregelten Industrieprozessen oder die Vermeidung anderer traditioneller, lokaler Emissionen aus Verbrennungsprozessen. Im Gesamtdurchschnitt liegen die spezifischen Vermeidungskosten des Meseberg-Programms in 2020 bei -38 €/t, d.h. im Durchschnitt hat das Meseberg-Programm auf die Gesamtheit der Investoren einen ökonomischen Vorteil in Form einer langfristigen Kostenentlastung von 38 € je vermiedener t CO_{2eq}.

3.2 Treibhausgas-Minderungen und induzierte Investitionen von Maßnahmen zusätzlich zum Meseberg-Programm

Da die Maßnahmen des Meseberg-Programms mit einer Verminderung von gut 34% nicht ausreichen, um das Reduktionsziel der Bundesregierung von 40% für das Jahr 2020 zu erreichen, werden hier *weitere Maßnahmen und Investitionen* identifiziert

[5] McKinsey (2007) kommt auf ähnliche Größenordnungen. Unterschiede im Einzelnen beruhen vor allem darauf, dass in jener Studie Änderungen der jeweiligen Produkttypen (z. B. Wechsel von einem emissionsintensiven zu einem emissionsärmeren Auto) aus der Betrachtung ausgeschlossen wurden.

und analysiert. Die hier in Tabelle 3-2 vorgeschlagenen weiteren Maßnahmen in verschiedenen Sektoren reflektieren Diskussionen in einschlägigen Studien von unterschiedlichen Akteursgruppen. Im Ergebnis der Umsetzung werden Einsparungen von weiteren ca. 74 Mio. t CO_2 bei notwendigen Investitionen von knapp 90 Mrd. € möglich, die zwischen 2008 und 2020 getätigt werden müssten. Mit diesen Maßnahmen – würden sie in vollem Umfang realisiert – könnte das 40%-Ziel der Bundesregierung erreicht werden.

Einen großen Beitrag, knapp 9 Mio. t, bringen eine Reihe von Maßnahmen im Nicht-CO_2-Bereich der Treibhausgas-Minderungen, die im Wesentlichen in der Industrie, der Energie- und der Landwirtschaft stattfinden würden und die in den Politik-Szenarien IV inhaltlich beschrieben sind (geringere Methan-Emissionen aus Abfall- und Energiewirtschaft sowie Metallherstellung, vermiedene N_2O-Emissionen aus Industrieprozessen).

Darüber hinaus lassen sich zusätzliche Maßnahmen identifizieren, die jeweils 7 bis 13 Mio. t CO_2-Minderung erbringen könnten: darunter die frühzeitige Substitution von drei bis vier alten Braunkohlekraftwerken mit sehr geringen Wirkungsgraden durch drei neue, hocheffiziente Kraftwerke (je 800 MW). Falls die neuen Braunkohlekraftwerke zudem mit CO_2-Rückhaltung und -speicherung ausgestattet würden, würde eine weitere Reduktion von gleicher Größenordnung erzielt. Bei der Lagerung des CO_2 in ausgebeuteten Erdgaslagerstätten oder Aquiferen gibt es noch eine Reihe von Unsicherheiten (insbes. bezüglich Sicherheitsauflagen, Monitoring und Versicherungen; Kosten von etwa 50 € je t CO_2 scheinen beim gegenwärtigen Informationsstand realistisch). Schließlich würden 3 GW zusätzliche Offshore-Windkapazität mit einem Stromtransport über HGÜ einen weiteren vergleichbaren Beitrag bringen. Aus einer verpflichtenden Nutzung von Leichtlaufölen bei PKW resultierte schließlich eine Einsparung von 2,5 Mio. t CO_2.

Die Heterogenität der Maßnahmen und die Möglichkeit der Ausweitung bzw. Reduzierung von Maßnahmen ermöglichen es, sich ergebende Marktchancen und Handlungsspielräume flexibel zu nutzen. Bei den Entscheidungen sollten auch weitere Aspekte wie bspw. Exportpotentiale oder Kostensenkungspotentiale infolge von zukünftig möglich werdenden Produktionen in großen Serien (z.B. bei den erneuerbaren Energien oder der Gebäudesanierung) berücksichtigt werden, die sich heute nicht in jedem Fall absehen lassen.

Die weiteren Maßnahmen weisen in der Regel moderate Vermeidungskosten auf, einige Maßnahmen führen sogar zu zusätzlichen Erlösen. Dies führt zu durchschnittlichen Vermeidungskosten der zusätzlichen Maßnahmen von etwa -21 €/t CO_{2eq}, d.h. für die Gesamtheit der betroffenen Investoren besteht eine Kostenentlastung in 2020, allerdings deutlich geringer als bei den vorangegangenen Maßnahmen des Meseberg-Programms.

Insgesamt ergibt sich ein Investitionsvolumen für den Zeitraum zwischen 2008 und 2020 in Höhe von knapp 400 Mrd. € (vgl. Tabelle 3-2), das ab 2014 die 30 Mrd. €-pro Jahr-Marke übersteigt und um das Jahr 2020 herum fast 35 Mrd. € pro Jahr erreichen wird. Die bisherigen Netto-Investitionen würden damit um gut ein Drittel gesteigert werden. Das ist eine offensichtliche Herausforderung für den Kapitalmarkt. Auf Seiten der Investoren errechnen sich im Gesamtdurchschnitt spezifische Erlöse von 34 €/t CO_{2eq} im Jahr 2020.

Tabelle 3-2: Treibhausgasminderungen, induzierte Investitionen und spezifische Minderungskosten weiterer Maßnahmen bis 2020

Emissionsbasis 1990: 1 228,1 Mio. t CO_{2eq}		Reduktion 1990 bis 2007: 20,1%	
Emissionsbasis 2007: 981,3 Mio. t CO_{2eq}		Reduktion Mesebergprogramm: 14,1%	
Zusätzliche Maßnahmen	Emissionsreduktion [Mio. t CO_{2eq}]	Investitionsvolumen 2008 – 2020 [Mrd. €]	Spezifische Vermeidungskosten in 2020 [€/t CO_{2eq}]
Übergreifende Maßnahmen			
Beschleunigte Gebäudesanierung	4,2	19	-10
Öko-Design und Innovationsoffensive Industrie	12	15	-15
Öko-Design und Innovationsoffensive GHD	3,0	5,2	-5
Materialeffizienz	10	k.A.	k.A.
Private Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen			
Anreize Bio-Landwirtschaft	1,8	0,0	10
Maßnahmen im Verkehr			
Änderung Dienstwagen-VO	2,6	0,0	-560
Leichtlauföle verpflichtend (PKW)	2,5	11[1]	-190
Maßnahmen in der Industrie			
Alle Nicht-CO_2-Treibhausgase	8,5	20	k.A.
Maßnahmen im Umwandlungssektor			
Drei moderne Braunkohlekraftwerke	7,4	2,3	15
Zusätzlich CCS für die drei Braunkohlekraftwerke	13	5,7	50
HGÜ-Wind-Nordsee (zusätzlich 3 GW)	9,0	6,0	29
Summe zusätzliche Maßnahmen	**74**	**84**	**-21**[2]
Reduktion zusätzliche Maßnahmen	**6,0%**		
Summe (Meseberg & zusätzl. Maßnahmen)	**247**	**398**	**-34**
Reduktion 1990 – 2020	**40,2%**		

1) Keine Investitionen, sondern Kosten der Leichtlauföle

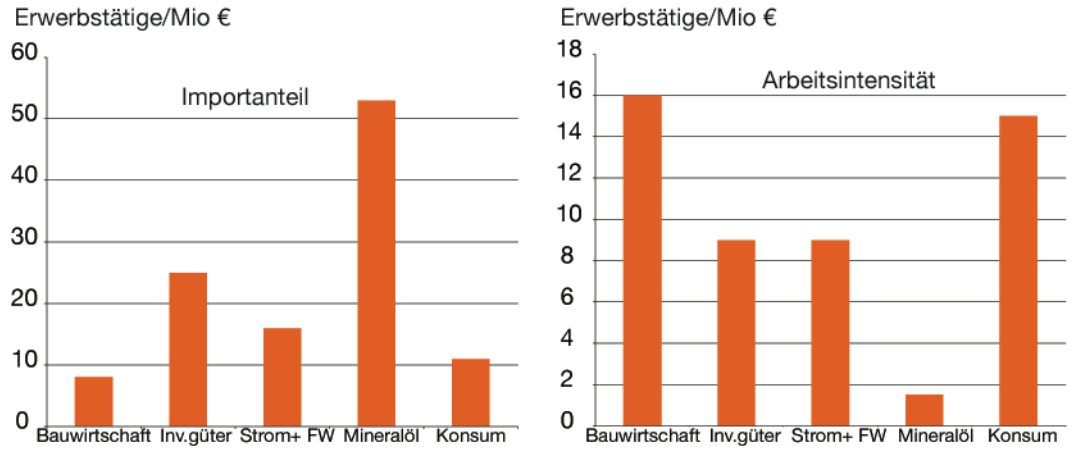
2) Die Maßnahme „Alle Nicht-CO_2-Treibhausgase“ sowie „Materialeffizienz“ sind in der Tabelle ausgewiesen, wurde aber nicht in die Berechnung der spezifischen Vermeidungskosten einbezogen

Quelle: Berechnungen des ISI, BSR, PIK und ECF

3.3 Wirkungen auf Wirtschaftswachstum, Konsum und Beschäftigung

Die bei der Umsetzung der Maßnahmen erforderlichen Brutto-Investitionen führen auch zu indirekten Effekten. Denn zur Bereitstellung der jeweiligen Investition sind zahlreiche Vorleistungen aus anderen Branchen notwendig. Hierdurch führt das Maßnahmenpaket zu Verschiebungen in der sektoralen Struktur der Volkswirtschaft. Gesamtwirtschaftlich von Bedeutung kann auch sein, wenn die Klimaschutzmaßnahmen zu Änderungen in importierten Güterströmen führen. Zusätzlich können Beschäftigungswirkungen auftreten, wenn die beeinflussten Sektoren eine deutlich unterschiedliche Import- oder Arbeitsintensität aufweisen.

