

Gesamtwirtschaftliche Wirkungen
von Energieeffizienzmaßnahmen
in den Bereichen Gebäude,
Unternehmen und Verkehr

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Förderkennzeichen 205 46 434
UBA-FB 001097

Gesamtwirtschaftliche Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen in den Bereichen Gebäude, Unternehmen und Verkehr

von

**Dr. Wolfgang Schade
Arne Lüllmann
Ruth Beckmann
Dr. Jonathan Köhler**

Fraunhofer-Institut System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3763 verfügbar. Hier finden Sie auch eine Kurzfassung.

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

ISSN 1862-4359

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Benjamin Lünenbürger (Fachgebiet I 1.4)
Ulrike Wachsmann (Fachgebiet I 2.2)

Dessau-Roßlau, Oktober 2009

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB 001097	2.	3.
4. Titel des Berichts Gesamtwirtschaftliche Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen in den Bereichen Gebäude, Unternehmen und Verkehr		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Schade, W.; Lüllmann, A.; Beckermann, R.; Köhler, J.		8. Abschlussdatum 31. März 2009
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Fraunhofer-Institut System und Innovationsforschung (ISI) Breslauer Straße 48 76139 Karlsruhe, Germany		9. Veröffentlichungsdatum Oktober 2009
		10. UFOPLAN-Nr. 205 46 434
		11. Seitenzahl 100
		12. Literaturangaben 44
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau		13. Tabellen und Diagramme 27
		14. Abbildungen 51
		15. Zusätzliche Angaben
16. Kurzfassung Im August 2007 entwickelte die Bundesregierung das Integrierte Energie- und Klimaschutzprogramm von Meseberg (IEKP). Diese Studie untersucht die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen des IEKP für Deutschland. Der Fokus der Analyse in IEKP-Makro liegt auf der Ermittlung der Wirkung des IEKP auf makroökonomische Größen, d. h. des Einflusses auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP), den Konsum, die Investitionen und die Beschäftigung. Die Analyse verknüpft eine Bottom-up Betrachtung der einzelnen Maßnahmen mit einer gesamtwirtschaftlichen Analyse. Die Maßnahmewirkungen werden in ein ASTRA-Modell eingespeist und triggern die ökonomischen Effekte, wie eine Veränderung der Endnachfrage nach Investitions- und Konsumgütern. Insgesamt wurden fünf Szenarien analysiert und mit einem an das Projekt Politikszenerarien IV angelehnten Referenzszenario des ASTRA-Modells verglichen. Als Gesamtfazit der Analyse lässt sich festhalten, dass kurz- bis mittelfristig der Investitionsimpuls, der durch die Maßnahmen der Meseberg-Szenarien ausgelöst wird, einen Wachstumsschub bringt. Langfristig wirkt sich die durch die Maßnahmen kumulierte Senkung der Energieausgaben stärker aus, insbesondere für die Sicherung bzw. das Wachstum der Beschäftigung.		
17. Schlagwörter IEKP, Energiepolitik, Energieeffizienz, Klimaschutzmaßnahmen, Astra-Modell, gesamtwirtschaftliche Wirkung, Konsum, makroökonomische Analyse, Szenarien, Beschäftigung, Investitionen		
18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB 001097	2.	3.
4. Report Title Macroeconomic impacts of energy efficiency measures in the housing, business and transport sectors		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Schade, W.; Lüllmann, A.; Beckermann, R.; Köhler, J.		8. Report Date March 31st 2009
6. Performing Organisation (Name, Address) Fraunhofer-Institut System und Innovationsforschung (ISI) Breslauer Straße 48 76139 Karlsruhe, Germany		9. Publication Date October 2009
		10. UFOPLAN-Ref. No. 205 46 434
		11. No. of Pages 100
		12. No. of Reference 44
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau		13. No. of Tables, Diagrams 27
		14. No. of Figures 51
15. Supplementary Notes		
16. Abstract In August 2007 the German government agreed on the Integrated Energy and Climate Package (IECP) at Meseberg. This IECP-Macro study analyses the macroeconomic impacts of the IECP in Germany. The focus of analysis in IECP-Macro was on macroeconomic indicators, in particular on gross domestic product (GDP), consumption, investment and employment. This study links a bottom-up analysis of single policy measures with a macroeconomic analysis. The bottom-up impacts are fed into the ASTRA model, in which they trigger the macroeconomic impacts, e.g. a change of final demand in terms of investment or consumption. In total five scenarios have been analysed and have been compared with a reference scenario of the ASTRA model that has been aligned with the business-as-usual scenario of the project "Politics Scenarios IV". The basic conclusion of the analysis is that the economic stimulus of increased investment in climate policy stimulates economic growth in the short- and medium-term. Energy savings have the greatest effect to safeguard or even increase employment in the long run.		
17. Key words IEKP, Energy Policy, energy efficiency, climate change protection, Astra Model, macroeconomic analysis, consumption, scenarios, employment, investment		
18. Price	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

A	Zusammenfassung	1
B	Executive Summary.....	3
C	Einleitung	5
D	Aufbau der Szenarien und Maßnahmen	6
E	Ökonomische Wirkungen von Klimaschutzpolitik	10
E.1	Übersicht der Literatur	10
E.2	Makroökonomische Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen	12
F	Beschreibung des Modellinstrumentariums	17
F.1	Beschreibung des ASTRA-Modells	17
F.1.1	Abbildung von Politiken in ASTRA	20
F.1.2	Anwendung des ASTRA-Modells in IEKP-Makro.....	21
F.1.3	Direkte Effekte und Zweitrundeneffekte der Klimapolitik.....	24
F.2	Schnittstelle mit den Bottom-up-Analysen	25
F.3	Erweiterung von Astra und Aufbau des Gebäudemoduls	27
F.3.1	Gebäudebestand und Sanierungstätigkeit	28
F.3.2	Datenlage.....	29
F.3.3	Funktionsweise und Aufbau des Moduls.....	30
F.3.4	Definition der Szenarien im Gebäudemodul	31
F.3.5	Modellergebnisse des Gebäudemoduls.....	32
G	Beschreibung und Analyse von Referenz- und Hauptszenarien	38
G.1	Beschreibung der Szenarien	38
G.1.1	Referenzszenario	38
G.1.2	Meseberg Szenario: Maßnahmen und CO ₂ Einsparungen	43
G.1.3	MesebergPlus Szenario: Maßnahmen und CO ₂ Einsparungen.....	45
G.2	Gesamtwirtschaftliche Wirkungen der beiden Hauptszenarien	47
G.3	Sektorwirkungen der beiden Hauptszenarien	54
G.3.1	Sektorwirkungen: Meseberg Szenario	54
G.3.2	Sektorwirkungen: MesebergPlus Szenario	58
H	Beschreibung und Analyse von Maßnahmenpaketen.....	64
H.1	Energieeffizienz in Unternehmen (MaP 1)	64
H.2	Energieeffiziente Gebäude (MaP 2)	68
H.3	Klimaeffizienz des Straßenverkehrs (MaP 3)	72
H.4	Synthese: Vergleich der Maßnahmenpakete mit den Hauptszenarien	78
I	Schlussfolgerungen	85
	Anhang	89
	Anhang 1: Liste der ökonomischen Sektoren in ASTRA (NACE-CLIO)	89
	Anhang 2: Ergebnistabellen	90
	Literaturverzeichnis.....	97

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Struktur und Interaktionen des ASTRA-Modells	18
Abbildung 2: Struktur des 4-Stufen Verkehrsmodells	19
Abbildung 3: Abbildung des Verkehrssystems durch Differenzierung von Verkehrsträgern, Fahrtzwecken und Entfernungsbändern	20
Abbildung 4: Verknüpfung der Maßnahmen des Meseberger Klimapaketes (Bottom-up) mit den Komponenten der ökonomischen Modelle in ASTRA	23
Abbildung 5: Aufbau des Investitionsmodells in ASTRA	24
Abbildung 6: Schematische Darstellung von direkten Effekten und Zweitrundeneffekten anhand exemplarischer Bottom-up Impulse	25
Abbildung 7: Bottom-up Impuls der Klimaschutzinvestitionen bis 2030	27
Abbildung 8: Sanierungsrate für Heizungs- und Dämmtechnik im Zeitraum 1990 bis 2030	32
Abbildung 9: Zeitliche Entwicklung des Wohngebäudebestands im Modell	33
Abbildung 10: Anzahl der modernisierten Wohngebäude pro Jahr im Zeitraum 1990 bis 2030	34
Abbildung 11: Heizenergiebedarf in Deutschland von 1990 bis 2030	35
Abbildung 12: Jährliche THG-Emissionseinsparungen im Gebäudebereich	36
Abbildung 13: Investitionen in Gebäude in Deutschland im Zeitraum 1990 bis 2030	37
Abbildung 14: Zusätzliches Wachstum des BIP in den Hauptszenarien gegenüber dem Referenzszenario	47
Abbildung 15: Saldo der Klimaschutzinvestitionen für die beiden Hauptszenarien	48
Abbildung 16: Wirkung auf die Gesamtinvestitionen für die beiden Hauptszenarien	49
Abbildung 17: Vermiedene Energieimporte für die beiden Hauptszenarien	50
Abbildung 18: Wirkung der Klimapolitik auf den Konsum in den Hauptszenarien	51
Abbildung 19: Beschäftigungswirkung der Hauptszenarien im Vergleich	52
Abbildung 20: Veränderung der Energieausgaben in der Industrie	52
Abbildung 21: Wirkungen auf den Staatshaushalt in den beiden Hauptszenarien	53
Abbildung 22: Zusammenfassung der Veränderung der Komponenten des BIP im Meseberg Szenario	54
Abbildung 23: Beschäftigungswirkung im Meseberg Szenario	55
Abbildung 24: Konsum nach Sektoren im Meseberg Szenario	56
Abbildung 25: Überblick über die vermiedenen und zusätzlichen Investitionen im Meseberg Szenario	56
Abbildung 26: Aufteilung der Veränderung der gesamten Investitionen auf die Sektoren	57
Abbildung 27: Veränderung der Energieausgaben	58
Abbildung 28: Zusammenfassung der Veränderung der Komponenten des BIP im MesebergPlus Szenario	59
Abbildung 29: Beschäftigungswirkung im MesebergPlus Szenario	60
Abbildung 30: Konsum nach Sektoren im MesebergPlus Szenario	60

Abbildung 31: Überblick über die vermiedenen und zusätzlichen Investitionen im MesebergPlus Szenario	61
Abbildung 32: Aufteilung der Veränderung der gesamten Investitionen auf die Sektoren	62
Abbildung 33: Veränderung der Energieausgaben	63
Abbildung 34: Veränderung des BIP durch Energieeffizienz in Unternehmen	66
Abbildung 35: Beschäftigungswirkung durch Energieeffizienz in Unternehmen	66
Abbildung 36: Investitionswirkung der Energieeffizienz in Unternehmen	67
Abbildung 37: Induzierte Änderung des Konsums durch Energieeffizienz in Unternehmen	67
Abbildung 38: Veränderung des BIP durch energieeffiziente Gebäude	70
Abbildung 39: Beschäftigungswirkung durch energieeffiziente Gebäude	71
Abbildung 40: Investitionswirkung durch energieeffiziente Gebäude	71
Abbildung 41: Änderung des Konsums durch energieeffiziente Gebäude	72
Abbildung 42: Veränderung des BIP durch Klimateffizienz des Straßenverkehrs	75
Abbildung 43: Beschäftigungswirkung durch Klimateffizienz des Straßenverkehrs	76
Abbildung 44: Investitionswirkung durch Klimateffizienz des Straßenverkehrs	76
Abbildung 45: Änderung des Konsums durch Klimateffizienz des Straßenverkehrs	77
Abbildung 46: Änderung der PKW-Flotte durch das MaP Klimateffizienz Straßenverkehr	78
Abbildung 47: Wachstum des Bruttoinlandsprodukts in den Maßnahmenpaketen	80
Abbildung 48: Vergleich der Beschäftigungswirkung der Maßnahmenpakete	81
Abbildung 49: Investitionen in den Klimaschutz in den Maßnahmenpaketen	82
Abbildung 50: Gesamtinvestitionen in den Maßnahmenpaketen	82
Abbildung 51: Konsumänderung in den Maßnahmenpaketen	83

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Übersicht über die betrachteten Maßnahmen in den Meseberg Szenarien	8
Tabelle 2	Ergebnisse der Maßnahmen 10a, 11, 12, 14 und Z2	37
Tabelle 3:	Bevölkerung und Altersstruktur in Deutschland, 2005-2030	39
Tabelle 4:	Wirtschaftsentwicklung in PSz-IV-Rahmendaten und in ASTRA, 2005-2030	39
Tabelle 5:	Wertschöpfung nach Wirtschaftszweigen (reale Preise, Preisbasis 2000), 2000-2030	40
Tabelle 6:	Industrieproduktion (reale Preise, Preisbasis 1995), 2000-2030.....	40
Tabelle 7:	Preise für Mineralöl, Erdgas und Kohle (reale Preise, Preisbasis 2000), 2000-2030	41
Tabelle 8:	Preise für Elektrizität (reale Preise, Preisbasis 2000), 1995-2030	41
Tabelle 9:	Entwicklung der Personenverkehrsleistung, 2000-2030	42
Tabelle 10:	Entwicklung der Güterverkehrsleistung, 2000-2030.....	42
Tabelle 11:	Modellmäßig berücksichtigte Maßnahmen des Meseberg Szenarios in IEKP-Makro (gekennzeichnet als M-Maßnahmen).....	44
Tabelle 12:	Treibhausgaseinsparungen im Meseberg Szenario im Vergleich zum Referenzszenario in [Mio. t CO _{2eq} /a].....	45
Tabelle 13:	Zusätzliche Maßnahmen des MesebergPlus Szenarios in IEKP-Makro.....	46
Tabelle 14:	Treibhausgaseinsparungen im MesebergPlus Szenario in [Mio. t CO _{2eq} /a]	46
Tabelle 15:	Maßnahmenpaket Energieeffizienz in Unternehmen (MaP 1).....	64
Tabelle 16:	Ökonomische Impulse des Maßnahmenpaketes Energieeffizienz (MaP 1).....	65
Tabelle 17:	Maßnahmenpaket energieeffiziente Gebäude (MaP 2).....	68
Tabelle 18:	Ökonomische Impulse des Maßnahmenpaketes energieeffiziente Gebäude (MaP 2).....	69
Tabelle 19:	Maßnahmenpaket Klimateffizienz des Straßenverkehrs (MaP 3)	73
Tabelle 20:	Ökonomische Impulse des Maßnahmenpaketes Klimateffizienz des Straßenverkehrs (MaP 3)	74
Tabelle 21:	Überblick der Treibhausgas-Einsparungen in Szenarien und Maßnahmenpaketen.....	79
Tabelle 22:	Ranking der Szenarien und Maßnahmenpakete bzgl. der makroökonomischen Variablen	84
Tabelle 23:	Ergebnistabelle Meseberg Szenario.....	91
Tabelle 24:	Ergebnistabelle MesebergPlus Szenario.....	92
Tabelle 25:	Ergebnistabelle Maßnahmenpaket Energieeffizienz in Unternehmen (MaP 1).....	93
Tabelle 26:	Ergebnistabelle Maßnahmenpaket energieeffiziente Gebäude (MaP 2).....	94
Tabelle 27:	Ergebnistabelle Maßnahmenpaket Klimateffizienz Straßenverkehr (MaP 3).....	95

Verzeichnis der Abkürzungen

ASTRA	Assessment of Transport Strategies (Simulations-Modell)
BIP	Bruttoinlandsprodukt
Bottom-up	Ansatz der Quantifizierung von Maßnahmewirkungen auf Technologie- und ggf. Nutzerebene
CCS	Carbon Capture and Storage
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
ENEV	Energieeinsparverordnung für Gebäude
EUA	European Union Allowance, Europäisches CO ₂ Emissionsrecht
GHD	Gewerbe, Haushalte und Dienstleistungen
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaschutzprogramm der Bundesregierung von 2007
IEKP-Makro	Projektkurzbezeichnung für Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen des IEKP (dieses Projekt)
IEKP-Mikro	Projektkurzbezeichnung für Wirtschaftlicher Nutzen des Klimaschutzes
Impuls	Ergebnis der Bottom-up Analyse der als Input in die makroökonomische Analyse eingeht
IO-Tabelle	Input-Output Tabelle der deutschen Volkswirtschaft
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (jetzt auch KfW Bankengruppe)
KlimInvest	Projektkurzbezeichnung für Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland
MaP	Maßnahmenpaket, Gruppierung von thematisch passenden Einzel-Maßnahmen zu einem Maßnahmenpaket
Mio.	Millionen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
M-Maßnahme	Maßnahme die bereits im Meseberger IEKP enthalten ist
MMS	Mit-Maßnahmen Szenario – Basisszenario des Projektes PSz-IV
Mrd.	Milliarden
NACE-CLIO R25	NACE = General industrial classification of economic activities within the European communities, CLIO = Classification and nomenclature of input-output, R25 = version with 25 economic sectors
PKW	Personenkraftwagen
PSz	Projektkurzbezeichnung des UBA-Forschungsprojektes „Politik-szenarien für den Klimaschutz“ (Projektfamilie PSz-IV, PSz-V etc.)
SRES	Special Report on Emission Scenarios
THG	Treibhausgase
Z-Maßnahme	Maßnahme die zusätzlich zum Meseberger IEKP definiert wurde

A Zusammenfassung

Im August 2007 entwickelte die Bundesregierung das Integrierte Energie- und Klimaschutzprogramm von Meseberg (IEKP). Erste Maßnahmen zur Umsetzung des Programmes wurden am 05. Dezember 2007 im Bundestag beschlossen. Das IEKP hat zum Ziel die CO₂-Emissionen Deutschlands bis 2020 um 40 % gegenüber 1990 zu reduzieren.

Diese Studie untersucht die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen des IEKP für Deutschland. Hierbei wurden die Maßnahmen mit ihrem Planungs- bzw. Implementierungsstatus des Frühjahres 2008 betrachtet. Außerdem werden ausgewählte Maßnahmen des IEKP thematisch zu Maßnahmenpaketen gebündelt und für drei Maßnahmenpakete eine gesamtwirtschaftliche Analyse erarbeitet. Der Fokus der Analyse in IEKP-Makro liegt auf der Ermittlung der Wirkung des IEKP auf makroökonomische Größen, d. h. des Einflusses auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP), den Konsum, die Investitionen und die Beschäftigung. Nicht in die Betrachtung fällt der Einfluss der (eingesparten) externen Kosten, z. B. der positiven gesamtwirtschaftlichen Wirkungen in Folge geringerer Klimafolgekosten durch Klimaschutzmaßnahmen.