Diese Struktureffekte lassen für Deutschland tendenziell positive Effekte erwarten, da im Saldo durch die 30 bis 40 Mrd. € zusätzlichen Nettoinvestitionen eher inlandsbasierte und arbeitsintensivere Sektoren (z. B. Bauwirtschaft, Investitionsgütergewerbe) begünstigt werden und in Deutschland weiterhin freie Kapazitäten am Arbeitsmarkt vorliegen (vgl. Abbildung 3-1).



Quelle: IEKP (2008)

Abbildung 3-1: Importanteile und Arbeitsintensitäten von unterschiedlichen Wertschöpfungsketten (in %) (kumulierte direkte und indirekte Effekte).

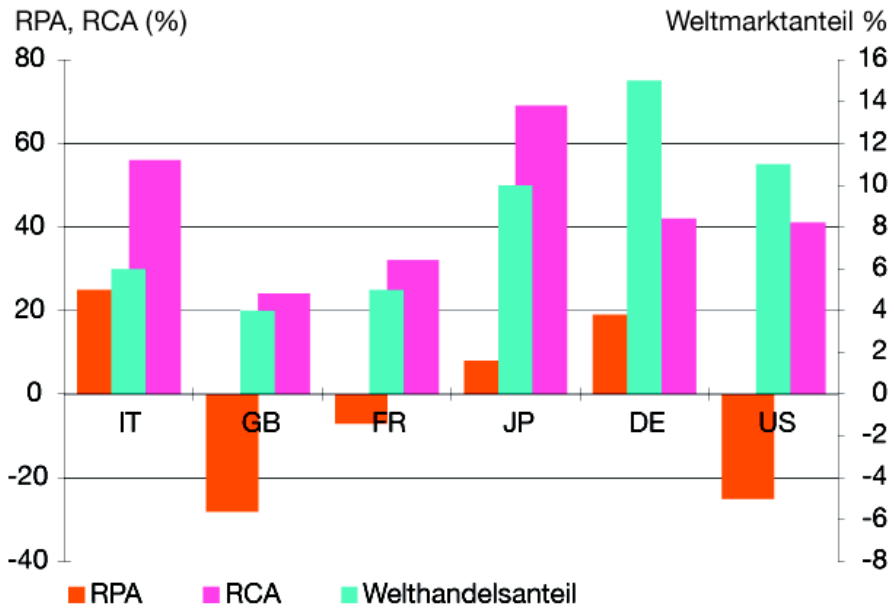
Eine forcierte Einführung und Diffusion von Klimaschutztechniken wird dazu führen, dass sich die betreffenden Länder frühzeitig auf die Bereitstellung von innovativen Technologien spezialisieren und damit ihre Wettbewerbsposition stärken („First-

Mover-Vorteile“). Bei einer nachfolgenden Ausweitung der internationalen Nachfrage nach diesen Gütern sind diese Länder dann auf Grund ihrer frühzeitigen Spezialisierung und des erreichten Innovationsvorsprungs in der Lage, sich im internationalen Wettbewerb durchzusetzen. Damit dieser Effekt auftritt und nicht durch „fast follower“-Vorteile neutralisiert wird, spielen folgende Bedingungen für die Etablierung sogenannter Vorreitermärkte („Lead Markets“) eine wichtige Rolle (Meyer-Krahmer 2004):

- Hohe Wissensintensität, ein hoher Anteil impliziten Wissens sowie ein erhebliches noch nicht ausgereiztes Lernpotential der betrachteten Technologien,
- Vorliegen einer zur betrachteten Technologie komplementären Wissensbasis; Deutschland besitzt hier auf Grund des hohen Spezialisierungsvorteils in ausgewählten Teilbereichen des Maschinenbaus besonders gute Ausgangsbedingungen,
- frühzeitige Antizipation globaler Trends (Nachfragevorteil), Größenvorteile des Marktes (Preisvorteil) sowie die Reputation und die Sensibilität gegenüber Änderungen auf dem Weltmarkt (Transfer- und Exportvorteil),
- Innovationsfreundlichkeit der sektorspezifischen Regulierung; der vorteilhafte Effekt von Einspeisevergütungen auf die Innovationstätigkeit oder die Einführung des CO_2-Emissionshandels ermöglichen den europäischen Ländern eine Vorreiterstellung in der Anpassung an die künftig erforderlichen Rahmenbedingungen,
- hervorragende technologische Leistungsfähigkeit bei den betrachteten Technologien, die sich in einer positiven Außenhandelsspezialisierung sowie hervorragender Patentstellung - als Frühindikator für künftige Leistungsfähigkeit - ausdrückt.

Die Ausgangsbedingungen Deutschlands für den internationalen Wettbewerb sind ausgezeichnet (Abbildung 3-2): Deutschland weist eine besonders starke Position bei den Klimaschutztechnologien auf – und dies in dreifacher Hinsicht. Erstens beträgt bereits heute der **Welthandelsanteil an den Exporten klimaschutzrelevanter Technologien** (konservativ geschätzt) 15% und liegt damit ganz vorn. Zweitens be-

sitzt Deutschland eine positive **Spezialisierung auf Klimaschutzgüter beim Außenhandel**: der Index des „offenbarten komparativen Vorteils" („*Revealed comparative advantage*" - RCA)[6] misst Deutschlands Spezialisierungsmuster im Bereich Klimaschutzgüter in Bezug zu den gesamten Ausfuhren. Der Index ist positiv und liegt im internationalen Vergleich knapp vor den USA auf Platz drei (2005), was die hohe Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in diesem Bereich belegt. Mit Blick auf die zukünftigen Potentiale ist drittens die **Patentaktivität** besonders interessant. Der Anteil Deutschlands an den internationalen Patenten beträgt gegenwärtig schon ca. 20% und auch der Index der Relativen Patentaktivität (RPA-Index)[7] ist gemessen über einen Zeitraum von vier Jahren anders als in anderen Ländern nicht nur positiv, sondern hinter Italien auf Platz zwei im Weltmaßstab. Damit verfügt Deutschland über eine positive Spezialisierung bei den Patenten im Bereich Umwelttechnologie.



[6] Der RCA-Index misst die Abweichung der Export-Import-Relation bei einer bestimmten Produktgruppe - hier der Umwelttechnologien - von der Außenhandelsposition bei verarbeiteten Industriewaren insgesamt. Der Wert des RCA-Index ist dann gleich Null, wenn die Ausfuhr-Einfuhr-Relation der betrachteten Warengruppe mit der bei verarbeiteten Industriewaren insgesamt übereinstimmt. Positive Werte weisen auf komparative Vorteile hin, also auf eine starke internationale Wettbewerbsposition der betrachteten Warengruppe.

[7] Der RPA-Index beschreibt die relative Spezialisierungsstärke eines Technikbereichs – hier der Umwelttechnologien – bei der Patentaktivität. Ein Wert von Null für den RPA-Index bedeutet, dass das Gewicht der Umwelttechnologie im Patentportfolio eines Landes gleich hoch ist wie das Gewicht der Umwelttechnologie im weltweiten Patentportfolio. Negative RPA-Indexwerte belegen ein unterdurchschnittliches Gewicht der Umwelttechnologie im Vergleich mit dem Weltdurchschnitt, ein positiver RPA-Index weist hingegen auf eine überdurchschnittliche Spezialisierung bei Umwelttechnologien hin.

Quelle: Berechnungen des ISI

Abbildung 3-2: Spezialisierung auf Klimaschutztechnologien bei Patenten (Relativen Patentaktivität (RPA) 2000-2004), im Außenhandel (Revealed Comparative Advantage (RCA) 2005) und Welthandelsanteil für ausgewählte OECD-Länder (in %).

Fazit: Die Klimaschutztechnologien stellen eine überdurchschnittliche Stärke im Technologie- und Exportportfolio Deutschlands dar. Insgesamt sind die gegenwärtigen Ausgangsbedingungen Deutschlands also ausgezeichnet, um durch die betrachteten Klimaschutzmaßnahmen schnell First-Mover-Vorteile zu erreichen und diese langfristig zu sichern.

Von den Klimaschutzmaßnahmen gehen insbesondere drei direkte Impulse auf die Gesamtwirtschaft aus:

1. zusätzliche Klimaschutzinvestitionen und vermiedene bzw. dadurch unnötig gewordene Investitionen,
2. Veränderung der Energiekosten bzw. Energieausgaben,
3. Veränderung der Energieimporte insbesondere von fossilen Energieträgern.

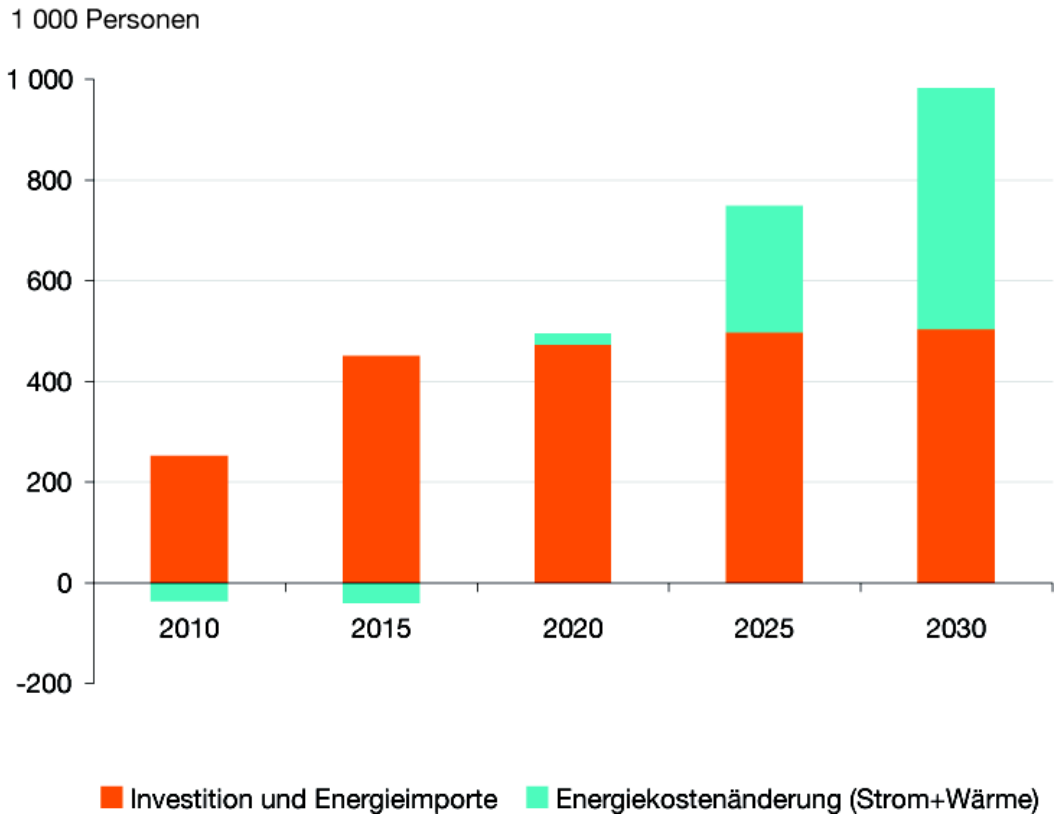
Die Investitionen werden in dieser Analyse für jede Maßnahme sektorscharf unterschieden. Als Pendant zu den Investitionen werden die Veränderungen auf der Kostenseite (sowohl gestiegene Kapitalkosten als auch vermiedene Energiekosten) berücksichtigt, so dass unter Berücksichtigung von staatlichen Subventionsleistungen die Investitionen durch die veränderte Kostenstruktur finanziert werden. Investitions- und Kostenänderungen wurden in diesem Projekt durch eine detaillierte Erhebung auf technologischer Basis ermittelt und gehen als Dateninput in die makroökonomische Modellierung ein. Die Analyse ergab für die erste Dekade eine begrenzte Erhöhung der Energiekosten (im Industriebereich bis zu 6%, im Verkehrsbereich bis zu 1,5%), während die effizienzsteigernden Maßnahmen dazu führen, dass im Zeitverlauf deutlich sinkende Energiekosten sowohl für Haushalte als auch Industrie und GHD realisiert werden, die bis 2030 zu einer Einsparung von rund 20% bei den Energieausgaben führen.

Diese Einsparungen spiegeln sich auch in der Verringerung der deutschen Energieimporte wider: die Reduktion erreicht bis 2030 38 Mrd. €. Diese Importeinsparungen dürften nach heutigem Kenntnisstand noch zu niedrig angegeben sein, da die zugrun-

de gelegten Szenarioannahmen nach EWI, Prognos (EWI, Prognos 2006; Fraunhofer-ISI et al. 2008b) von der Entwicklung des Rohölpreises bereits heute deutlich überholt wurden. Neben diesen direkten Effekten des Klimaschutzpaketes sind bei einer umfassenden gesamtwirtschaftlichen Analyse auch die indirekten Effekte wie z.B. Multiplikator- und Akzeleratoreffekte zu berücksichtigen, welche die Ausgangsimpulse verstärken können.

Die gesamtwirtschaftliche Analyse erfolgt mit dem ökonomischen Modell ASTRA. Insgesamt ergeben sich deutliche positive gesamtwirtschaftliche Effekte:

1. Das BIP liegt im Jahresdurchschnitt der gesamten betrachteten Zeitperiode (2008 bis 2030) um rund 70 Mrd. € über dem des Referenzfalls, d. h. gesamtwirtschaftlich führen das Meseberg-Programm und die weiteren Maßnahmen nicht zu einem Verlust an Wirtschaftswachstum, wie zuweilen befürchtet wird.

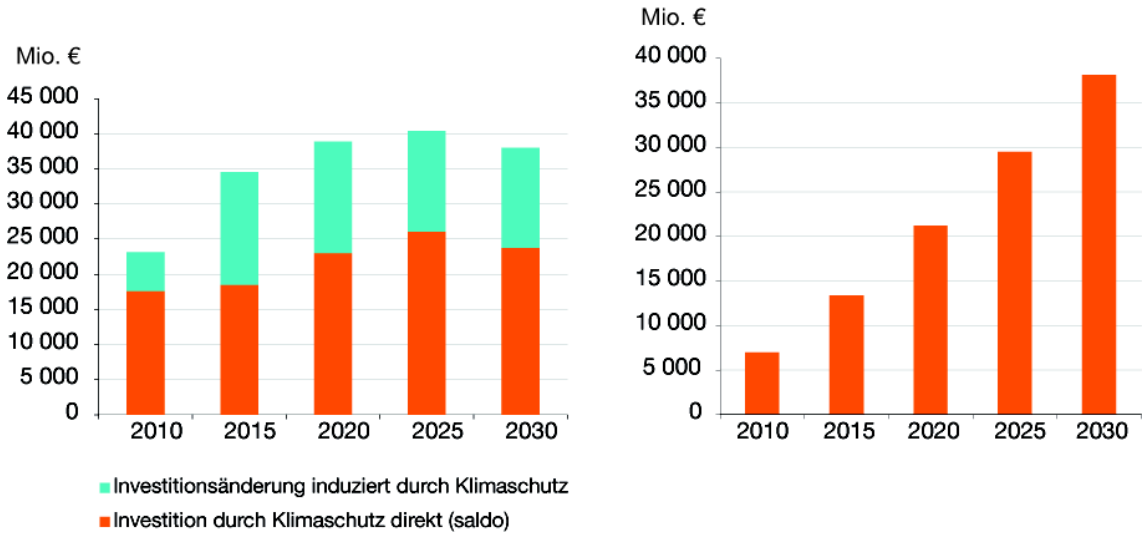


Quelle: Berechnungen des ISI mit dem ASTRA-Modell

Abbildung 3-3: Beschäftigungszunahme im Zeitverlauf, differenziert nach Treibern (Investitionen und Energieimporte sowie Energiekostenveränderung).

2. Im gesamten Zeitraum ergeben sich aufgrund der kumulierten Impulse durch zusätzliche Investitionen, Energiekosten- und Energieimporteinsparungen und den induzierten strukturellen Veränderungen zugunsten arbeitsintensiverer Branchen erhebliche Zuwächse von mindestens 900 000 zusätzlichen Beschäftigten in 2030. Bis 2020 sind es rund 500 000 Personen (vgl. Abbildung 3-3). Eine Komponentenzerlegung der Impulse zeigt, dass sich diese im Zeitverlauf unterscheiden. Während in der ersten Dekade eindeutig die induzierten Investitionen und Importeinsparungen dominieren, gewinnt im Zeitverlauf die Energiekostensenkung deutlich an Bedeutung, während der Einfluss der Investitionen stagniert.