Die Analyse verknüpft eine Bottom-up Betrachtung der einzelnen Maßnahmen mit einer gesamtwirtschaftlichen Analyse. Die Bottom-up Analyse erfolgt auf der Technologie- und Akteursebene, während die gesamtwirtschaftliche Analyse auf sektoraler Ebene und den Aggregaten der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (z. B. privater Konsum, Investitionen, BIP, Staatshaushalt) durchgeführt wird. Erstere wurde im Projekt KlimInvest (Jochem et al. 2008) geleistet und wird mit einer Ausnahme komplett für dieses Projekt übernommen. Letztere erfolgt in erweitertem Umfang durch Anwendung des ASTRA Modells in diesem Projekt. Die Bottom-up Betrachtung liefert Zeitreihen der direkten Maßnahmewirkungen von 2008 bis 2030. Zu den direkten Maßnahmewirkungen zählen die notwendigen Investitionen zur Umsetzung einer Maßnahme, die sich daraus ergebenden Veränderungen der laufenden Energiekosten bzw. -ausgaben, die Einsparung an importierten fossilen Energieträgern und die vom Staat zu tragenden Programmkosten.

Diese direkten Maßnahmewirkungen werden in das ASTRA-Modell eingespeist und triggern die ökonomischen Effekte, wie eine Veränderung der Endnachfrage nach Investitions- und Konsumgütern. Letztere hängt zum Einen von der veränderten Budgetsituation ab (z. B. weniger Konsumausgaben für Energie, mehr für effiziente Produkte) und zum Anderen von den unterschiedlichen Elastizitäten der Substitution als Reaktion auf Produktpreisänderungen aufgrund von geänderten Energieausgaben. In der Folge dieser Erstrundeneffekte ergeben sich im ASTRA-Modell Zweitrundeneffekte, die zu den im Folgenden dargestellten gesamtwirtschaftlichen Effekten führen.

Insgesamt wurden fünf Szenarien analysiert und mit einem an das Projekt Politikszennarien IV angelehnten Referenzszenario des ASTRA-Modells verglichen:

- Meseberg Szenario: Umsetzung der IEKP-Maßnahmen.
- MesebergPlus Szenario: Umsetzung der IEKP-Maßnahmen plus Erweiterung durch Zusatz-Maßnahmen, um -40 % Treibhausgas-Emissionen bis 2020 zu erreichen.
- Maßnahmenpaket 1: Energieeffizienz in Unternehmen.
- Maßnahmenpaket 2: Energieeffiziente Gebäude.
- Maßnahmenpaket 3: Klimateffizienz des Straßenverkehrs.

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.

Alle drei Maßnahmenpakete führen auch zu einer Steigerung von Wachstum und Beschäftigung in Deutschland. Keines der untersuchten drei Maßnahmenpakete erzielt für sich die Wirkung der beiden Meseberg Szenarien. Dies zeigt, dass jedes der Pakete einen Beitrag zur Gesamtwirkung der Meseberg-Szenarien leistet. Es lassen sich aber unterschiedliche Wirkungsschwerpunkte für die Maßnahmenpakete identifizieren. Die energieeffiziente Sanierung der Gebäude induziert bis 2020 den größten Wachstumsimpuls gefolgt von dem klimateffizienten Straßenverkehr und der Energieeffizienz in Industrie und Dienstleistungssektoren. Vor allem bei der Energieeffizienz in Unternehmen verstärkt sich der Wachstumsimpuls bis 2030 kontinuierlich

Betrachtet man die Beschäftigung sind 2020 energieeffiziente Gebäude, Energieeffizienz in Unternehmen und Klimateffizienz des Straßenverkehrs fast gleich auf (in dieser Reihenfolge). Allerdings steigert sich der Beitrag der Energieeffizienz in Unternehmen bis 2030 nochmals deutlich, während er bei den anderen beiden Maßnahmenpaketen stagniert.

Als Gesamtfazit der Analyse lässt sich festhalten, dass kurz- bis mittelfristig der Investitionsimpuls, der durch die Maßnahmen der Meseberg-Szenarien ausgelöst wird, einen Wachstumsschub bringt. Langfristig wirkt sich die durch die Maßnahmen kumulierte Senkung der Energieausgaben stärker aus, insbesondere für die Sicherung bzw. das Wachstum der Beschäftigung.

B Executive Summary

In August 2007 the German government agreed the Integrated Energy and Climate Package (IECP) at Meseberg, Eastern Germany. The objective of the IECP is to achieve a reduction of greenhouse gas emissions of Germany by -40% by 2020 compared with the level of 1990. The first policies implementing the package were agreed by the German parliament on December 5th 2007.

The IECP-Macro (in German IEKP-Makro) study analyses the macroeconomic impacts of the IECP in Germany. For this analysis the policies have been considered as if they were implemented or planned in spring 2008. Further to an analysis of the full IECP the policies have been combined to form three thematic policy packages for which macroeconomic analyses have been carried out as well. The focus of analysis in IECP-Macro was on macroeconomic indicators, in particular on gross domestic product (GDP), consumption, investment and employment. The analysis excluded the impact of external costs, e.g. the positive effect of savings of long-term adaptation cost due to mitigation policy reducing climate change.

This study links a bottom-up analysis of single policy measures with a macroeconomic analysis. The bottom-up analysis is conducted at the level of technologies and agents, while the macroeconomic analysis is at the sectoral level and the system of national accounts (e.g. private consumption, investment, GDP, government budget). The bottom-up analysis comes from the KlimInvest project (Jochem et al. 2008) with the exception of selected measures on rehabilitation of insulation and energy systems in houses. This comes in this project from a new module integrated into the ASTRA model. The bottom-up analysis of measures provides a forecast for the time period 2008 until 2030. The forecast includes investment to implement a measure, the changes of specific energy cost and expenditures for energy use, savings of imports of fossil fuels and the programme cost to be funded by the government.

The bottom-up impacts are fed into the ASTRA model, in which they trigger the macroeconomic impacts, e.g. a change of final demand in terms of investment or consumption. The latter depends on the one hand on the budget or consumption effect (e.g. less consumption of final energy, more expenditures for highly efficient appliances) and on the other hand on the substitution effect: different elasticities of substitution in response to the change of product prices due to the change of energy cost of producers of goods and services. The direct effects caused by the bottom-up impulses induce second round effects in the ASTRA model, which together generate the macroeconomic impacts as described in this report.

In total five scenarios have been analysed and have been compared with a reference scenario of the ASTRA model that has been aligned with the business-as-usual scenario of the project Politikszenerarien IV (ÖI et al. 2008).

- Meseberg Scenario: Implementation of the measures of the IECF.
- MesebergPlus Scenario: Implementation of the measures of the IECF plus additional measures to actually achieve the -40% reductions of greenhouse gases until 2020.
- Policy package 1: Energy efficiency improvements in industry and services.
- Policy package 2: Energy efficient buildings.
- Policy package 3: Climate efficient road transport.

The two Meseberg scenarios result in clearly positive macroeconomic impacts for Germany. The Meseberg scenario leads to additional employment of about +380.000 persons in 2020, and the MesebergPlus scenario to about +630.000. GDP can be increased by 70 billion € and 81 billion € in 2020, respectively. The improved economic development is largely caused by two impulses of the policy: increased investment and reduced energy expenditures. Additionally the investments increase productivity and the trade balance is improved as less fossil fuels have to be imported.

All three policy packages lead to an increase of economic growth and employment in Germany as well. None of the policy packages is as effective on its own as one of the Meseberg scenarios. This shows that all the thematic policy areas contribute to the economic effectiveness of the Meseberg scenarios and thus the climate policy. However, different major impact mechanisms can be identified for the three policy packages. Energy efficient buildings induce the largest economic stimulus until 2020 followed by climate efficient road transport and energy efficiency in industry and services. In particular, the latter continue to improve economic development until 2030.

With respect to employment the impacts of energy efficient buildings, energy efficiency in industry and services as well as climate efficiency of road transport are close to each other in 2020. But the increase of employment continues until 2030 for energy efficiency in industry and services, while it stagnates in the two other policy packages.

The basic conclusion is that in the short- and medium-term the economic stimulus of increased investment by the climate policy delivers the larger improvement. In the long run the energy savings and the savings of energy expenditures are more effective, in particular with regard to safeguarding or even increasing employment.

C Einleitung

Ziel des Projektes IEKP-Makro war eine gesamtwirtschaftliche Bewertung und Analyse von Maßnahmen des Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramm der Bundesregierung (IEKP) des Jahres 2007 durchzuführen. Dieser Endbericht beschreibt das Vorgehen und die Analyseergebnisse für zwei Hauptszenarien, von denen eines dem IEKP entspricht und eines dem Klimapolitikscenario des Projektes KlimInvest. Außerdem wurde ein Teil der in den Hauptszenarien enthaltenen Maßnahmen drei thematischen Maßnahmenpaketen zugeordnet und diese Pakete separat untersucht und bewertet. Alle Szenarien wurden mit einem Referenzszenario verglichen welches im Projekt KlimInvest (Jochem et al. 2008) aus dem Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) des Projektes Politikscenarien für den Klimaschutz IV (PSz-IV, ÖI et al. 2008) hergeleitet wurde. Die Definition der Maßnahmen folgt dem Stand von Mai 2008. Nachfolgende Konkretisierungen durch Richtlinien oder Gesetze der Bundesregierung konnten nicht berücksichtigt werden. Für Maßnahmen ohne eindeutige Regelung im IEKP wurden zielführende Ausgestaltungen angenommen, die bereits weitgehend im Projekt KlimInvest festgelegt wurden.

Bei der Bearbeitung von IEKP-Makro sollte eine Vergleichbarkeit mit den vorhergehenden Projekten PSz-IV und KlimInvest erhalten bleiben. Durch die Nutzung des gleichen Modellinstrumentariums, d. h. des ASTRA-Modelles, eines vergleichbaren Referenzszenarios und der ökonomischen Impulse der Maßnahmen aus dem KlimInvest Projekt, konnte dies auch erreicht werden. Abweichungen bestehen hinsichtlich der Einbeziehung eines neu entwickelten Gebäudemodells und einiger kleiner Anpassungen in ASTRA bei ausgewählten Maßnahmen. Dadurch weichen die Zahlenergebnisse des Meseberg+ Szenarios des KlimInvest Projektes (Klimapolitikscenario) leicht von den hier abgeschätzten Wirkungen des MesebergPlus Szenarios ab. Die positive Grundaussage des Szenarios bleibt aber erhalten.

Die Struktur der Arbeiten gliedert sich in vier Hauptabschnitte. Im ersten Hauptabschnitt (Kapitel D) werden die untersuchten Maßnahmen und Maßnahmenpakete erläutert. Dazu gehört eine Abgrenzung des Projektes zu den Vorgänger-Projekten zur Analyse des deutschen Energie- und Klimaschutzprogramms (IEKP) und eine Darstellung der untersuchten Hauptszenarien, die sich aus dem IEKP ableiten. Im zweiten Hauptabschnitt (Kapitel E) wird die Literatur zu ähnlich gelagerten Analysen der ökonomischen Wirkungen von Klimaschutzpolitik dargestellt. Im dritten Hauptabschnitt (Kapitel F) wird eine Beschreibung des verwendeten ASTRA-Modells und seiner Modellerweiterungen im Rahmen von IEKP-Makro gegeben. Insbesondere die Erweiterung um ein Gebäudemodul ist hier im Detail beschrieben. Der letzte Hauptabschnitt (Kapitel G bis I) stellt die Ergebnisse der Analysen des IEKP dar. Er beginnt mit der Vorstellung des Referenzszenarios sowie der beiden Hauptszenarien (Meseberg und MesebergPlus). Daran anschließend erfolgt die Präsentation und Analyse von drei thematischen Maßnahmenpaketen, die durch eine Synthese und Schlussfolgerungen abgerundet werden.

D Aufbau der Szenarien und Maßnahmen

IEKP-Makro ist als eigenständiges Projekt und Erweiterung der IEKP- und PSz-Projektfamilie konzipiert. Zu dieser Projektfamilie gehören die Projekte *Wirtschaftlicher Nutzen des Klimaschutzes* (IEKP-Mikro, ISI et al 2008), *Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland* (KlimInvest, Jochem et al. 2008) und *Politiksznarien für den Klimaschutz IV* (PSz-IV, Öl et al. 2008). IEKP-Makro nutzt Szenarien, Daten, Maßnahmespezifikationen und Modellinstrumente, die bereits für diese Projektfamilie erarbeitet wurden und erweitert die Forschungsergebnisse in Richtung einer differenzierteren gesamtwirtschaftlichen Analyse. Diese Differenzierung bedeutet die Definition und Berechnung von vier zusätzlichen Szenarien, um die Wirkung einzelner Teile des deutschen Energie- und Klimaschutzprogramms detaillierter und in abgegrenzter Form zu analysieren.

Ausgangspunkt für die Szenariodefinition in der gesamten Projektfamilie ist das Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) von PSz-IV (siehe Abschnitt G.1.1). Dieses Szenario enthält einen vollständigen Satz von Rahmendaten für Deutschland, der als Referenzpunkt für alle übrigen Projekte und damit auch für IEKP-Makro verwendet wird. Zu diesen Rahmendaten gehören die demographische Entwicklung, die wirtschaftliche Entwicklung, Energie- und CO₂-Zertifikatepreise. Das MMS definiert auch sektorale Entwicklungen, die nicht in allen Teilen komplett übernommen werden konnten, da aktuellere statistische Daten oder die Nutzung von entsprechend kalibrierten Modellen leichte Anpassungen erforderten. In diesen Fällen wurde darauf geachtet die Konsistenz für das Gesamtszenario zu erhalten.

Den zweiten Ausgangspunkt für die Szenariodefinition bilden die Beschlüsse der Bundesregierung die in den *Eckpunkten für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm* niedergelegt wurden (Bundesregierung 2007) und im Rahmen dieses Projektes als Integriertes Energie und Klimaschutzprogramm (IEKP) der Bundesregierung bezeichnet sind. Dieses IEKP besteht aus 29 Maßnahmen bzw. Maßnahmepaketen deren Details in der ursprünglichen Fassung der Bundesregierung oft nicht ausformuliert wurden. Die Spezifizierung der fehlenden Details wurde, sofern nicht durch weitere Beschlüsse der Bundesregierung mittlerweile erfolgt, in den Projekten IEKP-Mikro und KlimInvest vorgenommen und entsprechend für IEKP-Makro übernommen. Hinzu kommen zusätzliche Maßnahmen, die im Rahmen des von KlimInvest aufgebauten und abgeschätzten Meseberg+ Szenarios zur Erreichung einer Treibhausgas-Reduktion in Deutschland von -40 % bis 2020 definiert wurden. Auch diese Maßnahmen und ihre Spezifikation fließen in die Szenarien von IEKP-Makro ein. Als Einschränkung bzgl. der Einbeziehung von Maßnahmen in die gesamtwirtschaftliche Analyse in IEKP-Makro sind folgende Fälle zu nennen: (1) Maßnahmen deren ökonomische Wirkungen außerhalb Deutschlands auftritt z. B. internationale Klimaschutzprojekte (M27 des IEKP), und (2) Maßnahmen für die in KlimInvest nicht die erforderlichen Inputdaten für ASTRA quantifiziert wurden.

Unter diesen Rahmenbedingungen werden die folgenden Szenarien für die Analyse in IEKP-Makro definiert:

- **Referenzszenario (MMS)**: MMS des Projektes Politikszenerarien-IV mit Rahmendaten (Bevölkerung, BIP), Energiepreisen und Zertifikatpreisen (Öl et al. 2008). Die entsprechenden Variablen in ASTRA wurden an diese Rahmendaten angepasst, wobei ein exaktes Nachfahren der Entwicklung nicht möglich ist, wenn die entsprechenden Variablen in ASTRA endogen bestimmt werden, wie z. B. das BIP. Die Wirkung der übrigen Szenarien wird gegenüber diesem Referenzszenario ausgewiesen.
- **Hauptszenario-1 (auch bezeichnet als Meseberg Szenario)**: beinhaltet die 29 Maßnahmen des Meseberger IEKP.
- **Hauptszenario-2 (auch bezeichnet als MesebergPlus Szenario)**: das MesebergPlus Szenario baut auf dem Meseberg Szenario auf. Ziel des Szenarios ist die Definition eines Maßnahmenprogramms zur Erzielung einer Reduktion von Treibhausgasen in Deutschland von -40 % bis 2020 gegenüber 1990. Dafür wurde eine Reihe von zusätzlichen Maßnahmen (Z-Maßnahmen) definiert, die zu weiteren Einsparungen von Treibhausgasen gegenüber dem Meseberg Szenario führen würden. Dieses Szenario entspricht dem Klimapolitik-Szenario (Meseberg+), welches in KlimInvest analysiert wurde (Jochem et al. 2008).
- Eine weitere Vertiefung der Analyse liefern die drei einzeln betrachteten **Maßnahmenpakete (MaP)**, die es ermöglichen die Auswirkungen einer Gruppe von thematisch passenden Maßnahmen separat zu betrachten und die Bedeutung des Paketes für die Gesamtwirkung der beiden Hauptszenarien zu abschätzen.

Es ergibt sich somit eine Konsistenz mit dem KlimInvest Projekt bzgl. des Referenzszenarios und des MesebergPlus Szenarios, während die übrigen Szenarien spezifisch für IEKP-Makro abgeschätzt wurden. Die Bottom-up Input-Daten der Maßnahmen wurden soweit möglich in allen Szenarien von KlimInvest übernommen.

Tabelle 1 bietet eine Übersicht über die in der Analyse berücksichtigten Maßnahmen des IEKP und die zusätzlich definierten Maßnahmen aus KlimInvest, die auch in diesem Projekt verwendet wurden.