Bei dieser Entwicklung ist die Dynamik der Veränderung zu beachten (vgl. Abbildung 3-4). Zu Beginn überwiegen die direkt durch Klimaschutz angestoßenen Investitionen, die aus dem Saldo von zusätzlichen und vermiedenen Investitionen infolge der Klimapolitik abgeleitet sind. Bis 2020 steigen sowohl vermiedene als auch zusätzliche Investitionen, um anschließend deutlich abzufallen. Der Saldo vergrößert sich bis 2025 und sinkt anschließend ab, so dass in der zweiten Dekade die induzierten Investitionen an Bedeutung gewinnen. Die Einsparung bei den Energieimporten nimmt über den gesamten Zeitraum kontinuierlich zu.

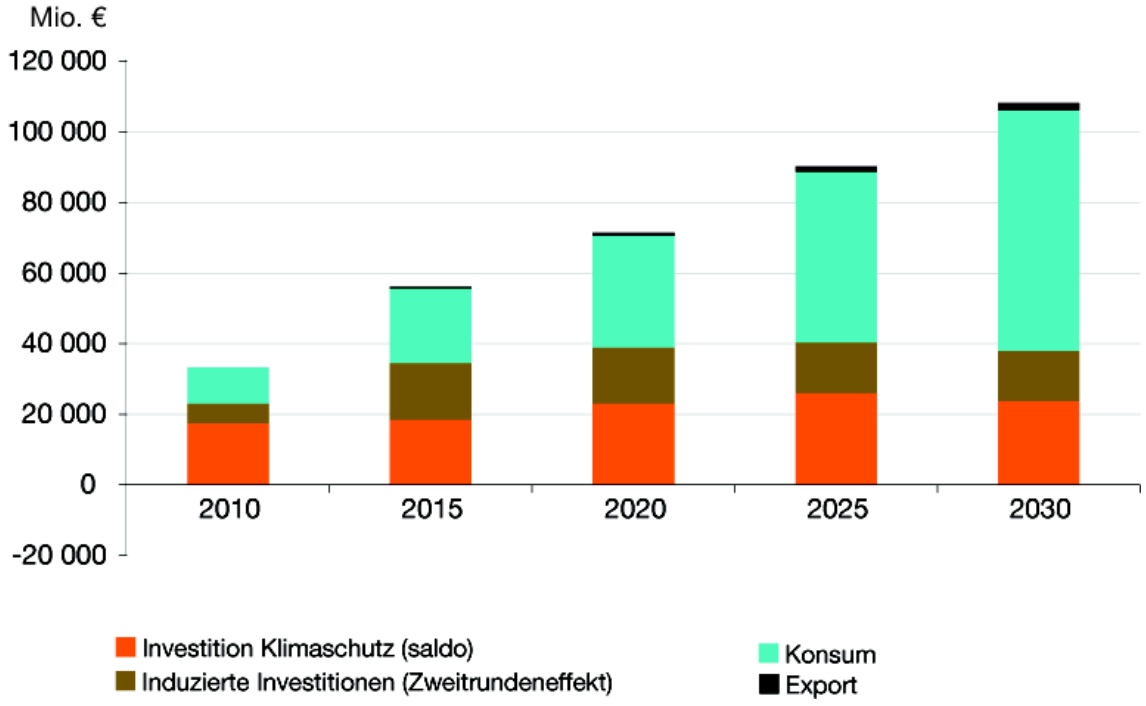


Quelle: Berechnungen des ISI mit dem ASTRA-Modell

Abbildung 3-4: Zunahmen der Investitionen (links) und Reduktion der Energieimporte (rechts), 2010 bis 2030 (Mio. €).

Die gesamtwirtschaftliche Wirkung des Meseberg-Programms ist deutlich in zwei Phasen gegliedert (vgl. Abbildung 3-5):

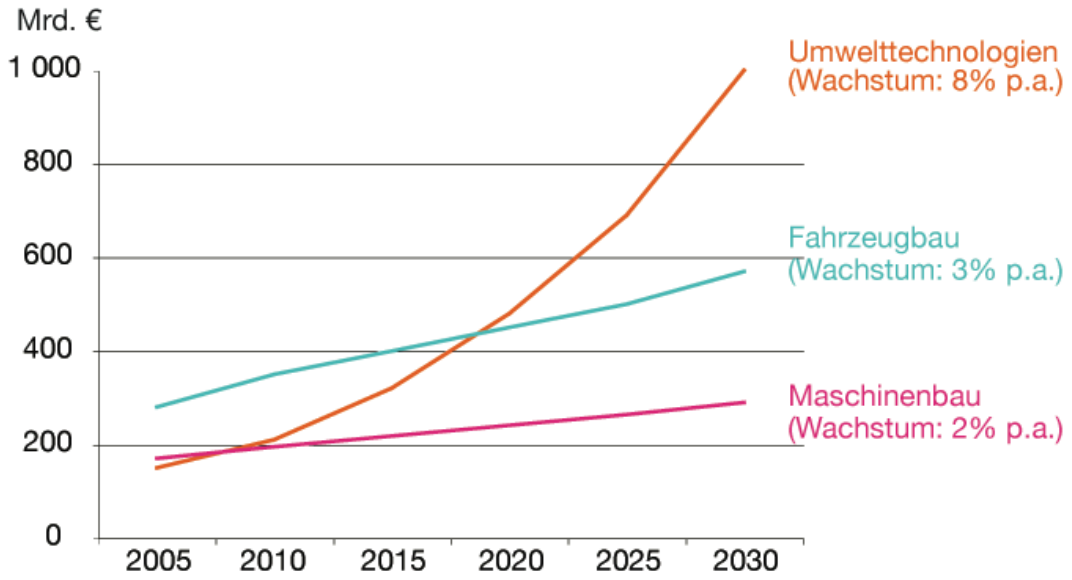
- In der ersten Phase treiben vor allem die zusätzlichen Investitionen für den Klimaschutz den Anstieg der Investitionskomponente. In 2020 stammt der größte Wachstumsbeitrag mit rund 60% von den Investitionen, von denen knapp zwei Drittel direkte Klimaschutzinvestitionen sind und ein Drittel durch Zweitrundeneffekte induzierte zusätzliche Investitionen.
- Mit Beginn der zweiten Phase nach 2020 nimmt das Wachstum des Konsums durch die Multiplikator- und Akzeleratoreffekte zu und steuert rund 60% zum zusätzlichen BIP in 2030 bei. Da ASTRA als ökonomisches Modell für die EU29 konzipiert ist, führt der Anstieg des deutschen BIP zu zusätzlichen Importen aus den EU-Ländern, wodurch deren BIP steigt und diese wiederum mehr Güter importieren, von denen Deutschland dann einen Teil liefert. Diese Rückkopplung über Handelsströme führt zu dem dargestellten leichten Wachstum der deutschen Exporte.



Quelle: Berechnungen des ISI mit dem ASTRA-Modell

Abbildung 3-5: Dynamik der Wachstumsbeiträge der Komponenten des BIP.

Nach Roland Berger (2007) ist damit zu rechnen, dass der Weltmarkt für Umwelttechnologien in 2030 auf etwa 2 200 Mrd. € steigt, wovon etwa 1 700 Mrd. € im Jahr 2020 auf klimaschutzrelevante Technologien (inklusive Verkehr) entfallen. Insgesamt wird damit die Bedeutung der Klimaschutzgüter – und weiterer Umwelttechnologien – für die deutsche Industrie erheblich zunehmen (vgl. Abbildung 3-6).



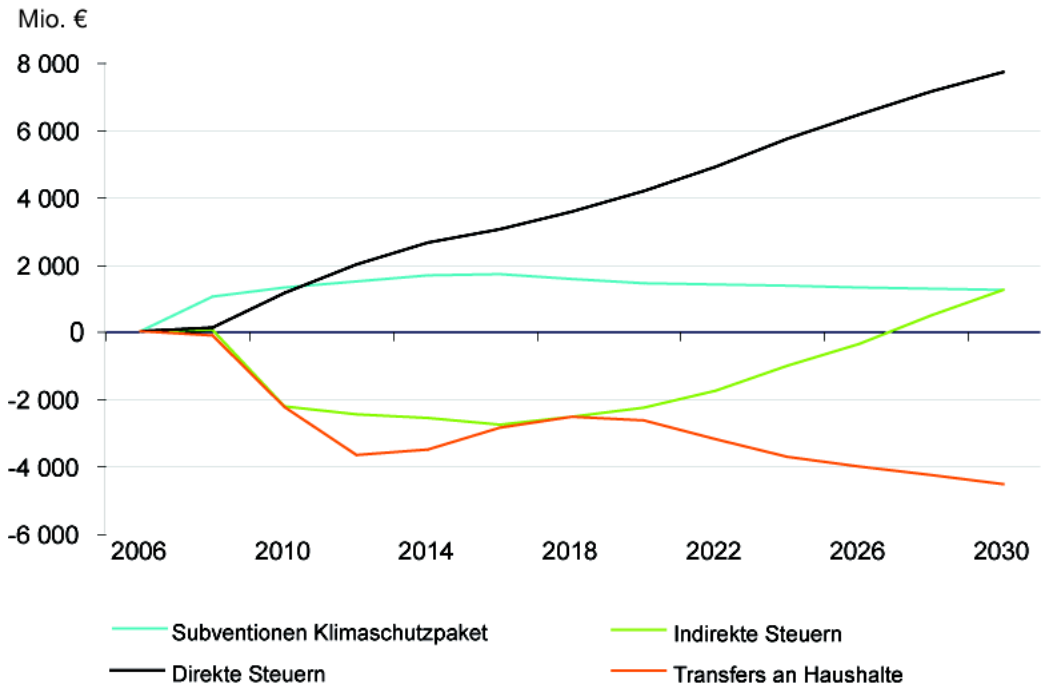
Quelle: Roland Berger (2007)

Abbildung 3-6: Umsatzprognose der Umwelttechnologien im Vergleich bis 2030 Deutschland.

Eine vorteilhafte Realisierung des Meseberg-Programms wird dazu beitragen, dass Deutschland bei der Etablierung eines Lead-Markts für Umwelttechnologien noch besser aufgestellt ist und entsprechend erfolgreich am Wachstum des Weltmarktes partizipiert. In einer Szenarioanalyse, in der dieser Markterfolg unterstellt wird, ergibt sich für das Jahr 2020 ein zusätzliches außenhandelsinduziertes Nachfragevolumen nach deutschen Klimaschutztechnologien in Höhe von ca. 17 Mrd. €. Dadurch würde sich das BIP nochmals durchschnittlich um gut 20 Mrd. €/a. zwischen 2010 und 2030 erhöhen. In der Dekade von 2015 bis 2025 könnte solch ein Exportimpuls zu rund 200 000 zusätzlichen Beschäftigten führen.

Auch der Staatshaushalt profitiert von der Umsetzung des Klimaschutzpaketes. Die knapp 2 Mrd. € jährlichen Subventionen zur Implementierung des Klimaschutzpake-

tes werden trotz sinkender Einnahmen aus indirekten Steuern (z.B. aufgrund verringerter Einnahmen bei den Mineralölsteuern) durch steigende Einnahmen bei den direkten Steuern sowie verringerte Transferleistungen, die beide durch die zunehmende Beschäftigung bedingt sind, überkompensiert (siehe Abbildung 3-7). Im Ergebnis läge dann die Staatsverschuldung in 2030 um rund 180 Mrd. € niedriger als ohne Klimaschutzpolitik.



Quelle: Berechnungen des ISI mit dem ASTRA-Modell

Abbildung 3-7: Veränderung wesentlicher Komponenten des Staatshaushaltes.

4 Innovationen für den Klimaschutz: Der Blick über 2030 hinaus

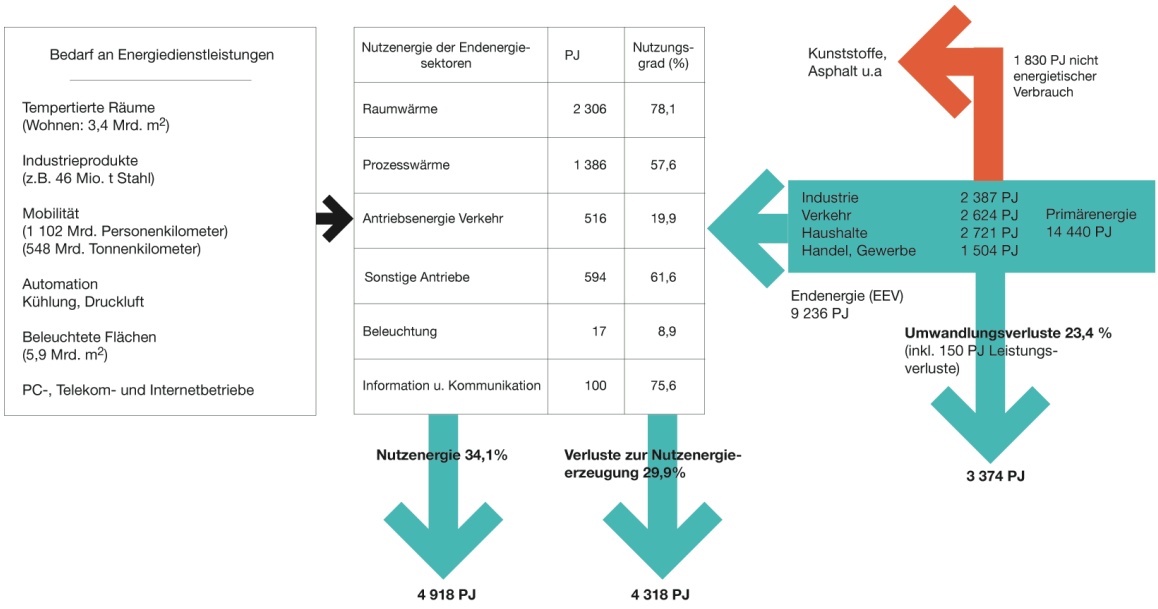
Der Zeithorizont des Meseberg-Programms reicht bis 2020, und die hier vorgelegten Quantifizierung für Energiebedarf und Treibhausgasemissionen Deutschlands hat einen Zeithorizont bis 2030. Entscheidend zur Lösung des Klimaproblems ist aber auch der Blick über 2030 hinaus, vor allem im Hinblick auf die Entwicklung der Schwellenländer. Klar ist, dass eine zukunftsweisende klima- und energiepolitische Strategie auf zwei zentralen Prinzipien basiert: Erstens auf einer massiven Steigerung der Energieeffizienz, um den deutlich reduzierten Energiebedarf schließlich aus Erneuerbaren Energien decken zu können, sowie, zweitens, auf mit CCS versehenen Kohlekraftwerken - falls die CCS-Technologie hält, was sie verspricht.

Gelegentlich wird die Befürchtung geäußert, dass die Energieeffizienz-Potentiale in 20 bis 30 Jahren erschöpft seien. Zudem wird angeführt, dass angesichts einer erwarteten Weltbevölkerung von 9 Mrd. Menschen am Ende dieses Jahrhunderts und einem im Vergleich zu heute 10- bis 15-fach höheren Weltsozialprodukt die Ausweitung des Energieangebotes energiepolitische Priorität genießen müsse. Diese These wird gestützt mit dem Hinweis, dass der spezifische Bedarf energieintensiver Prozesse der Grundstoff-Industrie sich bis auf etwa 10 bis 20% dem theoretischen Minimum nähere, was ebenfalls für viele Energieumwandlungsgeräte wie z.B. Elektromotoren, Generatoren, Kesselanlagen usw. gelte.

Diese Befürchtung des sog. „Rolltreppen-Effektes“ verkennt, dass der Pro-Kopf-Primärenergiebedarf in den Industrieländern schon jetzt um einen Faktor 5 reduziert werden kann. Hierbei geht es nicht nur um technische Potentiale der Energieeffizienz, sondern auch um mehr Effizienz und Substitution bei der Nutzung energieintensiver Materialien sowie um soziale und unternehmerische Innovationen, die das Nachfrageverhalten, Entscheidungsroutinen, Prioritäten und Präferenzen verändern können. Für eine schnelle Umsetzung der bestehenden Potentiale für Effizienz und erneuerbare Energien sind die Kenntnis und Nutzung der jeweiligen Innovationssysteme von erheblicher Bedeutung.

Heutige Energieverluste verweisen auf die zukünftigen Effizienzpotentiale

Die Energieverluste auf drei Ebenen - der Nutzenergie, der Endenergiewandlung und der Primärenergiewandlung - sind heute immer noch sehr hoch (siehe Abbildung 4-1):



Quelle: Fraunhofer-ISI (2006)

Abbildung 4-1: Energieflussdiagramm und Energieverluste auf allen drei Stufen der Energienutzung und -wandlung, Deutschland 2004.

- Bei der Nutzenergie wird häufig unterstellt, dass diese Energie benötigt werde, um die geforderten Dienstleistungen zu erbringen. Die benötigte Nutzenergie ist aber immer abhängig von der eingesetzten Technologie, was man am Passivhaus gegenüber dem Durchschnitt des Gebäudebestandes anschaulich machen kann. Die Verluste auf dieser Nutzenergieebene betragen etwa ein Drittel, bezogen auf die Primärenergie in Deutschland (größte Verluste entsteht im Bereich der Raumwärme in Höhe von etwa 2 300 PJ, die zu mindestens 90% als Verlust zu bezeichnen sind);
- bei der Wandlung von Endenergie beobachtet man 30% Verluste (größter Beitrag durch die Straßenfahrzeuge mit fast 80% des Benzin- und Dieseleinsatzes), und
- bei der Umwandlung von Primärenergie in Endenergie sind es 23% (größte Verluste bei den thermischen Kraftwerken zwischen 67% und 41%).

Im Ergebnis führt dies dazu, dass nur etwa ein Drittel der eingesetzten Primärenergie tatsächlich für Mobilität, Produktion, Heizen und Dienstleistungen genutzt wird.