Tabelle 1: Übersicht über die betrachteten Maßnahmen in den Meseberg Szenarien

Nr.	Maßnahmen im Meseberg und MesebergPlus Szenario
M1	KWK-Gesetz
M2	Ausbau der erneuerbare Energien im Stromsektor
M3	CO ₂ -arme Kraftwerkstechnologie
M4	Intelligente Messverfahren Strom
M5	Saubere Kraftwerkstechnologien
M6	Einführung von Energiemanagementsystemen
M7	Förderung von Klimaschutz + Energieeffizienz
M8	Energieeffiziente Produkte
M9	Einspeiseregulierung für Biogas
M10a	Energieeinsparverordnung für Gebäude
M10b	Austausch von Nachtspeicheröfen
M11	Betriebskosten Mietwohnungen
M12	CO ₂ -Gebäudesanierungsprogramm
M13	Energetische Modernisierung der sozialen Infrastruktur
M14	Erneuerbare Wärme Gesetz (EEWärmeG)
M15	Energetische Sanierung von Bundesgebäuden
M16	CO ₂ – Strategie Pkw (CO ₂ Obergrenzen für PKW)
M17	Ausbau der Nutzung von Biokraftstoffen
M18	Umstellung der Kfz-Steuer auf CO ₂ Emission als Bemessungsbasis
M19	CO ₂ Labelling anhand der Effizienz der Pkw
M20	Verbesserte ökologische Lenkungswirkung der Lkw-Maut
M21	Flugverkehr (Paket)
M22	Schiffsverkehr (Paket)
M23	Reduktion fluorierte THGase
M24	Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen
M26	Förderung der Elektromobilität
	Zusatz-Maßnahmen im MesebergPlus Szenario
Z1	Tempolimit Pkw auf Autobahnen
Z2	Beschleunigte Gebäudesanierung
Z3	Verpflichtende Nutzung von Leichtlaufölen für PKW
Z4	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) Nordsee
Z6	Drei neue effiziente Braunkohlekraftwerke
Z7	CCS für die drei neuen Braunkohlekraftwerke
Z8	Ökodesign-Richtlinie für Industrie und GHD

Zur vertieften Analyse der Wirkungen einer erhöhten Energieeffizienz in allen Wirtschaftsbereichen werden aus den oben dargestellten Klimaschutzmaßnahmen drei Maßnahmenpakete (MaP) gebildet:

- MaP 1: **Energieeffizienz in Unternehmen** (M6, M7, M24, Z8),
- MaP 2: **Energieeffiziente Gebäude** (M10a, M10b, M11, M12, M13, M14, M15, Z2),
- MaP 3: **Klimaeffizienz Straßenverkehr** (M16, M18, M19, M20, M26, Z1, Z3)

Der vorliegende Endbericht quantifiziert die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen des IEKP sowie der drei Maßnahmenpakete. Im speziellen werden dabei die Reaktion des BIP Wachstums auf die verschiedenen Maßnahmenpakete im Vergleich zum Referenzszenario betrachtet. Außerdem wird die Wirkung auf den aggregierten Konsum, die Gesamtinvestitionen und die Energieimporte analysiert. Neben der Darstellung der aggregierten Wirkung wird Wert gelegt auf die sektorale Aufteilung der Beschäftigungswirkung, der Investitionen und des Konsums im Vergleich zum Referenzszenario.

Die Exporte wurden im Projekt KlimInvest bereits umfangreich behandelt. Sie werden daher für IEKP Makro nicht gesondert betrachtet, aber aus Gründen der Vollständigkeit werden die CO₂-Einsparungen pro Maßnahme und für die Pakete tabellarisch dargestellt. Diese stammen aus KlimInvest. Eine Neuberechnung von einzelnen Maßnahmen in IEKP-Makro wurde nicht vorgenommen (mit Ausnahme der Berechnungen zu Wohngebäuden), obwohl in einigen Fällen auch bei der CO₂-Einsparung durch Zusatzmaßnahmen bzw. Zusammenfassung zu Paketen Synergien erwartet werden können. So führt z. B. die Information über Energiesparmöglichkeiten schon zu Einsparungen an CO₂ (Meyer/Lutz 2008). Werden also mehr Maßnahmen verwirklicht, ergibt sich eine größere Öffentlichkeitswirkung und ein Synergieeffekt.

E Ökonomische Wirkungen von Klimaschutzpolitik

E.1 Übersicht der Literatur

Die umfangreiche wissenschaftliche Literatur zum Klimawandel betrachtet seine Auswirkungen auf ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Systeme unter dem Blickwinkel der Vulnerabilität (z. B. Laughlin/Dietz 2008; Smit/Wandel 2006; Adger 2006). Zugleich versucht sie die Folgen des Klimawandels über lange Zeiträume möglichst korrekt abzuschätzen und einen Überblick über zu erwartende Schäden zu erhalten (z. B. IPCC WGII 2007). Die potentiellen Schadenskosten des Klimawandels bilden einen wichtigen Vergleichsmaßstab für die Bewertung der ökonomischen Wirkungen von Vermeidungsstrategien und Klimaschutzpolitik.

Ein wichtiger Meilenstein war dabei die Veröffentlichung des Stern Review of the Economics of Climate Change 2007 mit dem Fokus auf die ökonomischen Folgen des Klimaschutzes und die daraus folgende Diskussion (siehe z. B. Dietz/Stern 2008; Weyant 2008). Eine weitere wichtige Literaturquelle sind die Assessment Reports des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), dabei sind besonders Arbeitsgruppe 2 "Impact and Adaptation" und Arbeitsgruppe 3 "Mitigation of Climate Change" des vierten Assessment Reports von Bedeutung. Darin werden für die Welt die Folgen des Klimawandels in verschiedenen Szenarien beschrieben, und Möglichkeiten zur Verringerung der Treibhausgas-Emissionen untersucht. Die Methode des Einsatzes von Szenarien für die Analyse des Klimawandels ist im Bereich der Klimafolgenforschung üblich. Eine detaillierte Beschreibung und Begründung für den Aufbau von Szenarien für die Analyse von Klimapolitik wurde durch den IPCC im Special Report on Emissions Scenarios gegeben (IPCC SRES 2000). Dabei werden Szenarien nicht als mehr oder weniger wünschenswerte Zukunft betrachtet, sondern als deskriptive Instrumente, um alternative Zukunftspfade darzustellen und zu analysieren (IPCC SRES 2000). Der vierte Assessment Report stellt die Risiken des Klimawandels dar. So steigt z. B. das Risiko extremer Wetterereignisse oder die Bedrohung bestimmter Ökosysteme. Der Klimawandel verlangt daher ein fortlaufendes Risikomanagement (IPCC WGII 2007).

Die Auswirkungen des Klimawandels aber auch die Maßnahmen zu seiner Verlangsamung betreffen die gesamte Volkswirtschaft. Daher ist es notwendig eine makroökonomische Analyse durchzuführen und die Effekte verschiedener Maßnahmenzenarien zu betrachten. Dazu werden häufig Computermodelle verwendet. Eine detaillierte Analyse der in den letzten Jahren für Deutschland zu den Effekten von Klimaschutzpolitik verwendeten Modelle findet sich bei Walz und Schleich (2008). Die Autoren unterscheiden dabei zwischen Top-Down und Bottom-Up Modellen bzw. einer Mischung von beiden.

Bei den Top-Down-Modellen handelt es sich um makroökonomische Modelle, die die Auswirkungen von Klimaschutzmaßnahmen auf die Wirtschaft aggregiert darstellen können. Den Kern bildet dabei gewöhnlich entweder ein Gleichgewichtsmodell oder

ein ökonometrisches Modell. Durch die aggregierte Betrachtungsweise spielt die Art der verwendeten Technologie keine Rolle, während Substitutionseffekte zwischen den Inputfaktoren über der Veränderung der relativen Preise in das Modell eingehen. Aus diesem Grund kommt den jeweiligen Substitutionselastizitäten in Top-Down-Modellen eine große Bedeutung zu, weil sie basierend auf einer Zeitreihe in der Vergangenheit, entscheidend die Ergebnisse des Modells für zukünftige Zeiträume beeinflussen. Ein zweiter wichtiger Faktor, der die Top-Down-Modelle mitbestimmt, ist die Ausgestaltung des Referenzszenarios, z. B. welche Raten man für die Steigerung der Energieeffizienz annimmt oder wie hoch der Anteil der einzusparenden Emissionen gesetzt wird. Ein weiterer nicht berücksichtigter Effekt bei den Top-Down-Modellen sind technologische Innovationen, die zum Klimaschutz beitragen könnten (Walz/Schleich 2008).

Dagegen beruhen reine Bottom-Up-Modelle auf einer technologieorientierten Sektorbasis. Sie beinhalten die Weiterentwicklung der Technologie über die Zeit und können so Effizienzsteigerungen berücksichtigen. Allerdings besteht bei diesem Modellansatz die Kritik, dass lediglich für bereits vorgegebene Produktivitäten und Emissionsziele die optimale Kostenkombination gesucht wird. Das beinhaltet die Annahme, dass bereits effizient produziert wird und die gesetzten Klimaziele ebenfalls optimal sind. Im Gegensatz dazu haben aber viele Klimaschutzmaßnahmen zum Ziel bisher unausgeschöpfte Klimaschutzpotenziale (no regret potential) in der Energieverwendung zu realisieren, eine Möglichkeit, die in der oben genannten Optimierung nicht einbezogen ist (Jochem et al. 2008; Walz/Schleich 2008). Weiter beziehen sie selten Konzepte wie Marktversagen, Transaktionskosten oder Unsicherheit ein. Sie eignen sich daher, um für einen bestimmten Sektor und gegebene Ziele Auswirkungen und Zeitpfade zu bestimmen, sind aber allein stehend für die gesamtwirtschaftliche Betrachtung und die Darstellung von Klimaschutzmaßnahmen nicht gut geeignet.

Die Verbindung von Bottom-Up- und Top-Down-Modellen versucht die Stärken beider Modelle zu vereinen. Die Verbindung löst das Problem der fehlenden Technologieorientierung von Top-Down-Modellen und ermöglicht gleichzeitig eine makroökonomische Betrachtung. Außerdem kann man so die Problematik der impliziten Verneinung unausgeschöpfter Klimaschutzpotenziale umgehen. Durch die Möglichkeit verschiedene Emissionsziele und Produktivitäten betrachten zu können, in Verbindung mit der Anbindung an technologische Bottom-Up Analysen, eignen sich die kombinierten Modelle gut für die Analyse von ganzen Politikprogrammen (Walz/Schleich 2008). So auch ASTRA. Es hat durch seine Modulstruktur sowohl Top-Down als auch Bottom-up Eigenschaften insbesondere im Verkehrs- und Gebäudesektor und kann z. B. verschiedene Politikpfade und die Reaktion der Gesamtwirtschaft sowie einzelner Sektoren simulieren. Zusätzlich können Strukturveränderungen abgebildet und durch vordefinierte Schnittstellen weitere Sektoren (z. B. der Energiesektor) auf der Bottom-up Ebene integriert werden.

Eine andere Unterscheidung zwischen den verschiedenen Modellen ist der Zeithorizont und der betrachtete geografische Bereich. Der betrachtete Zeitraum in *The Economics of Climate Change* (Stern, 2007; Stern 2008) erstreckt sich bis 2100, durchaus üblich für klimapolitische Analyse. IEKP-Makro analysiert die Auswirkungen der Klimapolitik bis 2030, im Vergleich dazu ein eher kurzer Zeithorizont in dem nur geringfügige Schäden des Klimawandels zu erwarten sind, der aber für die Begrenzung des Klimawandels von größter Bedeutung ist. Weiter betrachten viele Modelle nicht nur einzelne geografische Regionen, sondern die gesamte Welt (z. B. IPCC WGIII 2007). In IEKP-Makro wird lediglich Deutschland und seine spezifische Klimapolitik betrachtet und im Hinblick auf die Klimaschutzziele der Bundesregierung analysiert. Dennoch kann die Literatur über Modelle mit anderem lokalem oder temporalem Horizont in Form von Argumenten in die Bewertung der Szenarien und Maßnahmenpakete eingehen und spielt daher eine wichtige Rolle.

Eine breite und medienwirksame Diskussion im Bereich des Klimaschutzes betrifft die Diskontierung der zukünftigen Größen in den Modellen und der Be- oder Entlastung zukünftiger Generationen. Der Zeithorizont von IEKP Makro erstreckt sich von 2006 bis 2030, das bedeutet dass der Großteil der Entscheidungsträger und Konsumenten bereits heute am Wirtschaftsprozess teilnehmen. Fragen der intergenerationellen Gerechtigkeit (Heal 2008, Foley 2007) stellen sich daher nicht im Kontext des Modellierungsrahmens, der die ökonomischen Wirkungen bis 2030 abschätzt. Die Bewertung von Schäden durch den Treibhauseffekt nach 2030 wird in IEKP-Makro nicht betrachtet, weil zum Einen sie außerhalb des betrachteten Zeitraumes liegen und diese zum Anderen weitgehend als externe Kosten großteils in anderen Weltregionen anfallen und damit außerhalb der makroökonomischen Betrachtung in diesem Projekt liegen.

E.2 Makroökonomische Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über die wichtigsten makroökonomischen Zusammenhänge gegeben werden, die der Reaktion der Volkswirtschaft zugrunde liegen.

Zuerst sind hier Preis- und Kosteneffekte zu nennen. Durch klimapolitisch motivierte Maßnahmen können sich die relativen Preise von Gütern und Dienstleistungen verändern. Steigt z. B. der Preis für Energie geht die Nachfrage nach diesem Gut zurück und Energie wird sparsamer verwendet (Preiseffekt). Daneben wird Energie als Inputfaktor für Produkte verwendet. Der Preisanstieg bei der Energie erhöht folglich die Kosten für die Herstellung dieser Produkte (Kosteneffekt), die teilweise über die Preise an die Konsumenten weitergegeben werden können. Insbesondere im Hinblick auf Energierohstoffe liegen hier erhebliche Potenziale zur Einsparung von Emissionen und Energie und dadurch positive Beschäftigungseffekte (Fischer et al. 2004; Prognos 1999). Beide Effekte können natürlich, je nach Richtung der Preisänderung auch in die andere Richtung weisen.

Die Veränderung der Preise energieintensiver Güter geht durch direkte und indirekte Effekte in die Nachfrage ein. Der direkte Nachfrageeffekt der Klimaschutzmaßnahmen führt auf der Konsumseite zu einer Anpassung der Produktpreise je nach Energieintensität. Abhängig von der Elastizität der Nachfrage führt er damit zu einer positiven bzw. negativen Nachfragereaktion. Durch die Preisverschiebung ergibt sich eine andere Investitionsstruktur, weil nun andere Technologien rentabel werden. Außerdem führt die veränderte Struktur der Nachfrage ebenfalls zu einem neuen Investitionsbedarf auf der Seite der Produzenten, um sich anzupassen. Zuletzt hat eine veränderte Nachfrage im Inland Auswirkungen auf die importierten Energieträger. Wird weniger Energie im Inland benötigt z. B. durch Nutzung von Effizienzpotenzialen, entstehen volkswirtschaftliche Ersparnisse durch vermiedene Energieimporten (ISI et al. 2008).

Neben den Preis- und Kosteneffekten haben die Klimaschutzmaßnahmen auch einen Effekt auf Forschung und Entwicklung mit positiver Wirkung auf die Innovationstätigkeit. Durch den verstärkten Einsatz von Klimaschutztechnologien aufgrund von Preisveränderungen entstehen Rückwirkungen auf die Innovationsrichtung und –geschwindigkeit der Wirtschaft. In diesem Sinne wirkt das Klimaschutzpaket als "nachfrageorientierte Innovationspolitik" (Jochem et al. 2008; für weitere Informationen vgl. Fraunhofer-ISI 2006).

Außerdem hat die direkte Förderung klimaschonender Technologien durch das Klimaschutzpaket zusätzlich Einfluss auf die Innovationstätigkeit. Durch die forcierte Verbreitung neuer Technologien kommt es zu Skalen- und Lerneffekten und dadurch zu Kostensenkungen und weiteren Verbesserungen der emissionsarmen Technologien. Patentindikatoren zeigen, dass Deutschland im internationalen Vergleich im Bereich der Nachhaltigkeitsinnovationen bereits gut aufgestellt ist. Damit ergeben sich durch politische Förderung innovativer Klimaschutztechnologien zusätzliche Chancen auf dem Weltmarkt (ISI et al. 2008, Meyer-Krahmer 2004, Walz 2006).

Für die direkten ökonomischen Wirkungen hängt es nun davon ab, ob das Klimaschutzpaket eine eher kostenentlastende oder eine kostenbelastende Wirkung hat. Bei einer Kostenentlastung sind positive Wirkungen auf BIP und Beschäftigung wahrscheinlich, bei einer zusätzlichen Belastung kann es dagegen zu negativen Effekten auf beide Größen kommen (Jochem et al. 2008). Ein Beispiel für kostenentlastende Effekte von Klimaschutzmaßnahmen sind unausgeschöpfte Energiesparpotenziale aufgrund mangelnder Information. Wenn nun die Klimapolitik diskutiert und dabei insbesondere neue Vorschriften aus der Politik erwartet werden, werden diese Informationsdefizite abgebaut, die Potenziale erkannt und realisiert. In der Studie von Lutz und Meyer (2008) wird von bis zu 10 % Energieseinsparungen durch kontinuierliche Informations- und Beratungsmaßnahmen ausgegangen.

Die gesamtwirtschaftliche Wirkung entsteht im Zusammenspiel der kostenändernden Wirkungen und der Multiplikatorprozesse, die durch die Investitionen und Nachfrageimpulse in der Volkswirtschaft in Gang gesetzt werden. So kann z. B. durch die ange-

stoßenen Investitionen in den Klimaschutz eine Modernisierung des Kapitalstocks erfolgen, die zu einer Erhöhung der Produktivität führt. Dieser positive Investitionsimpuls wird besonders bei einer schwachen Konjunktur sichtbar, weil er die Investitionen auslöst - solche in den Klimaschutz - die sonst nicht getätigt worden wären. Allerdings setzt ein positiver Produktivitätseffekt voraus, dass die Klimaschutztechnologien neben der Vermeidung von CO₂-Emissionen produktivitätssteigernd wirken. In einem solchen Fall spricht man von einem "technologischen crowding in", d. h. die Politikmaßnahmen fördern die produktive Technologie. Haben die Technologien zum Klimaschutz keine produktivitätssteigernde Wirkungen, also sind die bisher verwendeten, konventionellen Technologien produktiver, kommt es zu einem gegenteiligen Effekt. Die Politikmaßnahmen vermindern den CO₂-Ausstoß, verhindern aber gleichzeitig eine Modernisierung des Kapitalstocks der Volkswirtschaft ("technologisches crowding out"). Sind die Produktivitätswirkungen der Klimaschutzmaßnahmen oder der Investitions- und Nachfrage-Impuls schwächer ausgeprägt, kann es jeweils auch zu einem teilweisen crowding in oder out kommen. Übersteigen jedoch die durch die Klimaschutzmaßnahmen ausgelösten Investitionen aufgrund gesamtwirtschaftlicher Wirkungsmechanismen die Klimaschutzinvestitionen, werden produktivitätssteigernde Investitionen zusätzlich getätigt und es kommt zu einem technologischen crowding in (Jochem et al. 2008). Die durch den Klimaschutz induzierten Investitionen kommen insbesondere bei einer schwachen Konjunktur zum Tragen. Obwohl die Neigung der Konsumenten zum Sparen geht, werden durch die Klimaschutzmaßnahmen Ausgaben getriggert, die den Wirtschaftsprozess beleben.