Schließlich gehen etwa 12% des Primärenergieaufwandes in den nicht-energetischen Verbrauch für Kunststoffe, Asphalt u.a., insbesondere auf der Basis von Erdöl und Erdgas. Auch kann die Effizienz von energieintensiven Materialien durch vielfältige Maßnahmen wesentlich erhöht werden, so dass deren reduzierende Wirkung auf den Primärenergiebedarf mit 0,5% pro Jahr zu veranschlagen ist (Enquete-Kommission 2002).

Technische Effizienzpotentiale

Bereits die Untersuchungen der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre" 1990 des Deutschen Bundestages, aber auch neuere Studien zeigen, dass der Primärenergiebedarf zur Befriedigung der menschlichen Bedürfnisse an Energiedienstleistungen auf Basis der heutigen Bedürfnisstruktur binnen der nächsten 60 bis 80 Jahre um möglicherweise mehr als 80%, d.h. um den Faktor 5 reduziert werden könnte. Diese Potentiale lassen sich in vier technische Kategorien strukturieren (Jochem et al. 2004):

1. Verbesserung der Energieeffizienz im Bereich der **Energieumwandlung** (z. B. Motoren, Turbinen, Kompressoren, Wärmetauscher, Wärmepumpen, Photovoltaik),
2. Verminderung des Nutzenergiebedarfes durch **Prozessänderungen und -substitutionen** (z. B. Passivhäuser, sehr leichte Fahrzeuge, Substitution thermischer Trenn- und Syntheseprozesse durch physikalisch-chemische und biotechnologische Verfahren),
3. Verstärkte **Verwertung und verbesserte Materialeffizienz energieintensiver Materialien** (z. B. Vermeidung von Fehlchargen, verbesserte Materialeigenschaften, mehr Recycling (mit besserer Trennung), Re-use),
4. Ersatz von derzeit genutzten Werkstoffen und Materialien durch **weniger energieintensive Werkstoffe** (z.B. Leichtmetalle, neue Kunststoffe, auf

Biomasse basierte Kunststoffe oder direkte Verwendung von Naturfasern, Holz u.a.)

Insgesamt sind die Energie- und Material-Effizienz-Potentiale in diesen vier Bereichen erheblich; sie werden heute bei weitem unterschätzt. Forschung und Entwicklung eröffnen hier die große Chance, langfristig den Primärenergiebedarf eines Industrielandes um den Faktor 5 gegenüber heute zu senken. Verstärkend können sich zudem organisatorische und unternehmerische Innovationen wie z. B. Intensivierung der Nutzung von Investitionsgütern und langfristigen Gebrauchsgütern (z.B. Baumaschinen, Carsharing, Lohnaufträge für energieintensive Prozesse) auswirken. Diese Vision einer hocheffizienten Industriegesellschaft am Ende dieses Jahrhunderts wurde in der Schweiz mit dem Begriff der „2 000 Watt pro Kopf-Gesellschaft“ bezeichnet.

Erneuerbare Energien und Rückhaltung/Speicherung von CO_2

Neuere Studien (z. B. Nitsch 2007) zeigen, dass erneuerbare Energien bis zum Jahr 2050 das Potential haben, mehr als 50% des derzeitigen Endenergieverbrauchs in Deutschland, d.h. mehr als 3 000 PJ/a bereitzustellen. Im Bereich der erneuerbaren Stromerzeugung kann der Anteil am Endenergieverbrauch bei etwa 80% und bei Wärme und Kraftstoffen bei mehr als 40% liegen. Diese hohen Potentiale werden durch Biomasse, Solarenergie, Windenergie, Geothermie und Wasserkraft bereitgestellt, welche in ihrer zeitlichen Diffusion und hinsichtlich ihrer Kostenreduktionspotentiale wie folgt beurteilt werden:

- Der derzeit hohe Beitrag der Biomasse zu den erneuerbaren Energien von etwa 68% sinkt bis 2050 auf etwa 38%, wobei die absolute Endenergieerzeugung bis 2050 auf etwa 1 200 PJ noch deutlich zunehmen kann. Die Potentiale der Biomasse werden bis zur Mitte des Jahrhunderts weitgehend ausgeschöpft sein, sofern nicht industriell produzierte Biomasse (z. B. Algen) hinzukommen.
- Die Solarenergie (Photovoltaik, thermische Kollektoren, Solarstrom aus europäischem Verbund, auch aus Nordafrika) zeigt die höchsten Wachstumspotentiale von einem Anteil von derzeit etwa 2% an der Erzeugung erneuerbarer Energien auf etwa 24% im Jahr 2050. Bei den Solartechnologien

werden auch die höchsten Kostenreduktionspotentiale erwartet. Während bei der Photovoltaik bis 2020 die Parität mit Endkundenpreisen für Strom erreicht werden kann, wird bis 2050 die Wettbewerbsfähigkeit mit thermischen Kraftwerken erwartet.

- Die Windenergie kann bis zur Mitte des Jahrhunderts in Deutschland eine installierte Leistung von rund 60 GW aufweisen und etwa 200 TWh Strom erzeugen. Insbesondere die Offshore-Windenergie zeigt dabei sehr hohe Wachstums- und Innovationspotentiale und kann bis 2050 mehr als ein Fünftel des Stromverbrauchs abdecken; die Nutzung der Meeresströmung ist eine weitere zusätzliche Option.
- Die Geothermie kann bis 2050 etwa 20 TWh zur Stromerzeugung und 100 TWh zur Wärmeerzeugung beitragen. Die Geothermie zeigt hohe Kostensenkungspotentiale insbesondere bei hydrothermalen Anwendungen.
- Das Potential der Wasserkraft in Deutschland ist weitgehend ausgeschöpft; man kann ein sehr geringes Wachstum von etwa 10 bis 20% durch Leistungssteigerungen bei Re-Investitionen und Re-Vitalisierungen kleiner Anlagen erwarten.

Die Mobilisierung dieser Potentiale setzt neben einem Abbau nicht-ökonomischer Hemmnisse einen gezielten Umbau der Stromnetze (auch mit Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ)) sowie weitere technische und organisatorische Innovationen in erheblichem Maße voraus. Außerdem ist für die schnelle Kostensenkung auch international ein ambitionierter Ausbau dieser Technologien notwendig.

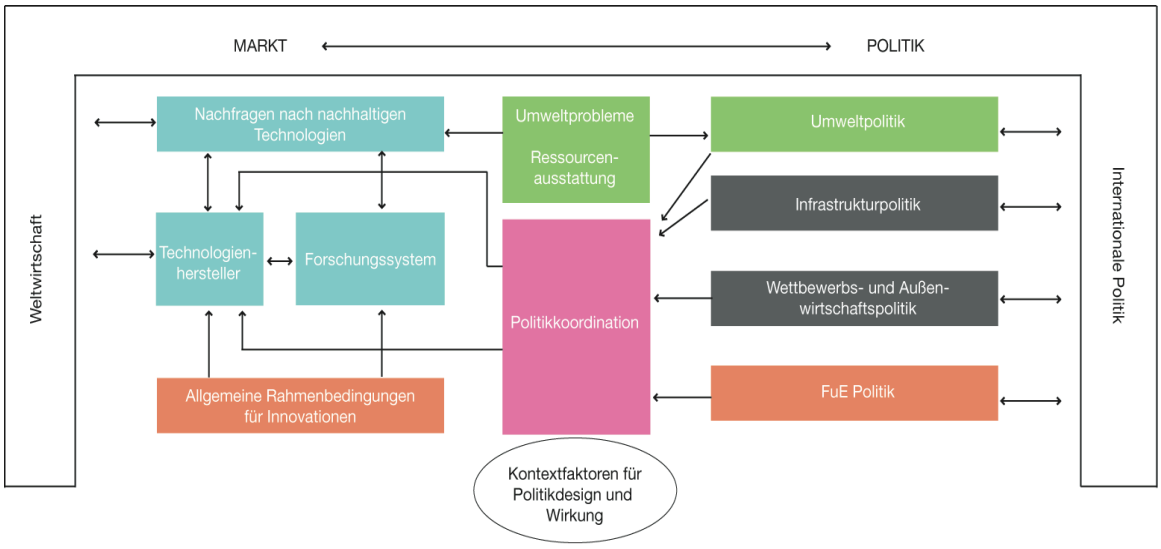
Angesichts der in Deutschland und weltweit hohen Kohleanteile an der Stromerzeugung erhalten die Techniken zur Rückhaltung von CO_2 aus thermischen Großkraftwerken und dessen Speicherung eine klimaschutzpolitisch besondere Bedeutung. Diese Technologien könnten in großindustriellem Maßstab ab etwa 2020 zur Verfügung stehen und dann bis 2050 entscheidend dazu beitragen, dass die Vereinbarkeit von Wirtschaftswachstum und Absenkung der heutigen globalen Treibhausgase bis Mitte und weiter bis Ende dieses Jahrhunderts gelingt.