Zusätzlich führen in der Endogenous Growth Theory eine stärkere Kapitalakkumulation und stärkere Sparneigung langfristig zu einem höheren Wachstumspfad (Aghion & Howitt 1988). Die durch die Maßnahmen induzierten Investitionen haben also einen langfristig den Kapitalstock und dadurch die Produktivität erhöhenden Effekt, der sich wiederum positiv auf BIP und die Beschäftigung auswirken kann.

Die Investitionen in ASTRA berücksichtigen sowohl die zusätzlichen Investitionen die aus den Klimaschutzmaßnahmen entstehen, als auch geplante aber nicht realisierte Investitionen in konventionelle Technologie (vermiedene Investitionen). Beide Arten von Investitionen sind von Sektor zu Sektor unterschiedlich hoch. Verändert sich nun das Verhältnis durch Politikmaßnahmen wirkt sich dies von Sektor zu Sektor anders aus, es entstehen positive und negative Sektoreffekte. Diese führen zu Strukturveränderungen zwischen den Sektoren. Die Gesamtinvestitionen in ASTRA setzen sich aus den zusätzlichen und vermiedenen Einzelinvestitionen der Sektoren zusammen zuzüglich den gesamtwirtschaftlichen Multiplikatoreffekten.

Die Wirkung von Klimaschutzmaßnahmen auf die Beschäftigung kann ebenfalls positiv oder negativ sein. Eine negative Wirkung auf die Beschäftigung ist denkbar, wenn die Politikmaßnahmen zu Preis- bzw. Kostenerhöhungen führen, die Konsum bzw. Investitionen in andere Güter als Energie sinken lassen und auch nicht durch Zweit-rundeneffekte der Klimaschutzinvestitionen kompensiert werden (Hillebrand et al.

2005). Eine positive Wirkung auf die Beschäftigung ist möglich, wenn die durch das Klimaschutzpaket induzierten Investitionen gleich hoch oder stärker sind, als ohne Politikmaßnahmen bzw. die nun geförderten Technologien, z. B. erneuerbare Energien, arbeitsintensiver sind (Walz/Schleich 2008; Kammen et al. 2004). Entsprechend differenziert ist auch das Bild in der Literatur über die Wirkung von Klimaschutzmaßnahmen auf die Beschäftigung. Einige Autoren gehen davon aus, dass Effizienzgewinne durch Klimaschutzmaßnahmen nicht in jedem Fall zu mehr Beschäftigung führen (Fischer et al. 2004). Andere Autoren gehen von einer geringen bis signifikanten Erhöhung der Beschäftigung aus (Lutz/Meyer 2008, Jochem et al. 2008).

Allerdings gibt es Hinweise, dass auch wenn einzelne Sektoren durch die Klimaschutzmaßnahmen negative Wirkungen erleben, bei einer aggregierten Betrachtung eher positive Beschäftigungsimpulse zu erwarten sind. Ein Beispiel bieten hier die von Fischer et al. (2004) beschriebenen Prozessinnovationen durch Material- und Energieeinsparungen (Dematerialisierung). Dabei wird eine integrierte Perspektive gewählt, d. h. es werden mehrere Sektoren, Qualitätsverbesserungen, Preissenkungen, Investitionserhöhungen etc. betrachtet. Wählt man diese Herangehensweise kommt es zu einem positiven Beschäftigungsimpuls im Aggregat. Führen also die Klimaschutzmaßnahmen zu Dematerialisierungseffekten – und das haben sie mit der Einsparung von Energie zum Ziel – ergibt sich eine Steigerung der Material- und Energieproduktivität, die zu positiven Beschäftigungseffekten führt.

Für den Staatshaushalt können aus dem Klimaschutzpaket sowohl zusätzliche Einnahmen als auch zusätzliche Ausgaben entstehen. Die Ausgaben bestehen aus den Subventionen zur Umsetzung des Klimaschutzpakets. Die zusätzlichen Einnahmen können sich aus einem positiven Beschäftigungseffekt speisen, der zu höheren Einnahmen aus der Einkommenssteuer und zu sinkenden Transfers an Arbeitslose führt. Ggf. entstehen auch Mehreinnahmen durch zusätzliche Umweltsteuern. In Summe können diese Einnahmen sogar die sinkenden Einnahmen aus indirekten Steuern (z. B. der Mineralölsteuer) durch den Nachfragerückgang aufgrund der Energieeinsparung aufheben (Jochem et al. 2008).

Ein weiterer wichtiger Effekt der Klimaschutzmaßnahmen ist die Wirkung auf den Export. Die frühzeitige Spezialisierung zur Bereitstellung von innovativen Klimaschutztechnologien kann zu einem sog. First-mover-advantage führen, d. h. die Wettbewerbsposition von Deutschland auf den Weltmärkten stärken. Allerdings müssen sich dazu, die auf den Pilotmärkten im Inland entwickelten Technologien durchsetzen und deren Produktion hauptsächlich im Inland verbleiben. Außerdem müssen die heimischen Anbieter dauerhaft Wettbewerbsvorteile aufweisen (Meyer-Krahmer 2004, Walz 2006, ISI et al. 2008). Nicht jedes Gut oder jede Technologie eignet sich um einen Pilotmarkt zu etablieren, dazu bedarf es eines hohen Anteils impliziten Wissens und eines hohen Lernpotenzials der Technologien. Neuere Untersuchungen im Projekt "Zukunftsmarkt Umwelt" (Walz et al. 2008) zeigen, dass die Klimaschutztechnologien eine starke Patentdynamik haben und damit die oben genannten Bedingungen

erfüllen. Zur Verwirklichung ihres Lead-Market-Potenzials benötigen Technologien eine breite Wissensbasis, die vorausschauende Erkennung globaler Nachfragetrends, Größenvorteile des Marktes und Reputation und Reaktionsfähigkeit auf Änderungen im Weltmarkt, wie sie in wettbewerbsstarken Branchenclustern zu finden ist. Deutschland ist in den für Klimaschutztechnologien relevanten Teilen des Maschinenbaus gut aufgestellt und erfüllt daher diese Bedingungen. Auch die Anforderungen einer innovationsfreundlichen Regulierung darf man als gegeben ansehen, z. B. führen Einspeisevergütungen für erneuerbare Energien zu positiven Innovationseffekten (Jochem et al. 2008).

Insgesamt kann man von einer positiven Wirkung auf die deutschen Exporte durch die Etablierung von Lead-Märkten durch die Klimapolitik schließen. Die Analyse in IEKP Makro beschränkt sich jedoch auf die makroökonomischen Auswirkungen der Klimapolitik in Deutschland und klammert daher die zusätzlichen Exportwirkungen der Maßnahmen weitgehend aus. Eine detailliertere Analyse der Exportwirkungen der Maßnahmen findet sich bei Jochem et al. (2008).

F Beschreibung des Modellinstrumentariums

F.1 Beschreibung des ASTRA-Modells

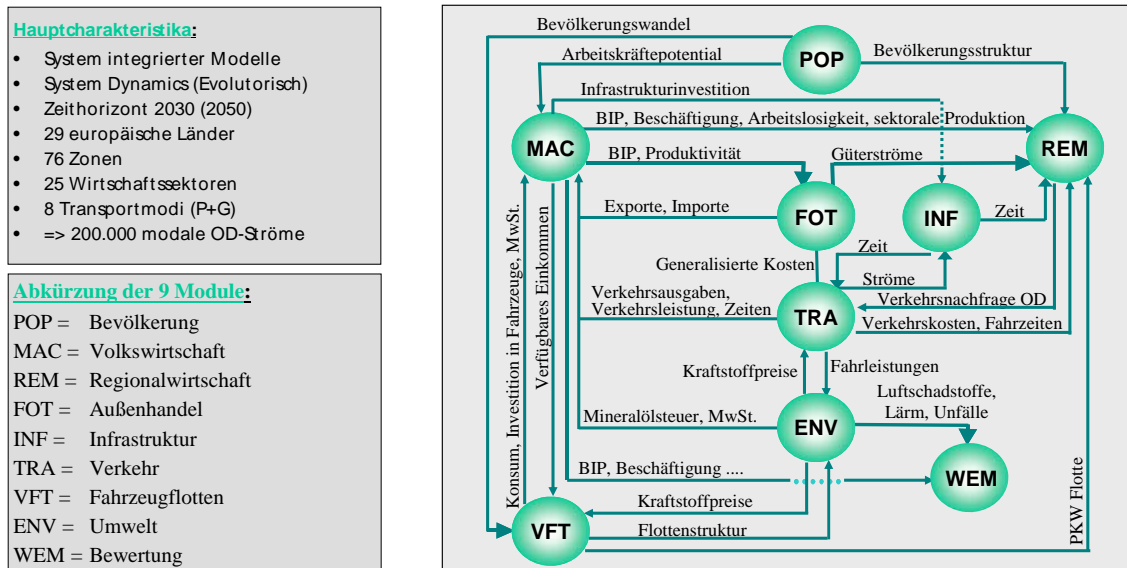
Das ASTRA-Modell¹ wurde ursprünglich im Rahmen des EU-Projektes ASTRA im 4. Forschungsrahmenprogramm der europäischen Kommission entwickelt, mit dem Ziel ein Werkzeug zur strategischen Bewertung der europäischen Verkehrspolitik aufzubauen. "Strategisch" bedeutete zum Einen eine *längerfristige Perspektive* (30-50 Jahre Zeithorizont) zu wählen und zum Anderen eine *integrierte Analyse* der Wirkungen sowohl im Verkehrssystem als auch im Wirtschaftssystem und im Umweltbereich durchzuführen. Da zwischen den einzelnen Systemen eine Vielzahl von Rückkopplungen beobachtet werden kann, wurde System Dynamics als Modellierungsansatz gewählt, dessen Stärken genau in der Abbildung solcher Rückkopplungsschleifen liegen. Die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Systemen sowie die berücksichtigten übergeordneten Rückkopplungen in ASTRA lassen sich der Abbildung 1 entnehmen.

Im Laufe des 5. und 6. EU-Forschungsrahmenprogramms sowie tagesaktueller politischer Fragestellungen wurde das ASTRA-Modell kontinuierlich weiterentwickelt und angewendet z. B. bei der Entwicklung der Lissabon-Strategie, zur Abschätzung der Beschäftigungswirkung von Technologiepolitiken und von Politiken zur Förderung erneuerbarer Energien, zur Bewertung der Transeuropäischen Verkehrsnetze, von Verkehrspreispolitiken und von Szenarien zur Einführung neuer Technologien und Kraftstoffe im Verkehrssystem, zur Abschätzung der ökonomischen Wirkungen hoher Ölpreise auf die EU und zur Bewertung von Klimaschutzstrategien im Verkehr. Eine detaillierte Beschreibung des ASTRA-Modells findet sich in Schade (2005) mit Ergänzungen in Krail et al. (2007).

Die Version von ASTRA, die bisher in nationalen Projekten wie Politikszenerarien IV (Öl et al. 2008), KlimInvest (Jochem et al. 2008) und nun auch IEKP-Makro genutzt wurde bzw. wird, umfasst 29 europäische Länder, deren Ökonomien jeweils in 25 Sektoren unterteilt sind und die untereinander verknüpft sind sowohl über den innereuropäischen Außenhandel als auch über die Verkehrsströme zwischen den einzelnen Ländern. Relevant für die Auswertung in nationalen Projekten sind die Ergebnisse für Deutschland, welches für einige politikspezifische Aspekte detaillierter implementiert wurde als die übrigen Länder.

Wesentliche Modellelemente von ASTRA sind kalibriert anhand von Zeitreihen von 1990 bis 2003/2006. Die Hauptcharakteristika und die Struktur des Modells sind in Abbildung 1 dargestellt.

¹ ASTRA = Assessment of Transport Strategies.

Abbildung 1: Struktur und Interaktionen des ASTRA-Modells

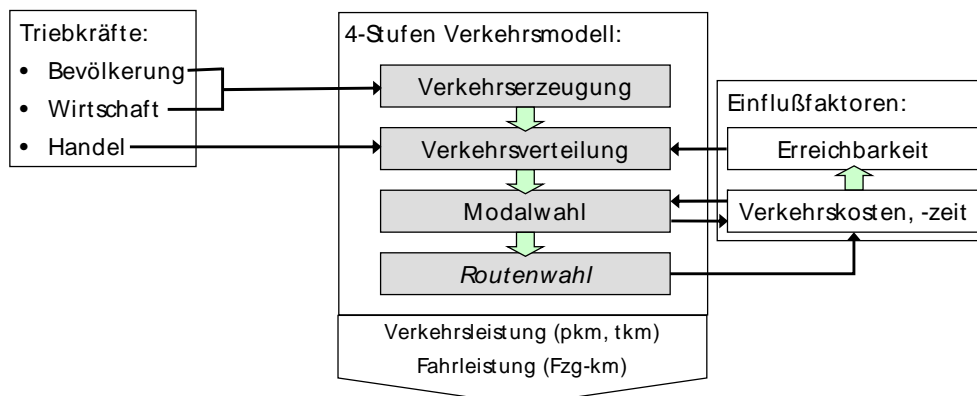
Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI.

ASTRA nutzt ein 1-Jahres-Kohortenmodell zur Abbildung der Bevölkerungsstruktur in den einzelnen Ländern. Dieses liefert relevante Rahmenbedingungen an andere Module, wie das Arbeitskräftepotential für das makroökonomische Modul oder die verkehrsverhaltensrelevanten Altersgruppen für das Verkehrsmodul. Im makroökonomischen Modul werden die Angebots- (d. h. Produktionsfaktoren und Technologie) und Nachfrageseite (d. h. Elemente der Endnachfrage) der Volkswirtschaften, die sektoralen Verflechtungen mittels Input-Output-Tabellen, die sektorale Beschäftigung und der Staatshaushalt abgebildet. Dabei lässt sich das Konzept von ASTRA nicht einer einzelnen ökonomischen Theorie zuordnen, sondern es kommen Elemente aus verschiedenen Theoriegebäuden zum Einsatz wie keynesianisch konsumgetriebenes Investitionsverhalten ergänzt durch investitionsfördernde Exporteinflüsse, neoklassische Produktionsfunktionen und endogenisierter technischer Fortschritt aus der endogenen Wachstumstheorie. Diese Einzelelemente werden durch eine Vielzahl von Rückkopplungen verknüpft ggf. unter Berücksichtigung von zeitlichen Verzögerungen. Über Mikro-Makro-Brücken werden ökonomische Impulse, die sich aus der detaillierten Modellierung (bottom-up) des Verkehrs- oder Energiesystems ergeben, in das makroökonomische Modul eingespeist. Umgekehrt liefert ASTRA über Makro-Mikro-Brücken die ökonomischen Treiber für die Bottom-up Modelle.

Direkte wechselseitige Interaktionen bestehen zwischen dem makroökonomischen Modul und dem Außenhandelsmodul, wo das Wachstum der einzelnen Volkswirtschaften die Importe ankurbelt, welche wiederum auf der Exportseite der anderen Volkswirtschaften wachstumsfördernd wirken, usw. Gleichzeitig liefern die sektoralen Exportströme neben den Produktionswerten einen wichtigen Treiber für das Güterverkehrsmodell, während das Personenverkehrsmodell durch die Bevölkerungs- und Einkommensentwicklung sowie die Fahrzeugflotten getriggert wird.

Das Verkehrssystem ist mit einem voll integrierten 4-Stufen Verkehrsmodell implementiert (siehe Abbildung 2), mit der Einschränkung, dass die Routenwahl sich nur auf die Wahl der Routenkategorie (z. B. Autobahn, Landstraße) bezieht und nicht auf die Wahl der exakten, linkbasierten Route. Die vier Stufen (Verkehrserzeugung, -verteilung, Modal- und Routenwahl) des Personen- und Güterverkehrsmodells sind im regionalökonomischen Modul (REM) und im Verkehrsmodul (TRA) abgebildet. In diesen beiden Modulen setzen die meisten verkehrspolitischen Maßnahmen an, da hier die regional- und modalspezifischen Zeit- und Kostenkomponenten hinterlegt sind, die dann in die Entscheidungsfunktionen (Logit-Funktionen) der Verkehrsnutzer Eingang finden. Reaktionen der Verkehrsnutzer können auf allen Entscheidungsstufen gemessen werden, d. h. unterschiedliche Modalwahl, veränderte Zielwahl und damit auch veränderte Distanzen. Damit einhergehende Veränderungen der Verkehrsausgaben werden in das makroökonomische Modul eingespeist und verändern dort z. B. die Konsumausgaben für Verkehrs- und Nicht-Verkehrssektoren oder die Einnahmen und Ausgaben des Staatshaushaltes, aber auch die Investitionsneigung der Verkehrssektoren.

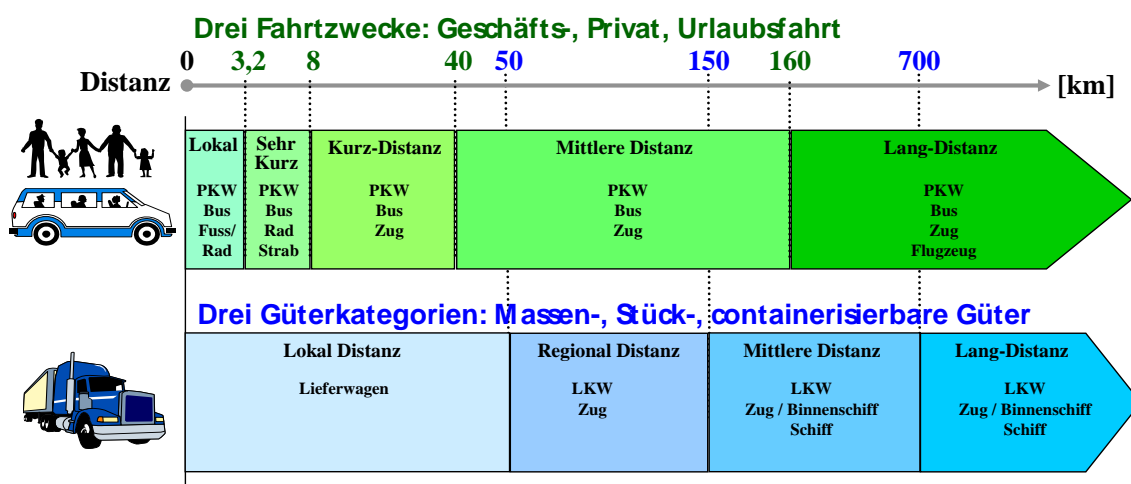
Abbildung 2: Struktur des 4-Stufen Verkehrsmodells



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI.

Das Verkehrsmodell nutzt das Konzept von Entfernungsbändern mit jeweils charakteristischer Verfügbarkeit der verschiedenen Verkehrsträger und spezifischer Hinterlegung der Kosten-, Entfernungs- und Geschwindigkeitsparameter für jede Quelle-Ziel-Beziehung eines Entfernungsbandes. Beispielsweise kommen im Entfernungsband für Fahrten zwischen 8 und 40km nur PKW, Bus und Zug (inklusive Nahverkehr) in Betracht, während für Fahrten über 160km auch der Luftverkehr eine Rolle spielt sowie die Entfernung, die sehr stark durch die betrachtete Quelle-Ziel-Relation bestimmt ist. Das Konzept der Entfernungsbänder und verfügbaren Verkehrsmittel ist in Abbildung 3 dargestellt für Personen- und Güterverkehr.

Abbildung 3: Abbildung des Verkehrssystems durch Differenzierung von Verkehrsträgern, Fahrtzwecken und Entfernungsbändern



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI.

Die Fahrzeugflotten der Straßenverkehrsmodi sind im Flottenmodul durch technologiedifferenzierte Kohortenmodelle abgebildet. Die Kohortenmodelle ermöglichen eine detaillierte Abbildung der Altersstruktur und der Diffusion neuer Antriebstechnologien und neuer Emissionsstandards in die Fahrzeugflotten. Die Technologiedifferenzierung erlaubt die Verknüpfung der Flotten mit dem Umweltmodul zur Berechnung der Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs durch den Verkehr unter Berücksichtigung der jeweiligen Fahrleistungen, die im Verkehrsmodul abgeschätzt wurden.

F.1.1 Abbildung von Politiken in ASTRA

Üblicherweise werden in ASTRA Politiken gegenüber einer Referenzentwicklung anhand eines mit-/ohne-Politik Vergleiches analysiert. Die Referenzentwicklung kann bereits Politiken enthalten, die z. B. bereits entschieden aber noch nicht komplett umgesetzt wurden, so dass sie sich noch nicht in den Daten der Kalibrierperiode wiederfinden.

ASTRA ermöglicht eine flexible Gestaltung von Politiken hinsichtlich ihrer Intensität, ihrer zeitlichen Staffelung oder ihrer Kombination zu Politikpaketen. Letzteres ist bedeutsam zur Analyse von Synergien zwischen verschiedenen Politiken sowie für die Untersuchung von Politikprogrammen wie dem Klimaschutzprogramm der Bundesregierung. Außerdem wird dadurch die Analyse der Verbesserung von Maßnahmen durch flankierende Maßnahmen ermöglicht, z. B. um negative ökonomische Wirkungen einer Maßnahme zu kompensieren. Integrierte Funktionen zur Durchführung von Sensitivitätsanalysen runden das Spektrum der Analysemöglichkeiten von ASTRA ab.

F.1.2 Anwendung des ASTRA-Modells in IEKP-Makro

Abbildung 4 liefert einen Überblick über wichtige Zusammenhänge des ASTRA-Modells, die für die Modellierung und Analyse in IEKP-Makro eine Rolle spielen, sowie über die Verknüpfung mit den Ergebnissen aus der Bottom-up Analyse. Diese Verknüpfungen laufen über vier verschiedene Wirkungsketten:

- **Investitionen:** dies sind zum Einen die zusätzlichen Investitionen, die durch die Klimaschutzpolitik ausgelöst werden (z. B. Investitionen in Erneuerbare Energien oder Isolierung von Gebäuden). Zum Anderen können dies auch vermiedene Investitionen sein, z. B. wenn aufgrund der Investition in Erneuerbare Energien die Investition in ein kohlebetriebenes Großkraftwerk entfällt. Der Saldo aus zusätzlichen und vermiedenen Investitionen der Klimaschutzpolitik wird auch als Nettoinvestitionen des Klimaschutzes bezeichnet.
- **Energiekosten bzw. –ausgaben:** durch die Investitionen ergeben sich veränderte Kosten der Energiebereitstellung. Die Kostenänderungen sind differenziert in Haushaltspreise und Industriepreise sowie in Energiekosten für Strom, Wärme und Verkehr. Bei der Verknüpfung der Bottom-up Ergebnisse mit den ökonomischen Modellen in ASTRA, muss der jeweils geeignete Ankopplungspunkt identifiziert und für die Modellierung genutzt werden. Aus ökonomischer Sicht ist in den meisten Fällen die Änderung der Energieausgaben (d. h. die Multiplikation von geänderten Mengen mit geänderten Preisen aus der Bottom-up Analyse) maßgeblich.
- **Energieimporte:** durch Effizienzsteigerung und Substitution von fossilen Energieträgern erzielte Energieeinsparungen schlagen sich in einer Reduktion der Importe fossiler Energieträger nieder.
- **Staatshaushalt:** einige Maßnahmen werden staatlich gefördert. Dadurch sowie durch geänderte Steuereinnahmen ergeben sich Veränderungen der Staatsausgaben und des Staatshaushaltes.

Die Ankopplung der Bottom-up Analyse erfolgt unterschiedlich für Maßnahmen des Energiesystems und des Verkehrssystems. Die Erweiterung von ASTRA um ein Gebäudemodul ermöglicht zusätzlich eine flexiblere Ankopplung der Gebäudemassnahmen. Maßnahmen des Energiesystems werden komplett über die vier oben beschriebenen Wirkungsketten verknüpft, während Maßnahmen des Verkehrssystems direkt in das Flotten- und Verkehrsmodell von ASTRA implementiert werden und so die Ankopplung über die bereits in ASTRA vorhandenen Mikro-Makrobrücken zwischen Verkehrs- und ökonomischem Modell geleistet werden. Ähnliches gilt dann für die Gebäudemassnahmen. Die Ankopplung der Bottom-up Analyse erfolgt im Wesentlichen über drei ökonomische Modelle:

- **Nachfrageseite des BIP:** hierzu gehört die Veränderung der Konsumnachfrage sowohl durch veränderte Energieausgaben als auch durch Substitutionseffekte zwischen verschiedenen Produkten, die veränderten Investitionen und die ver-

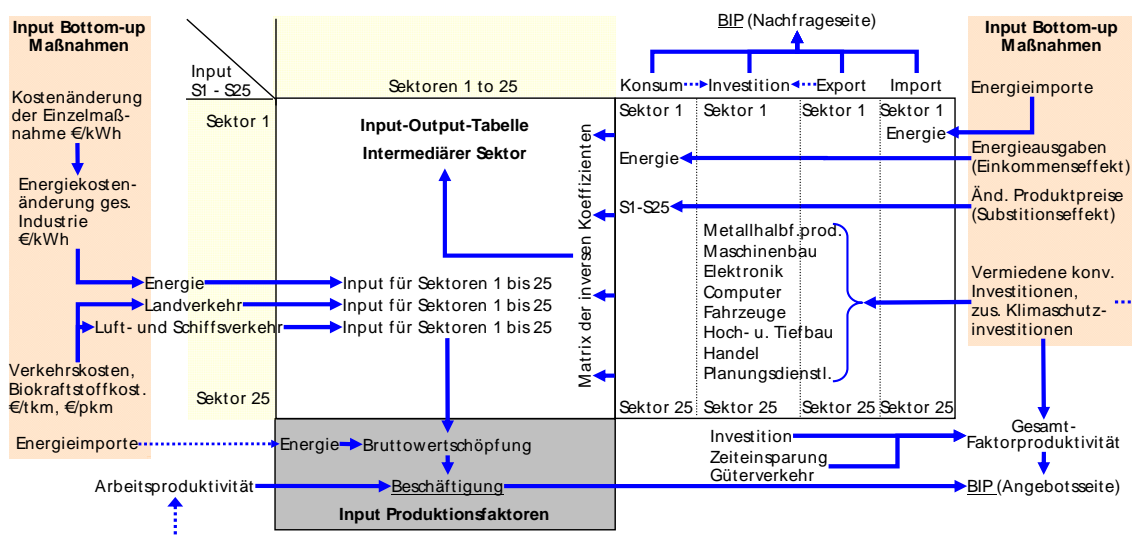
änderten Energieimporte. Über die aggregierte, sektorale Nachfrageseite werden dann auch Veränderungen in der Input-Output-Tabelle induziert.

- Angebotsseite des BIP: hierzu gehören die veränderten Investitionen, die sich auf die Gesamt-Faktorproduktivität und den Kapitalstock auswirken.
- Intermediäre Inputs in der Input-Output-Tabelle: Energie- und Transportkostenänderungen führen zu Anpassungen der intermediären Inputs von den Energie- und Verkehrssektoren für die übrigen Sektoren. Diese schlagen sich in veränderter Bruttowertschöpfung aller Sektoren nieder. Hierbei überlagern sich die Effekte mit den Einflüssen von der Nachfrageseite der Input-Output-Tabelle.

In KlimInvest und IEKP-Makro wurde ASTRA für den Referenzlauf hinsichtlich der Bevölkerungs- und BIP-Entwicklung an die Rahmendaten von Politikszenerarien-IV angepasst (Öko-Institut/FZJ/DIW/Fraunhofer-ISI in UBA-Text Climate Change 1/2008, Öl et al. 2008) und um einige Modellelemente zur Ankopplung der Bottom-up Maßnahmen ergänzt. Die Ergebnisse der in IEKP-Makro untersuchten Szenarien zur Analyse der Wachstumswirkung des Meseberg-Plus Klimaschutzprogramms werden gegenüber dieser Referenzentwicklung ausgewiesen.

Die Ankopplung der Bottom-up Maßnahmen erfolgt auf der sektoralen Ebene z. B. über eine Veränderung der sektoralen Konsumausgaben der Haushalte bzw. der sektoralen Investitionsausgaben der Industrie (siehe Abbildung 4). Diese führen sowohl zu einer Änderung des BIP auf der Nachfrageseite als auch zur Anpassung des Endnachfragevektors der Input-Output-Tabelle. Zusammen mit den Veränderungen auf der intermediären Ebene der IO-Tabelle durch die Energiekostenänderungen der Industrie ergibt sich eine Veränderung der sektoralen Bruttowertschöpfung, wobei hier auch die sektoralen Outputänderungen zu berücksichtigen sind. Durch Verknüpfung der Bruttowertschöpfung mit den sektoralen Arbeitsproduktivitäten, die ggf. durch die Maßnahmen verändert werden, lässt sich die Beschäftigungswirkung des Klimaschutzprogrammes abschätzen. Unter Berücksichtigung der Veränderung des BIP auf Nachfrage- und Angebotsseite kann die Wachstumswirkung abgeschätzt werden.

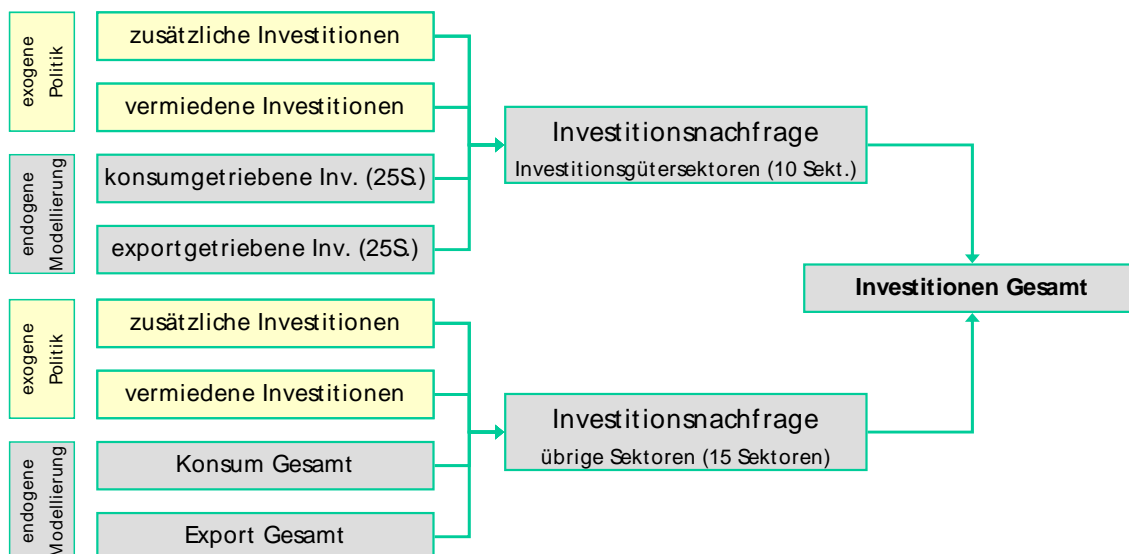
Abbildung 4: Verknüpfung der Maßnahmen des Meseberger Klimapaketes (Bottom-up) mit den Komponenten der ökonomischen Modelle in ASTRA



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI.

Eines der zentralen Modelle im Rahmen der ökonomischen Analyse von Klimaschutzstrategien bildet das endogene Investitionsmodell. In ASTRA werden Investitionen durch Konsumerwartungen, Exporterwartungen, das Verhältnis von Angebots- und Nachfrageseite des BIP und staatliche Einflüsse getriggert. Diese endogen berechneten Investitionen können ergänzt werden durch exogen abgeschätzte Investitionen, die z. B. aus technologiebasierten Bottom-up Modellen geliefert werden. ASTRA unterscheidet zwei verschiedene Modelle (siehe Abbildung 5):

- **Investitionsgütersektoren:** zu diesen gehören 10 Sektoren wie Maschinenbau, Fahrzeugbau, Hoch- und Tiefbau. Die Investitionsnachfrage für diese Sektoren ist auf der sektoralen Ebene modelliert. D. h. sektorale Veränderungen des Konsums bzw. der Exporte führen zu einer veränderten Produktion von Investitionsgütern, die unterschiedlich ausfällt für den Maschinenbau oder das Baugewerbe.
- **Übrige Sektoren:** auf diese 15 Sektoren entfällt nur ein kleiner Teil der Produktion von Investitionsgütern (10-15 %). Daher wird für sie verzichtet die sektoralen Einflüsse zu modellieren. Stattdessen werden Investitionen durch Veränderungen des aggregierten Konsums bzw. der aggregierten Exporte ausgelöst.

Abbildung 5: Aufbau des Investitionsmodells in ASTRA

Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI.

Investitionen stellen in ASTRA ein zentrales Bindeglied zwischen der Nachfrage- und Angebotsseite dar, da sie auf der Nachfrageseite direkt als Teil des BIP eingehen, und auf der Angebotsseite sowohl den Kapitalstock verändern als auch den durch die Gesamtfaktorproduktivität repräsentierten technischen Fortschritt stimulieren.

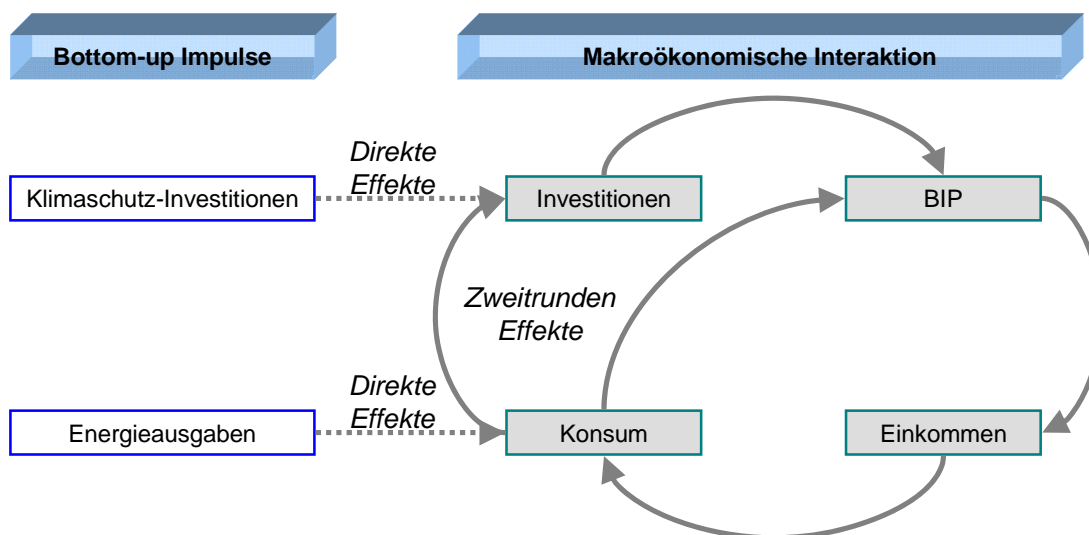
F.1.3 Direkte Effekte und Zweitrundeneffekte der Klimapolitik

Im folgenden soll kurz die Bedeutung der Zweitrundeneffekte bei einer makroökonomischen Analyse dargestellt werden. Klimapolitik setzt in IEKP-Makro auf der technologischen bzw. Akteursebene an. Diese wird auch als Bottom-up Sicht bezeichnet. Auf dieser Ebene wurden in KlimInvest (Jochem et al. 2008) die Maßnahmen quantifiziert. Als Ergebnis der Bottom-up Analyse stehen die Investitionen, die Veränderung der Energieausgaben unter Berücksichtigung der Investitionen, die Einsparung an Energieimporten und die Programmkosten zur Verfügung. Diese vier Informationen werden als Bottom-up Impulse einer Maßnahme bezeichnet (siehe Abbildung 6).

Am Beispiel der Investitionen und der Energieausgaben kann der Unterschied zwischen direkten Effekten und Zweitrundeneffekten aufgezeigt werden. Der direkte Effekt einer klimapolitisch induzierten Investition geht in die Investitionsvariable von ASTRA ein. Die Erhöhung der Investition führt zu einer Erhöhung des BIP, zu mehr Einkommen, erhöht die Konsumnachfrage und wirkt nun als Zweitrundeneffekt wieder auf die Investitionsvariable ein. Dies führt wieder zu einer Veränderung des BIP etc. Nach wenigen Simulationsperioden beginnen sich dann neue direkte Effekte einer Simulationsperiode mit Zweitrundeneffekten zu überlagern. Analog kann das Beispiel für Energieausgaben durchdacht werden. Der direkte Effekt einer Senkung der Energieausgaben führt zu einem Anstieg der Konsumausgaben für andere Sektoren als den Energiesektor. Dies kann die Investitionen steigern, und im Falle von unterschiedlicher Besteuerung von Energie und anderen Konsumverwendungen auch das

BIP verändern. Das wirkt wiederum auf das Einkommen, den Konsum und erzeugt so die nächste Sequenz von Zweitrundeneffekten. Das ASTRA-Modell berechnet die Effekte für vier Zeitpunkte pro Jahr.

Abbildung 6: Schematische Darstellung von direkten Effekten und Zweitrundeneffekten anhand exemplarischer Bottom-up Impulse



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI.

F.2 Schnittstelle mit den Bottom-up-Analysen

Das Meseberger IEKP besteht aus 29 Maßnahmen (die sich teilweise aus mehreren Einzelmaßnahmen zusammensetzen). In KlimInvest wurden diese um weitere sechs Maßnahmen ergänzt. Einige der IEKP Maßnahmen wurden als untergeordnet eingestuft und daher nicht in die Modellierung in ASTRA miteinbezogen, so dass in ASTRA 33 Maßnahmen modelliert werden müssen.