Innovationen beschleunigen durch Nutzung und Konzertierung

Die heutige Forschung sowie die Produkt-, Anlagen- und Fahrzeugentwicklung muss intensiver als bisher unter Ressourceneffizienz-Gesichtspunkten angelegt sein. Dabei geht es nicht nur um die Ressourceneffizienz einzelner Produkte, Maschinen, Anlagen und Fahrzeuge, sondern auch um die der entsprechenden Systeme (z. B. Flug- *versus* Schienenverkehr, Städtebau mit getrennten und durchmischten Siedlungsfunktionen).

Eine Effizienzstrategie und diejenige der Nutzung erneuerbarer Energien werden sich naturgemäß auf vielfältige Ansatzpunkte, eine große Anzahl von Akteuren und - einzeltechnologisch betrachtet - oft nur auf geringe Einzelpotentiale beziehen. Dies führte bislang dazu, dass die „kleinteilig“ anmutenden Potentiale der technischen Optionen auf Grund von Kommunikationsdefiziten und vergangener Trends zu Großanlagen nicht bewusst genug erschlossen wurden.

Die notwendige Steigerung der Innovationsdynamik kann nur erfolgreich sein, wenn die Bedingungen für die Weiterentwicklung von Klimaschutztechnologien berücksichtigt werden. So ist hier eine aktive staatliche Innovations- und Technologiepolitik erforderlich. Lernerfolge im Markt sowie die Pfadabhängigkeit von technologischen Entwicklungen sind von großer Bedeutung. Dabei ist eine Vielfalt an Technologien, die im Wettbewerb nebeneinander weiterentwickelt werden, nützlich. Eine Beschränkung der Förderung auf wenige Klimaschutztechnologien ist zur Steigerung der Innovationsdynamik weniger geeignet.



Quelle: Walz et al. (2008a)

Abbildung 4-2: Schema des „Systems of Sustainability Innovation“-Ansatzes

Ein funktionierendes Innovationssystem ist durch **Netzwerkbildung zwischen Forschung, Entwicklung und Anwendung** gekennzeichnet (vgl. Abbildung 4-2). Neue und sich schnell durchsetzende Lösungen hängen wesentlich vom Zusammenspiel der betroffenen Akteure ab. Beim Übergang zu einer weitgehend emissionsfreien Wirtschaft nimmt dieses Zusammenspiel die Gestalt eines **offenen Technologiewettrennens** an.

5 Leuchtturmprojekte

Um das Klimaproblem zu lösen, braucht die Menschheit Innovationen im Sinne von Einsteins Satz: „Wir können die Probleme der Welt nicht mit den Denkmustern lösen, die zu ihnen geführt haben“. Ziel dieses Projektes ist es, neben den analytischen Arbeiten auch beispielhaft Aktivitäten zu entwickeln, die den Innovationsprozess anhand von identifizierten Leuchtturm- und Markteinführungsprojekten beschleunigen. Hierzu werden fünf Beispiele für Leuchtturmprojekte genannt, die das Potential haben, Innovationen anzustoßen und neue Denkmuster zu fördern. Eine erfolgreiche Umsetzung des Meseberg-Programms hat diese und viele weitere Leuchtturmprojekte zur Voraussetzung.

Beispiel 1: Lernende lokale Energieeffizienz-Netzwerke als hocheffizienter Mechanismus zur Steigerung der Energieproduktivität in der Industrie (Jochem et al. 2007). Dabei handelt es sich um moderierte Treffen von Unternehmensnetzwerken: Durch Expertenvorträge und einen regelmäßigen Erfahrungsaustausch unter den Energieverantwortlichen erhalten die Teilnehmer alle relevanten Informationen, um Energieeffizienz- und Substitutionsmaßnahmen in den Betrieben zügig umzusetzen. Derzeit existieren in der Schweiz 70 und in Deutschland 10 Energieeffizienz- bzw. Klimaschutz-Netzwerke. Diese Netzwerke erreichen eine Verminderung des spezifischen Energieverbrauchs um 2 bis 3% pro Jahr gegenüber dem Durchschnitt der Wirtschaft von 1% pro Jahr.

Beispiel 2: Aufbau von Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungslinien (HGÜs) in Deutschland - Schritt zu einem *SuperSmart Grid* zur europaweiten Nutzung erneuerbarer Energien (Czisch 2006). HGÜs haben nur etwa 50% der Verluste der heutigen Wechselstromtechnologie. Dadurch ermöglichen HGÜs einen verstärkten Einsatz erneuerbaren Stroms durch den effizienten Stromtransport von den Produktionsstandorten zu den Verbrauchsregionen. Deutschland kann damit heute Emissionen senken und Erfahrungen sammeln im Hinblick auf die europaweite Nutzung von Sonne aus dem Mittelmeerraum und von Windenergie vom Atlantik sowie der Nord- und Ostsee.

Beispiel 3: Infrastruktur für Elektromobile in ausgewählten städtischen Agglomerationsräumen. Die vom früheren SAP-Vorstandsmitglied *Shai Agassi* geleitete Firma „Project Better Place“ hat gemeinsam mit Israel und Renault-Nissan ein groß angelegtes Pilotprojekt zur Förderung solar betriebener Elektromobile gestartet; ein analoges Projekt, das auf Windenergie abzielt, wurde in Dänemark initiiert. In Deutschland können städtische Agglomerationsräume gezielt die Nutzung von Elektromobilen im Stadt- und Pendlerverkehr fördern, indem Parkgelegenheiten mit Lademöglichkeiten für Elektromobile angeboten werden. Dabei können Erfahrungen mit der elektronischen Steuerung der Ladevorgänge in verteilten Netzen gesammelt werden. Wenn sich Elektromobile durchsetzen sollten, muss ihre Entwicklung mit der Nutzung zusätzlicher erneuerbarer Energien im Rahmen eines *SuperSmart Grids* (siehe Leuchtturmprojekt 2) einhergehen, um Emissionsminderungen zu erzielen.

Beispiel 4: CCS-Kraftwerk-Pilotprojekte zur Prüfung und – falls die Prüfung positiv ausfällt – Entwicklung dieser viel versprechenden Technologie (Wilson et al. 2008). Grundsätzlich ist es möglich, das CO_2, welches in fossilen Kraftwerken entsteht, abzufangen und in geologischen Formationen zu speichern. Wenn dadurch keine unbeherrschbaren langfristigen Risiken entstehen und die zusätzlichen Kosten der Stromproduktion nicht zu hoch ausfallen, wird diese Technologie weltweit eine Schlüsselrolle spielen. Entsprechende Pilotprojekte haben deshalb hohe Dringlichkeit, um die nötigen Informationen zu gewinnen.

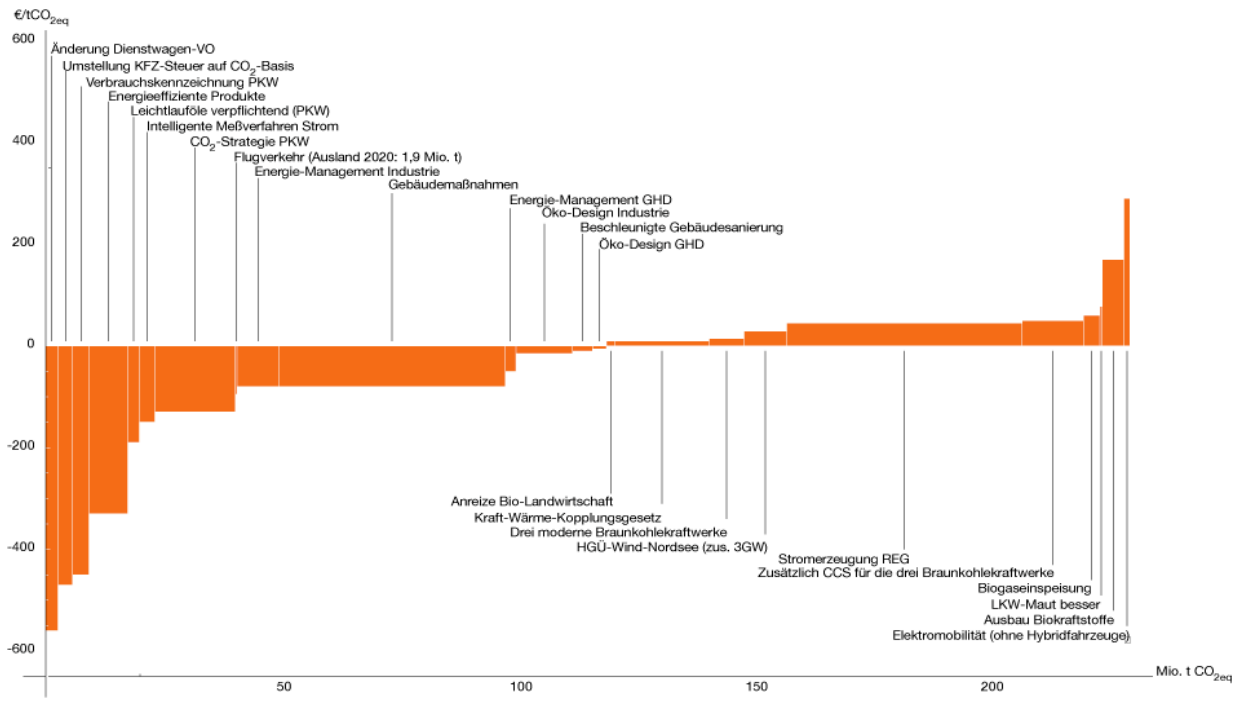
Beispiel 5: Der Deutsche Klimafonds - Baustein eines effektiven Regimes zur weltweiten Finanzierung der Klimapolitik im 21. Jahrhundert (Jaeger et al. 2008). Für die innere Kongruenz der deutschen Klimapolitik wird es entscheidend sein, einen erheblichen Anteil der Erlöse aus der Versteigerung von Emissionsrechten in einen Deutschen Klimafonds (DKF) einzubringen. Der DKF kann innovative Lösungen im In- und Ausland durch Public-Private-Partnerships fördern. Analoge Instrumente können auf internationaler Ebene entstehen. In Deutschland kann das Finanz-Forum Klimawandel der High-Tech-Strategie der Bundesregierung eine wichtige Diskussionsplattform zur Vorbereitung des DKF bieten.