Diese hohe Anzahl an Maßnahmen erfordert ein standardisiertes Vorgehen zur Bestimmung der Parameter und der Schnittstelle in ASTRA. Es wurde daher ein Excel-Template entwickelt, welches für jede Maßnahme die folgenden Parameter als Zeitreihe von 2007 bis 2030 erfasst. Jeder dieser Parameter wird als Bottom-up Impuls aufgefaßt, der direkte ökonomische Effekte sowie Zweitrundeneffekte in ASTRA auslöst:

- Zusätzliche Investitionen durch Klimaschutz (Mio*€, konstante Preise).
- Vermiedene Investitionen durch Klimaschutz (Mio*€, konstante Preise). Dies können z. B. vermiedene Investitionen in konventionelle Großkraftwerke sein, die durch Effizienzgewinne bei Nachfragern oder alternative Energietechnologien ersetzt werden.
- Veränderung der Energiekosten (% gegenüber Referenz). Hier wird unterschieden zwischen den verkehrsbezogenen Maßnahmen, bei denen die Veränderung pro Energieeinheit herangezogen werden kann, und den übrigen Maßnahmen, bei denen sich die Veränderung auf die Ausgaben beziehen

d. h. Preis X Menge. Die Energiekosten wurden unterschieden nach Haushalten und Industrie sowie nach Strom, Wärme und Transport. Die Veränderung der Energiekosten soll im allgemeinen den Investitionsbedarf finanzieren.

- Einsparung an Importen an fossilen Energieträgern durch die Maßnahme (Mio*€, konstante Preise).
- Programmkosten, beinhalten im Wesentlichen Subventionen des Staates sei es durch Zuschüsse oder verbilligte Kredite (Mio*€, konstante Preise).

Die Excel-Templates der Einzelmaßnahmen werden in einem weiteren Excel-Sheet zusammengeführt und in einer Form aufbereitet in der sie durch das ASTRA-Modell eingelesen werden können.

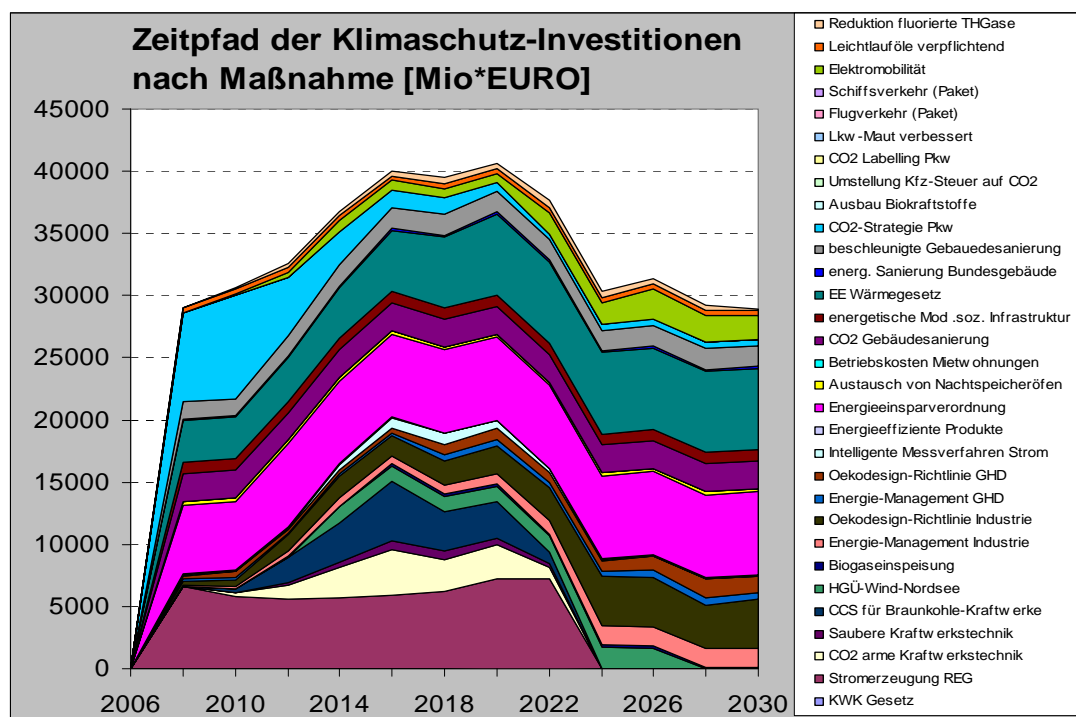
Hierfür wurde zur Ankopplung der Bottom-up Ergebnisse an ASTRA ein eigenes Modul entwickelt in dem die notwendigen Variablen für die 33 Maßnahmen zur Verfügung gestellt wurden und das auch die selektive An-/Abschaltung einzelner Maßnahmen oder Impulse ermöglicht. Dieses Modul ist verknüpft mit den entsprechenden Modellkomponenten von ASTRA (siehe auch Abbildung 4). Z. B. werden die Investitionssummen der einzelnen Maßnahmen auf jeweils 11 Sektoren in ASTRA (die 10 Investitionsgüter produzierenden Sektoren plus Chemie) aufgeteilt und dann aggregiert als zusätzliche Endnachfrage dieser Sektoren im ASTRA-Modell weiterverarbeitet. Die Energiekostenänderungen für Haushalte sind mit dem Konsummodell verknüpft und führen dort zu Veränderungen der sektoralen Konsumnachfrage.

Der Aufbau des Templates und der Schnittstelle in ASTRA wurden bereits in KlimInvest weitgehend entwickelt und die Maßnahme-Daten in den Templates bereitgestellt, so dass diese in IEKP-Makro in ASTRA zur Verfügung standen.

Die Impulse die durch die Bottom-up Schnittstelle in ASTRA eingehen, können als direkte Effekte oder Erstrundeneffekte bezeichnet werden. Durch die Interaktionen innerhalb des ASTRA-Modells werden dann die Zweitrunden- oder Sekundäreffekte generiert. Diese können die Eingangsimpulse verstärken oder auch abschwächen (siehe Abbildung 6).

Als Beispiel für einen Bottom-up Input in ASTRA ist hier der Investitionsimpuls des MesebergPlus Szenarios aufgeführt. Man erkennt die unterschiedliche Bedeutung der einzelnen Maßnahmen und die Variationen über die Zeitachse.

Abbildung 7: Bottom-up Impuls der Klimaschutzinvestitionen bis 2030



Quelle: Eigene Berechnungen nach Jochem et al. (2008).

F.3 Erweiterung von Astra und Aufbau des Gebäudemoduls

Die Analyse ökologischer und makroökonomischer Auswirkungen von Politikmaßnahmen im Bereich der Wärmedämmung und Heizungstechnik in Wohngebäuden basiert auf einem Bottom-up Modul, das über die im Abschnitt F.2 beschriebenen Schnittstellen für Investitionen, Energieausgaben und Energieimporte sowie einige modul-spezifische Schnittstellen an das ASTRA Gesamtmodell gekoppelt ist. Damit ermöglicht das neu entwickelte Gebäudemodul eine detaillierte und verbesserte Modellierung von Klimaschutzmaßnahmen an Gebäuden und eine konsistente Verknüpfung mit den makroökonomischen Modulen von ASTRA. Das Gebäudemodul simuliert die Auswirkungen der Meseberger Maßnahmen 10a bis 12 und 14 (siehe Maßnahmenbeschreibung des MaP 2 in Abschnitt H.2) als Gesamteffizienzpaket und teilt sich in drei Bereiche:

- Gebäudebestand: Bestandsentwicklung, Baualtersklassen, Dämm- und Heizungsstandards,
- Finanzen: Kosten für Sanierung der Heizungs- und Dämmtechnik,
- Energie: Energiebedarf zur Wohnraumwärmeerzeugung.

Der Modul-Output lässt die Ableitung ökologischer Auswirkungen von Politikmaßnahmen im Gebäudesektor, wie z. B. der Energie- und CO₂-eq-Einsparung bei der Raumwärmeerzeugung, sowie makroökonomischer Auswirkungen der Politikmaßnahmen, wie die Veränderung der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung, der Beschäftigung und der Inflation zu (siehe Abschnitt H.2). Dazu werden unter anderem

Daten über monetäre Investitionen in die Heiz- und Dämmtechnik nach einer sektoralen Disaggregation an den ASTRA Modellkern übergeben. Ein Modul-Output ergibt sich insgesamt in folgenden Bereichen:

- getätigte Investitionen, sektoral disaggregiert,
- Energienachfrage und Einsparungen im Gebäudebereich, differenziert nach Menge, Preis und Energieträger,
- Kostenveränderungen für die Erzeugung von Wohnraumwärme in privaten Haushalten,
- Importeinsparung von Primärenergieträgern, differenziert nach Menge, Preis und Energieträgern,
- Einsparung von Treibhausgasmissionen.

F.3.1 Gebäudebestand und Sanierungstätigkeit

Zur Simulation der Auswirkungen des MaP 2 sind Daten und Annahmen zur Zusammensetzung des Gebäudebestands und zur Sanierungstätigkeit notwendig. Zusammen mit dem Nutzerverhalten beim Heizen werden diese Informationen durch die so genannten Leitparameter aus der Bau- und Heizpraxis beschrieben. Sie charakterisieren den Einfluss der maßgeblichen Größen bezüglich des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen (Kleemann und Hansen, 2005). Der Gebäudebestand wird mit Hilfe von Informationen zur Güte der Wärmedämmung sowie der Heizungstechnologie differenziert.

Bei der Sanierungstätigkeit sind eine allgemeine und eine energetische Sanierungstätigkeit zu unterscheiden. Die allgemeine Sanierungstätigkeit bezieht sich auf alle baulichen Aspekte des Gebäudes, wie z. B. Erneuerung der Fassade oder eine Neueindeckung des Daches, während die energetische Sanierungstätigkeit ausschließlich die Sanierung der energieverbrauchsrelevanten Aspekte eines Gebäudes bezeichnet. Energetische Sanierungsmaßnahmen werden i. d. R. nicht unabhängig von wirtschaftlichen Überlegungen durchgeführt. Sie sind an die Lebensdauer und den Erneuerungszyklus der Bauteile gebunden (Diefenbach et al., 2005). Für die Gebäudehülle wird i.A. eine Lebensdauer von ca. 50 Jahren und für Öl- und Gaskessel von ca. 20 bis 25 Jahren angenommen. Das entspricht einer durchschnittlichen Sanierungsrate von ca. 2 % pro Jahr im Fall der Gebäudehülle und von ca. 4 – 5 % pro Jahr bei der Heizungstechnik. Es zeigt sich, dass derzeit die energetischen Sanierungsraten deutlich hinter den allgemeinen Sanierungsraten zurückbleiben, so dass diese derzeit als Obergrenze für die energetische Sanierungsrate aufgefasst werden müssen (siehe z. B. BMVBS/BBR 2007). Eine bauliche Sanierung wird folglich häufig ohne eine parallele Verbesserung der energetischen Effizienz durchgeführt.

Das Verhältnis der Energieeffizienzsteigerungen, die technisch und durch adäquate Sanierungspraxis erreicht werden können, bezogen auf die tatsächliche Sanierungspraxis und Qualität der energetischen Sanierungen, kann im Sinne von „verpassten

Chancen“ durch eine Potentialausnutzung (siehe Abschnitt F.3.4) beschrieben werden. Sie wird derzeit mit rund einem Drittel beziffert (EUtech, 2008; Kleemann und Hansen, 2005). Außerdem wird ein Stau von Sanierungen, der aus der Nutzung der Bestandteile der Gebäude über ihre technische Lebensdauer hinaus resultiert, im Gebäudebestand offenbar. Die Bestandteile werden oft nicht ausgetauscht, sondern oberflächlich repariert und müssen als technisch veraltet angesehen werden (Kleemann, 2006; Dekra, 2008).

Im Rahmen des Integrierten Energie- und Klimaprogramm soll die Ausnutzung ökologischer und ökonomischer Potentiale im Gebäudebereich beschleunigt werden. Maßnahmen, die bei Wohngebäuden auf eine stärkere und hochwertigere Sanierungstätigkeit abzielen, sind in diesem Projekt im MaP 2 gebündelt (s.o.) und gleichfalls Bestandteil der Hauptszenarien. Zu den Maßnahmen gehören:

- eine Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude um 30 % ab 2009 und eine weitere Verschärfung um bis zu 30 % im Jahr 2012 (Energieeinsparverordnung, ENEV).
- Nutzungspflicht für erneuerbare Energien zur Wärmeerzeugung bei Neubauten (Erneuerbare Energien-Wärmegesetz, EEWG).
- Zinsverbilligte Kredite und Zuschüsse der KfW (CO₂-Gebäudesanierungsprogramm).

Für eine detaillierte Beschreibung der Maßnahmen siehe KlimInvest-Bericht (Jochem et al., 2008).

F.3.2 Datenlage

Bei der Modellierung von Potentialen und Auswirkungen von Politikmaßnahmen zu Effizienzsteigerungen bedarf es einer Reihe exogener Informationen über den Gebäudebestand. Dazu zählen Daten über den Gebäudetyp, den technischen Stand und den Typ der Heizungsanlage sowie Informationen zur Gebäudedämmung. Zusätzlich werden Daten und Prognosen für Kosten und Häufigkeiten von energetischen Sanierungen und Szenarien der Energiepreisentwicklung notwendig.

Die Studie „Grundlagen für die Entwicklung von Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudebestand“ im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS/BBR, 2007) untersucht die Verfügbarkeit und Qualität von Datensätzen für Fragestellungen bezüglich Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudesektor. Der Bericht stellt fest, dass die Datenlage für derartige Fragestellungen unsicher ist und zusätzliche Datenerhebungen notwendig macht. Besonders detailarm ist die Datenlage zu bereits im Bestand durchgeführten energetischen Sanierungsmaßnahmen und zur Sanierungspraxis, so dass die Ermittlung des Status quo als diffizil anzusehen ist.

Durch die prekäre Datenlage ist der Rahmen der Möglichkeiten beschränkt, so dass zu entwickelnde Modelle einfach gehalten werden müssen. Es fehlt an Datenquellen zur Kalibrierung und Validierung. Besonders schwierig erscheinen die Abbildung und der Umgang mit der Sanierungspraxis und dem Entscheiderverhalten der Hauseigentümer. Hier muss auf die Anwendung von Sanierungsraten zurückgegriffen werden, die das gesamte Entscheiderverhalten erfassen (siehe Abschnitt F.3.4)

Die Berechnung des Energieeinsparpotentials, das durch die modellierten Maßnahmen im Gebäudebereich erschlossen werden kann, erfordert Daten zu Effizienzsteigerungen und Energieeinsparungen in Abhängigkeit von Verbesserungsmaßnahmen der Heizungs- und Dämmtechnik. In diesem Projekt konnte eine Datenbank aufgebaut werden, die Energieeffizienzgewinne von potentiellen Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudedämmung und der Heizungstechnik enthält. Eine zeitliche Fortschreibung der Effizienzsteigerungen wird mit Hilfe von Techniklernkurven durchgeführt. Die Werte wurden mit Hilfe einer Software zur Erstellung von Energiepässen für Gebäude nach der EnEV 2007 Richtlinie (EPASS-Helena, Zentrum für Umweltbewusstes Bauen in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik) abgeleitet.

Für Daten zu Kosten von energetischen Sanierungsmaßnahmen, der jährlich zu sanierenden Fläche und den zu installierenden Volumina der technischen Anlagen können auf Werte aus dem Bericht IEKP-Mikro „Wirtschaftlicher Nutzen des Klimaschutzes“ (Fraunhofer ISI et al. 2008) und Vorarbeiten von Kleemann (2006) und Kleemann et al. (2005) sowie eigene Abschätzungen zurückgegriffen werden.

Die notwendigen Rahmendaten werden den Politikscenarien IV (ÖI et al. 2008) entnommen. Dazu zählt z. B. die Entwicklung der Energieträgerpreise (siehe Tabelle 7 und Tabelle 8).

F.3.3 Funktionsweise und Aufbau des Moduls

Grundlage des Moduls ist der Wohngebäudebestand, differenziert nach Baualterklassen, sowie dem Stand der Heizungs- und Dämmtechnik. Außerdem stehen Prognosen bezüglich der Sanierungsraten, der Potentialausnutzung sowie Neubau- und Verschrottungsraten zur Verfügung, mit denen sich die Entwicklung des technischen Zustandes des Gebäudebestands simulieren lässt. Durch Kopplung mit Informationen über Kosten für Einzelsanierungsmaßnahmen wird die Berechnung der jährlich notwendig werdenden Investitionen der privaten Haushalte möglich. Hierbei wird von einem Vollkostenansatz ausgegangen; d. h. ein Zusatznutzen (z. B. Werterhalt, ästhetischer Mehrwert) einer Effizienzverbesserungsmaßnahme wird von den Sanierungskosten nicht subtrahiert, so dass die volle Wirkung des vom Maßnahmenpaket zusätzlich stimulierten Investitionsimpulses sowie die vollen Finanzierungskosten volkswirtschaftlich im Modell wirken und analysiert werden können. Als zusätzlicher Investitionsimpuls wird die Veränderung der Investitionen gegenüber dem Referenzszenario aufgefasst.

Der Gesamtbedarf an Energie zur Erzeugung der Wohnraumwärme errechnet sich durch Integration über die gesamte beheizte Wohnraumfläche unter Berücksichtigung des Wohnraumtyps und den Energieeffizienzen der Heiz- und Dämmtechnik.

Im Modul sind ein Referenzszenario, welches auf dem Mit-Maßnahmen-Szenario von PSz-IV gründet, und das KlimapolitikszENARIO, das die Maßnahmen des MaP 2 umfasst, definiert. Durch Differenzbildung aus beiden Szenarien lässt sich die Wirkung des MaP 2 ermitteln. In der späteren Analyse wurde das neu entwickelte Gebäudemodul nur im MesebergPlus Szenario verwendet, da die Implementierung im Gebäudemodul die Z-Maßnahmen des Gebäudebereiches integrativ beinhaltet.