Um in den kommenden Jahren sinnvolle Leuchtturmprojekte zum Klimaschutz zu entwickeln, empfiehlt es sich, im Rahmen eines Innovations-Wettbewerbs Ideen und Konzepte für klimafreundliche Innovationen anzuregen und zu sichten. Prämiert werden dabei herausragende Ideen, die das Potential besitzen, einen wesentlichen Beitrag zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen oder zur Anpassung an den Klimawandel zu leisten. Der deutsche Klimafonds kann solche Ideen aufgreifen und im Rahmen von Public-Private Partnerships von der Seed- über die Start-Up-Phase bis zur erfolgreichen Vermarktung mitfinanzieren. Wie in Kapitel 6 dieses Berichts erläutert, ist dabei ein umfassender Ansatz wichtig: Zusammen mit der Bereitstellung von finanziellen Mitteln werden die jeweiligen Pionierpersönlichkeiten mit einem Netzwerk von Akteuren aus Marketing, Organisationsentwicklung, Produktion und Finanzwirtschaft in Kontakt gebracht, das einen Resonanzboden für klimafreundliche Investitionen bietet.

6 Schlussfolgerungen

Die Zielsetzung der Bundesregierung, bis 2020 die Treibhausgas-Emissionen Deutschlands gegenüber 1990 um 40% zu reduzieren, verlangt weitere Emissionsreduktionen um knapp 250 Mio. t CO_{2eq} zwischen 2008 und 2020. Die vorliegende Studie zeigt, dass dieses Ziel nicht nur erreichbar ist, sondern dass die deutsche Volkswirtschaft durch eine kluge Implementierung der Klimaschutzmaßnahmen deutlich profitieren kann.

Diese Win-Win-Situation beruht darauf, dass bei richtigen Anreizen die Anstrengungen zur Emissionssenkung einen Investitionsschub auslösen, welcher den technischen Fortschritt der deutschen Wirtschaft beschleunigen wird. Dabei wird besondere Kompetenz in den Bereichen aufgebaut, die in den kommenden Jahren überdurchschnittliche Exportchancen eröffnen. Um diese Chance zu nutzen, ist eine aktive Rolle der Finanzwirtschaft mit neuen Formen der Public-Private Partnership wesentlich, damit die erforderlichen Investitionskredite und weitere Finanzmittel mobilisiert und zielführend eingesetzt werden können.



Quelle: Berechnungen des PIK

Abbildung 6-1: Gegenwärtig zu erwartende Vermeidungskosten für unterschiedliche Maßnahmen[8]

Ordnet man die hier untersuchten Minderungspotentiale nach ihren gegenwärtig zu erwartenden Vermeidungskosten (vgl. Abbildung 6-1), so sind

- etwa die Hälfte der erforderlichen Minderungen mikro-ökonomisch potentiell rentabel. Dabei wurden begleitende Nebeneffekte wie z.B. Schallschutz, bessere Produktqualität, weniger Ausschuss noch nicht mitberücksichtigt. Dass diese Minderungen nicht schon längst realisiert wurden, liegt an Informationsdefiziten, hohen Transaktionskosten, mangelhaften Marktstrukturen, Koordinationsproblemen, anderen Präferenzen und Systemträgheiten wie z.B. unangepassten technischen Richtlinien;
- die andere Hälfte repräsentieren Vermeidungskosten in Höhe von 10 bis 100 € je vermiedener Tonne CO_{2eq};

[8] Die Abbildung nicht die Maßnahmen „fluorierte Treibhausgase“, „Materialeffizienz“ und „Alle Nicht-CO_2-Treibhausgase“, da diese in dieser Form nicht abbildbar sind.

- Im Durchschnitt des gesamten Maßnahmenpakets errechnen sich für die Investoren Erlöse von durchschnittlich 34 € je Tonne vermiedenes CO_{2eq} in 2020, da der rentable Anteil der Maßnahmen leicht überwiegt;
- Zwei Maßnahmen (Biokraftstoffe und Elektromobilität) haben Vermeidungskosten jenseits von 150 €/t CO_{2eq}. Hier handelt es sich um noch junge Technologien, die fortentwickelt werden müssen – bei den Biokraftstoffen mit Blick auf Biomass-to-Liquid und bei Elektromobilität mit Blick auf Antriebseffizienz, Batterietechnologie und die emissionsarme Bereitstellung des zusätzlich benötigten Stroms.

Die geschätzten Vermeidungskosten sind von den Größenordnungen her mit denen früherer Studien vergleichbar (vgl. McKinsey 2007, IEKP 2008). Ein Punkt-für-Punkt-Vergleich kann dennoch nicht unmittelbar vorgenommen werden, insbesondere weil die vorliegende Studie auch Betriebskosten einbezieht, aktuellere Energiepreisannahmen trifft und bei der Beschreibung der Maßnahmen den aktuellen Stand der politischen Entscheidungen abbildet.[9]

Die vorgelegten Abschätzungen beziehen sich auf eine Situation, in der die deutsche Wirtschaft durch den europäischen Emissionshandel ein wichtiges politisches Signal aufgenommen hat. Die vorliegende Studie zeigt damit, dass die Kombination von Emissionshandel und sektoralen oder technologie-spezifischen Maßnahmen eine für Deutschland potentiell äußerst attraktive Klima-, Energie- und Wirtschaftspolitik ergibt.

In Deutschland ist die Ausgangslage für eine ambitionierte Klimapolitik besonders günstig, weil drei Faktoren zusammentreffen:

- Die deutsche Wirtschaft hat einen historisch gewachsenen Wettbewerbsvorteil bei Produkten, deren Herstellung großes Know-how einer Vielzahl von Beschäftigten verlangt;
- Trotz verbesserter Konjunkturdaten bestehen weiterhin beträchtliche ungenutzte Kapazitäten am Arbeitsmarkt;

[9] Daraus ergibt sich auch, dass die Vermeidungspotentiale z. T. höher ausfallen als von McKinsey geschätzt – wobei zusätzlich ins Gewicht fällt, dass in jener Studie Änderungen im Produktdesign explizit ausgeschlossen wurden.

- Schließlich leidet die deutsche Wirtschaft seit einigen Jahrzehnten an einer zunehmenden Investitionsschwäche, die durch eine innovationsorientierte Klima- und Energiepolitik abgebaut werden kann.

In dieser Situation machen es das Meseberg-Programm und die diskutierten weiteren Maßnahmen (im Umfang von rund 74 Mio. t CO_{2eq}) möglich, das Ziel der Bundesregierung, die Treibhausgasemissionen bis 2020 im Vergleich zu 1990 um 40% zu reduzieren, umzusetzen. Weitere technische Fortschritte und steigende Energiepreise würden die Maßnahmen noch attraktiver machen. Die Realisierung dieses Ziels ist eine große Herausforderung für Wirtschaft, Bevölkerung und Politik, weil sie mit einem Umdenkprozess einhergeht. Die Botschaft lautet: Klimaschutz ist eine große Chance für die deutsche Wirtschaft und für ein langfristig nachhaltiges globales Energiesystem. Bei adäquater Umsetzung des Meseberg-Programms und weiterer Maßnahmen entstehen bis 2020 in Deutschland mindestens 500 000 zusätzliche Arbeitsplätze, im Jahr 2030 könnten es mindestens 900 000 Stellen sein.

An den Beispielen der in der Studie skizzierten Leuchtturm- bzw. Markteinführungsprojekten wird erstens deutlich, wie intensiv die Zusammenarbeit zwischen den betroffenen Wirtschaftszweigen, der Verwaltung und angewandter Forschung sein muss, und zweitens, dass zur schnellen Marktdiffusion zeitnah innovative unternehmerische Konzepte und Finanzierungsformen gefunden werden müssen.

Je klarer Regierung und Wirtschaft die Signale dafür setzen, dass angesichts der Herausforderung des Klimawandels in den kommenden Jahrzehnten eine neue industrielle Revolution beginnt, desto eher wird die deutsche Wirtschaft hiervon auch profitieren können.