F.3.4 Definition der Szenarien im Gebäudemodul

Zur Analyse makroökonomischer und ökologischer Auswirkungen der definierten Politikmaßnahmen, bedarf es der Konzeption des Referenz- (Ref) sowie des Klimapolitikszenarios (hier als Maßnahmenpaket MaP bezeichnet), welche durch folgende Determinanten festgelegt werden:

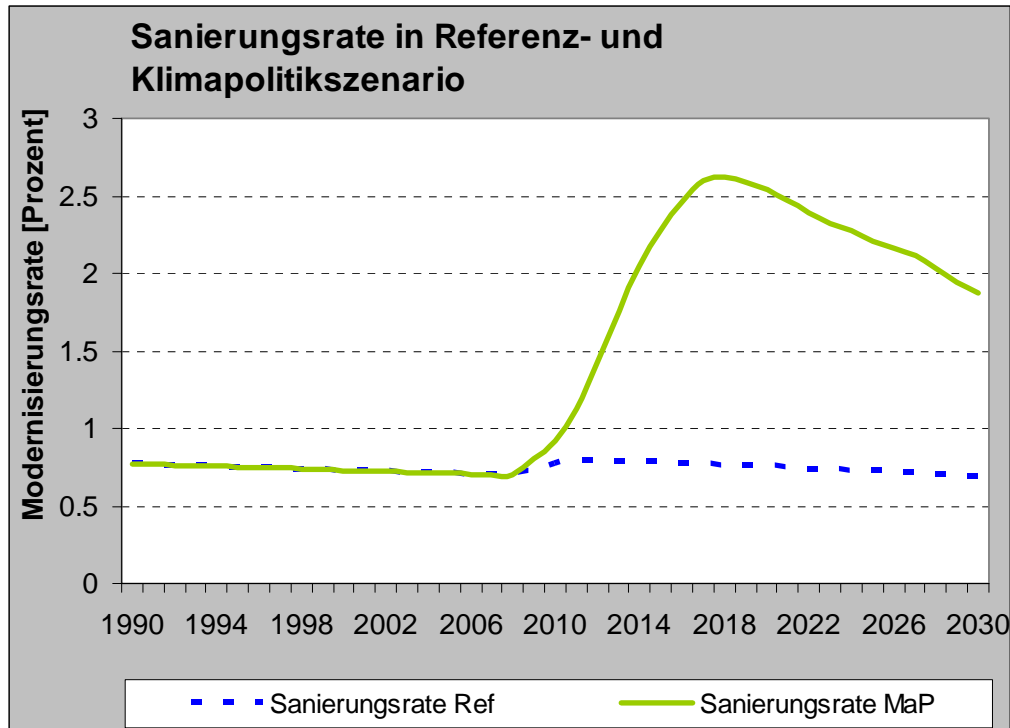
- Entwicklung der Sanierungsraten für Heizungsanlagen und Wärmedämmung,
- Entwicklung des Einsparverhältnisses.

Das Einsparverhältnis ist das Verhältnis aus dem Energieverbrauch nach einer energetischen Sanierung und dem Sollwert der Verordnung. Nach Kleemann und Hansen (2005) liegt dieses Verhältnis bei 59 %. Die Multiplikation des Einsparverhältnisses mit dem Sanierungsverhältnis, das aus der Zahl an in einem Jahr tatsächlich durchgeführten Sanierungen und dem durch die technische Lebensdauer gegebenen Sollwert gebildet wird, ergibt sich die sog. Potentialausnutzung. Sie liegt bei rund 1/3.

Im Basisszenario wird eine verhaltene Sanierungsrate (baulich und energetisch) von im Mittel 0,75 % pro Jahr angenommen (siehe Abbildung 8). Im Fall des modellierten Maßnahmenpaketes im KlimapolitikszENARIO wird für die Sanierungsrate eine Steigerung von 1 % im Jahr 2010 auf 2.6 % im Jahr 2018 und anschließendem Rückgang auf 1.9 % im Jahr 2030 angenommen (siehe Abbildung 8), da davon ausgegangen wird, dass zunächst eine steigende Zahl von Sanierungen durch die Politikmaßnahmen stimuliert wird, jedoch im weiteren Verlauf die Zahl der Gebäude mit geringer Energieeffizienz und hohem Sanierungsnutzen deutlich zurückgeht, so dass auch die Anreize zur Sanierung wieder geringer werden. Mit diesem Verlauf, wird im Gegensatz zu KlimInvest (Jochem et al., 2008), die eine nahezu konstante Sanierungsrate bis 2030 annehmen, ein Szenario definiert, das eine Kulmination der Sanierungstätigkeit beschreibt. Die Wirkungsklimax der modellierten Maßnahmen wird nach diesem Szenario im Jahr 2020 erreicht. Die Sanierungsrate ist eine statistische Zahl, die häufig vorkommende Teilsanierungen zu Vollsanierungen zusammenfasst. Die Entwicklung des Einsparverhältnisses (s. o.) wird mit einem sukzessiven Anstieg auf 90 % bis 2030 modelliert. Hierbei wird unterstellt, dass sowohl die Ausführung der Maßnahmen

durch die größere Nachfrage verbessert wird (Lerneffekte) als auch das der Kenntnisstand der Entscheider sich durch Kommunikation über getroffene Maßnahmen und erzielte Einsparungen so verbessert, dass bessere Sanierungserfolge erzielt werden.

Abbildung 8: Sanierungsrate für Heizungs- und Dämmtechnik im Zeitraum 1990 bis 2030



Quelle: Eigene Berechnungen.

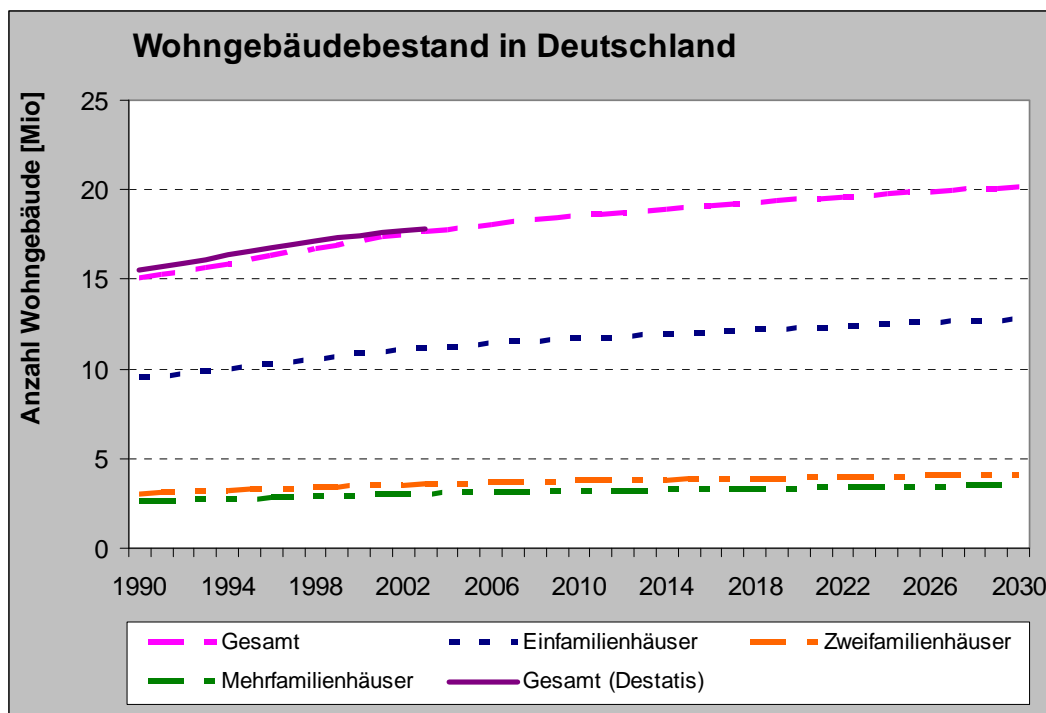
F.3.5 Modellergebnisse des Gebäudemoduls

Im Folgenden werden die Simulationsergebnisse des Gebäudemoduls vorgestellt. Eine Zusammenfassung der kumulierten ökonomischen Ergebnisse für den Betrachtungszeitraum 2008 - 2030 ist in Tabelle 2 gegeben.

Entwicklung des Wohngebäudebestands

Die zeitliche Entwicklung des Wohngebäudebestandes bildet die Grundlage für die Berechnung des Energiebedarfs zur Erzeugung der Wohnraumwärme und des Sanierungspotentials. Die Entwicklung wird bestimmt durch Verschrottungs- und Neubauraten sowie die Sanierung des Gebäudebestands. Für den Zeitraum von 1994 bis 2007 dienen Daten des Statistischen Bundesamtes zur Validierung (siehe Abbildung 9). Im Zeitraum zwischen 1990 und 2030 wächst der Gebäudebestand um 34 % von ca. 15 Millionen Gebäuden auf ca. 20 Millionen Gebäude an. Mit steigender Zahl der Wohngebäude erhöht sich die zu beheizende Fläche und damit der Energiebedarf, wobei Neubauten wegen effizienterer Standards den Durchschnitt des Energieverbrauchs des Gebäudebestands senken.

Abbildung 9: Zeitliche Entwicklung des Wohngebäudebestands im Modell

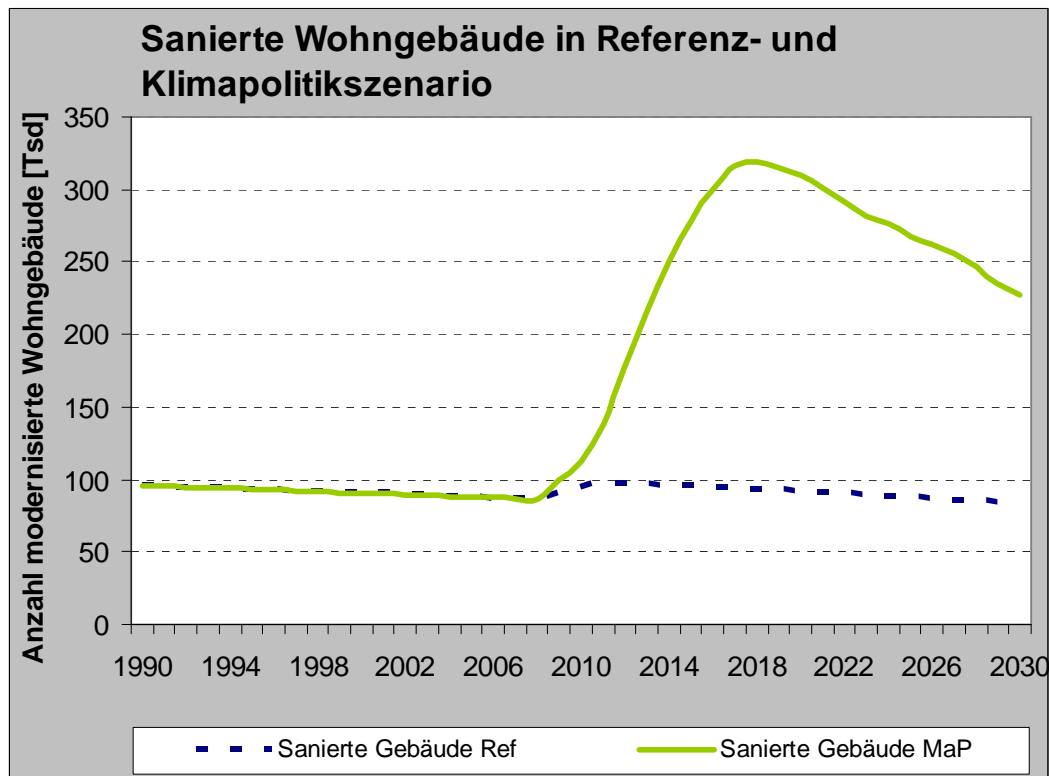


Quelle: Eigene Berechnungen.

Sanierungstätigkeit

Die Häufigkeiten von Sanierungen der Heizungs- und Dämmtechnik im Wohngebäudebereich werden durch die Sanierungsrate abgebildet. Die Datenlage zu energetischen Sanierungsraten im Wohngebäudebereich muss als sehr unsicher aufgefasst werden (siehe Abschnitt F.3.2). In der Literatur werden Werte zwischen 1 % und 2.5 % diskutiert (Jochem et al., 2008; Diefenbach et al., 2005). In diesem Modell wird die Sanierungsrate für das MaP 2 wie in Abschnitt F.3.4 und in Abbildung 8 dargestellt angenommen. Die Sanierungsrate umfasst die Entwicklung der Sanierung der Heizungs- und Dämmtechnik. Die resultierende Entwicklung der absoluten Anzahl sanierter Wohngebäude ist in Abbildung 10 dargestellt.

Abbildung 10: Anzahl der modernisierten Wohngebäude pro Jahr im Zeitraum 1990 bis 2030

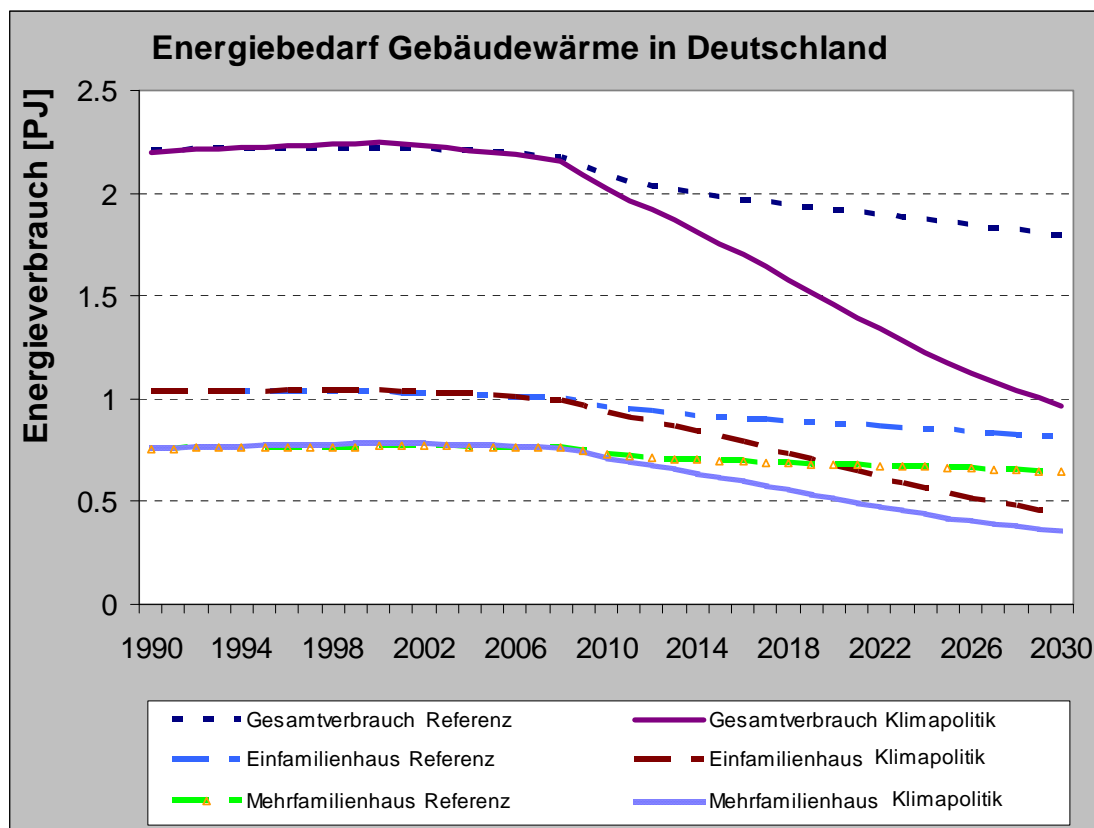


Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Energiebedarf zur Wohnraumwärmeerzeugung

Aus der Entwicklung des Gebäudebestandes, der eingesetzten Heiztechnik und Energieträger sowie dem Standard der Wärmedämmung des Gebäudes lässt sich der Gesamtenergiebedarf der Haushalte zur Erzeugung der Raumwärme errechnen (siehe Abbildung 11). Im Zeitraum 1990 bis 2005 steigt der Energiebedarf zur Erzeugung der Wohnraumwärme trotz Effizienzverbesserungen leicht an. Diese Tendenz ist mit einer zwar verbesserten Heizeffizienz pro Quadratmeter, jedoch gleichzeitig steigender Gesamtwohnraumfläche in Deutschland zu erklären und in der Tendenz mit Berechnungen des Statistischen Bundesamtes konform (Destatis, 2006). Im Zeitraum 2010 bis 2030 wirken die Effizienzsteigerungen in der eingesetzten Heiz- und Dämmtechnik und können einen steigenden Wärmebedarf durch weitere Wohnflächenvergrößerung kompensieren. Die Energieeinsparungen des Klimapolitikszenarios gegenüber dem Referenzszenario liegen bei ca. 400 PJ im Jahr 2020 und bei ca. 820 PJ im Jahr 2030. Innerhalb des Politikszenarios kann im Jahr 2030 damit der Energieverbrauch gegenüber 1990 trotz steigender Gebäudezahl und bewohnter Fläche halbiert werden.

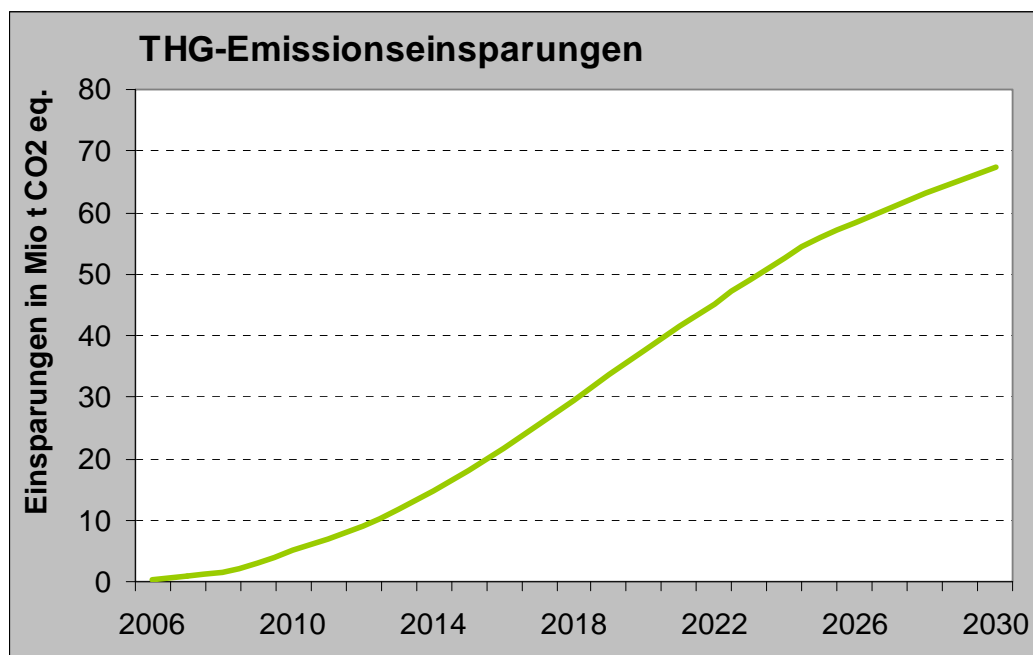
Abbildung 11: Heizenergiebedarf in Deutschland von 1990 bis 2030



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Treibhausgasemissionen

Mit der Energieeinsparung geht eine Einsparung von Treibhausgasemissionen (THG: CO₂ und N₂O) einher. Abbildung 12 zeigt die THG-Einsparungen, die durch die modellierten Politikmaßnahmen gegenüber dem Referenzszenario erreicht werden. Im Jahr 2020 beläuft sich die jährliche Einsparung auf ca. 38 Mio. und 2030 auf ca. 67 Mio. t CO₂-Äquivalente. Kumuliert werden im Zeitraum von 2008 bis 2030 eine Menge von ca. 780 Mio. t Treibhausgase eingespart. Jochem et. al (2008) errechnen hier eine kumulierte Einsparung von ca. 970 Mio. t CO₂-Äquivalente.

Abbildung 12: Jährliche THG-Emissionseinsparungen im Gebäudebereich

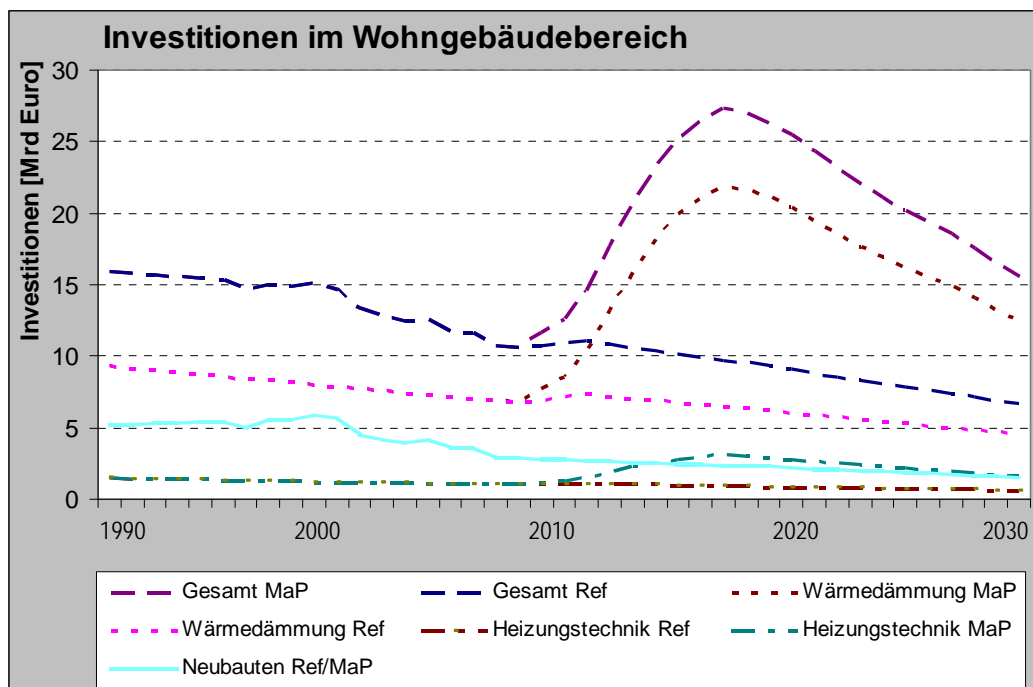
Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Zusätzliche Investitionen

Die zusätzlich aus dem MaP 2 resultierenden Investitionen (s. Abbildung 13) ergeben sich im Sinne eines Vollkostenansatzes aus den Gesamtkosten der Sanierung (siehe Abschnitt F.3.3). Bei der Berechnung von Investitionskosten bei Neubauten wird ein Teilkostenansatz gewählt und ausschließlich zusätzliche Kosten für eine verbesserte Heizungs- und Dämmtechnik veranschlagt. Die Kostenberechnungen sind separat für den Bereich der Wärmedämmung und den Bereich der Heizungstechnik durchgeführt worden, da unterschiedliche techno-ökonomische Kriterien zu beachten sind. Zusätzlich sind Skalen- und Lerneffekte berücksichtigt worden. Die errechneten Gesamtinvestitionen unterscheiden sich von den in KlimInvest (Jochem et al. 2008) kalkulierten insofern, als dass sie nicht annuisiert sind, sondern in voller Höhe zum jeweiligen Zeitpunkt volkswirtschaftlichen wirken. Es ergibt sich eine Investitionskurve, die die kontinuierlich zunehmende Sanierungstätigkeit bis 2018 widerspiegelt und anschließend absinkt, da die Anzahl der noch zu sanierenden Gebäude stetig fällt.

Bei der Analyse der volkswirtschaftlichen Auswirkungen sind Finanzierungskosten bestehend aus Tilgung und Zinszahlung, die den Haushalten bei der Durchführung der Sanierungsmaßnahmen entstehen, in voller Höhe als Bestandteil der Heizungsausgaben berücksichtigt worden. Hierbei wurde angenommen, dass der Kredit für eine kreditfinanzierte Sanierung nach sechs Jahren getilgt ist. Über diesen Zeitraum werden die vollen Finanzierungskosten auf die Heizungskosten addiert.

Abbildung 13: Investitionen in Gebäude in Deutschland im Zeitraum 1990 bis 2030



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Zwischen dem Referenzszenario (Ref) und dem KlimapolitikszENARIO (MaP) ergeben sich im Jahr 2020 ca. 16 Mrd. Euro und im Jahr 2030 ca. 9 Mrd. Euro an zusätzlichen Investitionen, während die absoluten Investitionen des Klimapolitikszenarios im Jahr 2020 bei ca. 24 Mrd. Euro und 2030 bei ca. 16 Mrd. Euro liegen.

Die Übersichtsdarstellung in Tabelle 2 macht deutlich, dass die Politikmaßnahmen des MaP 2 sowohl ökologisch als auch ökonomisch positive Auswirkungen haben. Der Barwert des Maßnahmenpakets liegt bei 16,3 Mrd. €, und zeigt damit eine rentable Investition an. Für die volkswirtschaftliche Analyse siehe Abschnitt H.2.

Tabelle 2 Ergebnisse der Maßnahmen 10a, 11, 12, 14 und Z2

	Einheit	2010	2020	2030
Differenzinvestitionen	[Mrd. €/a]	2	16	9
Jährliche Kosten*	[Mrd. €/a]	-1	-7	-16
THG-Einsparungen	[Mio. t CO _{2-eq} /a]	5	38	67
2008 – 2030 (Zinssatz 4 %)				
Abdiskontierte kumulierte Annuität der Investitionen	[Mrd. €]	76.9		
Barwert der Maßnahme	[Mrd. €]	16.3		
Abdiskontierte spezifische Vermeidungskosten	[€/ t CO _{2eq}]	-21.1		

Quelle: Eigene Berechnungen.

)* Energiekosten und geänderte Betriebsausgaben. Negatives Vorzeichen bedeutet aus Investorensicht positiven Rücklauf.

G Beschreibung und Analyse von Referenz- und Hauptszenarien

Dieser Abschnitt beschreibt kurz das Referenzszenario und den Aufbau der beiden Hauptszenarien Meseberg- und MesebergPlus Szenario. Für das Referenzszenario werden zentrale Variablen aus ASTRA dargestellt und wo möglich im Kontext der Rahmendaten aus PSz-IV beleuchtet. Für die Hauptszenarien werden die in die Modellierung einbezogenen Maßnahmen aufgelistet. Im zweiten Abschnitt werden dann die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen der beiden Hauptszenarien im Vergleich dargestellt und diskutiert und im dritten Abschnitt auf sektorale Wirkungen eingegangen.

G.1 Beschreibung der Szenarien

G.1.1 Referenzszenario

Das Referenzszenario setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: (1) den detaillierten Rahmendaten aus dem Projekt Politikszenerarien-IV (ÖI et al. 2008), und (2) dem Basisszenario in ASTRA, welches soweit möglich an PSz-IV angepasst wurde und welches als Vergleichmaßstab der in ASTRA modellierten Szenarien dient. Eine exakte Abbildung der PSz-IV Rahmendaten in ASTRA ist nicht erforderlich. Wichtig für die Analyse ist vor allem, dass das ASTRA Modell ein in sich konsistentes Basis-szenario abbildet und die Szenarioanalyse der übrigen Szenarien mit denselben Modellfunktionen und Elastizitäten vollzogen wird. Der komplette Rahmendatensatz wurde hingegen benötigt, um die Bottom-up Quantifizierung der einzelnen Klimaschutzmaßnahmen in den vorgelagerten Projekten (PSz-IV, IEKP-Mikro, KlimInvest) leisten zu können. Hierdurch werden unter anderem Trends bis 2030 für Variablen vorgegeben, die nicht in ASTRA enthalten sind, wie z. B. die Produktion bestimmter industrieller Massengüter (z. B. verschiedener Stähle).

Im Folgenden werden zuerst die zentralen Variablen des ASTRA Basisszenarios und der PSz-IV Rahmendaten verglichen (Tabelle 3 und Tabelle 4) und anschließend informatorisch weitere wichtige Rahmendaten dargestellt (Tabelle 5 und folgende).

Tabelle 3 stellt die Bevölkerung in den Rahmendaten und in ASTRA dar. In PSz-IV beginnt die Abnahme der Bevölkerung im Jahr 2010 während in ASTRA noch bis 2015 eine stabile Bevölkerung berechnet wird und anschließend eine Verringerung. Die Abnahme der Bevölkerung setzt sich in beiden Fällen bis 2030 fort ist aber deutlicher in PSz-IV. Die Differenz zwischen ASTRA und den Rahmendaten beträgt rund 1 % in 2020 und 2 % in 2030. Die Anzahl der Kinder (Personen unter 18 Jahren) geht in ASTRA von 2005 an kontinuierlich zurück und verringert sich um -13 %. Die erwerbsfähige Bevölkerung (Alter 18 bis 65 Jahre) verringert sich um mehr als 3 Millionen Personen zwischen 2015 und 2030, während die Zahl der über 65-jährigen sich um 30 % erhöht zwischen 2005 und 2030. Trotz abnehmender Bevölkerung nimmt die Zahl der Haushalte weiter zu, da die Anzahl der Single-Haushalte und der 2-Personen-Haushalte weiter steigt.

Tabelle 3: Bevölkerung und Altersstruktur in Deutschland, 2005-2030

[in 1000 Personen]		2005	2010	2015	2020	2025	2030
PSz-IV	Bevölkerung	82,438	82,411	81,902	81,393	80,407	79,421
ASTRA	Bevölkerung	82,571	82,669	82,653	82,365	81,802	81,112
	davon Kinder	15,252	15,106	14,995	14,349	13,738	13,266
	Erwerbsbevölkerung	54,244	53,948	54,238	53,902	52,901	50,857
	Über 65 Jahre	13,076	13,615	13,421	14,114	15,163	16,989

Quellen: Öl et al. (2008), eigene Berechnungen mit ASTRA.

Tabelle 4 zeigt die Wirtschaftsentwicklung in PSz-IV und in ASTRA. Mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum des Bruttoinlandsproduktes (BIP) von rund 1 % bis 2030 zeichnet das Basisszenario von ASTRA insbesondere nach 2020 ein pessimistischeres Bild als die Rahmendaten. Allerdings ist der Anteil der Wertschöpfung des verarbeitenden Gewerbes etwas höher in ASTRA, so dass der Trend in ASTRA und PSz-IV sehr ähnlich ist. Gleiches gilt für die Anteile der Beschäftigten im verarbeitenden Gewerbe und in den Dienstleistungssektoren. Indirekt lässt sich dadurch auf eine höhere Produktivität des verarbeitenden Gewerbes in ASTRA schließen.

Tabelle 4: Wirtschaftsentwicklung in PSz-IV-Rahmendaten und in ASTRA, 2005-2030

		Einheit	2005	2010	2015	2020	2025	2030
PSz-IV	Bruttoinlandsprodukt	Mrd€2000	2,129	2,305	2,487	2,669	2,849	3,029
	Bruttowertschöpfung verarb. Gewerbe	Mrd€2000	457	471	505	540	575	610
	Anteil Beschäftigte verarbeitendes Gewerbe	%		19%		17%		16%
	Anteil Beschäftigte Dienstleistungssektor	%		72%		74%		75%
ASTRA	Bruttoinlandsprodukt	Mrd€2000	2,117	2,238	2,356	2,483	2,591	2,685
	Bruttowertschöpfung verarb. Gewerbe	Mrd€2000	471	508	542	578	606	634
	Anteil Beschäftigte verarbeitendes Gewerbe	%	18%	17%	16%	16%	15%	15%
	Anteil Beschäftigte Dienstleistungssektor	%	70%	71%	71%	72%	72%	73%

Quellen: Öl et al. (2008), eigene Berechnungen mit ASTRA.

Die folgenden Tabellen der Rahmendaten aus PSz-IV haben informatorischen Charakter und beschreiben die Rahmendaten mit denen die ökonomischen Abschätzungen der Bottom-up Maßnahmen durchgeführt wurden.

Tabelle 5 stellt die Wertschöpfung nach Wirtschaftszweigen vor. Neben dem verarbeitenden Gewerbe sind die überdurchschnittlichen Wachstumsbranchen Verkehr und Nachrichtenübermittlung, Gesundheits- und Sozialwesen sowie sonstige Dienstleistungen zu nennen. Im Vergleich zum BIP schneiden Handel, Baugewerbe, Energiewirtschaft, der öffentlichen Sektor sowie der Bergbau und die Land- und Forstwirtschaft unterdurchschnittlich ab.

Tabelle 5: Wertschöpfung nach Wirtschaftszweigen (reale Preise, Preisbasis 2000), 2000-2030

	2000	2005	2010	2015 ^a	2020	2025 ^a	2030
	Mrd. € (2000) ^b						
Land und Forstwirtschaft; Fischerei	23	25	23	24	25	25	25
Bergbau, Gewinnung v. Steinen u. Erden	5	4	3	3	2	2	2
Verarbeitendes Gewerbe	426	457	471	505	540	575	610
Energie u. Wasserversorgung	34	36	39	41	42	43	45
Baugewerbe	96	77	87	91	95	100	105
Handel; Rep. V. Kraftfahrz. U. Gebrauchsg.	205	212	220	227	234	240	245
Gastgewerbe	30	28	29	30	32	33	34
Verkehr u. Nachrichtenübermittlung	102	119	137	156	176	196	217
Kredit u. Versicherungsgewerbe	78	77	88	96	103	113	122
Grundstückswesen; Vermietung; Unternehmensdienst	433	471	523	575	628	674	719
Öffentliche Verwaltung; Verteidigung; Sozialvers.	118	115	118	120	121	124	127
Erziehung u. Unterricht	83	83	85	88	90	92	94
Gesundheits-, Veterinär- u. Sozialwesen	124	141	156	175	193	215	237
Sonstige öffentliche u. private Dienstleister	91	89	100	111	122	133	144
Bruttoinlandsprodukt	2.063	2.129	2.305	2.487	2.669	2.849	3.029

Anmerkungen: ^a Mittelwert des vorhergehenden und des nachfolgenden Stützjahres. - ^b errechnet aus den Angaben von EW/Prognos (2006) und dem Kettenindex des Statistischen Bundesamtes für die preisbereinigte Bruttowertschöpfung der Wirtschaftsbereiche.

Quellen: *ÖI et al. (2008) nach EW/Prognos 2006, Statistisches Bundesamt.*

Die Industrieproduktion erhöht sich von 2002 bis 2030 um ca. 44 %. Die Branchen chemische Industrie, Metallbearbeitung sowie Maschinen- und Fahrzeugbau wachsen in der Prognose stärker als der Durchschnitt, die Nahrungs- und Genussmittelindustrie, das Papiergewerbe und die Nichteisen-Metallindustrie eher unterdurchschnittlich. Für die Bereiche Glas und Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden sowie die Metallerzeugung wird sogar ein Rückgang prognostiziert.

Tabelle 6: Industrieproduktion (reale Preise, Preisbasis 1995), 2000-2030

	2000	2002	2010	2015 ^a	2020	2025 ^a	2030
	Mrd. € (1995)						
Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	2,1	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Ernährung und Tabak	35,5	35,3	36,0	37,1	38,2	39,1	40,0
Papiergewerbe	9,7	9,6	9,9	10,1	10,2	10,2	10,1
Grundstoffchemie	19,2	19,4	20,5	21,7	22,9	24,0	25,1
Sonstige chemische Industrie	20,4	20,8	23,3	25,3	27,2	29,3	31,4
Gummi- und Kunststoffwaren	19,5	19,6	21,9	23,5	25,1	26,7	28,2
Glas, Keramik	5,8	5,3	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
Verarbeitung von Steinen und Erden	9,7	8,5	7,8	7,7	7,5	7,4	7,3
Metallerzeugung	6,1	6,4	6,1	6,0	5,8	5,8	5,8
NE-Metalle, Giessereien	7,7	7,6	8,0	8,3	8,5	8,7	8,9
Metallbearbeitung	39,2	39,3	44,3	48,1	51,8	55,3	58,8
Maschinenbau	60,0	59,4	69,8	79,7	89,5	99,0	108,5
Fahrzeugbau	57,5	61,0	69,9	75,9	81,8	88,0	94,2
Sonstige Wirtschaftszweige	110,7	104,4	114,1	122,5	130,9	140,2	149,5
Insgesamt	403,1	398,5	438,7	472,6	506,5	540,6	574,7

Anmerkungen: ^a Mittelwert des vorhergehenden und des nachfolgenden Stützjahres.

Quellen: *ÖI et al. (2008) nach EW/Prognos 2006.*

Ein zentraler Einflussfaktor für die Entwicklung des Energiebedarfs und der Treibhausgas-Emissionen ist die prognostizierte Entwicklung des Energiesektors. Aus Gründen der Vergleichbarkeit mit anderen Berechnungen wurde in IEKP Makro auf die Preisszenarien von EW/Prognos (2006) mit Blick auf die Annahmen im World Energy Outlook 2006 abgestellt (IEA 2006).

Tabelle 7: Preise für Mineralöl, Erdgas und Kohle (reale Preise, Preisbasis 2000), 2000-2030

	2000	2005	2010	2015 ^a	2020	2025 ^a	2030
Industrie (ohne MwSt.)							
Heizöl EL (€/t)	381,5	485,0	556,4	558,7	560,9	628,1	695,3
Heizöl S (€/t)	188,9	242,6	244,6	244,7	244,7	267,3	289,9
Erdgas (ct/kWh)	1,7	2,4	2,4	2,4	2,4	2,6	2,8
Steinkohle (€/t SKE)	42,7	62,7	65,2	68,9	72,5	79,3	86,0
Stromerzeugung (ohne MwSt.)							
Steinkohle (€/GJ)	1,6		2,0	2,0	2,0	2,0	2,1
Braunkohle (€/GJ)	0,8		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Erdgas (€/GJ)	3,5		5,0	4,8	4,7	5,1	5,5
Heizöl, schwer (€/GJ)	4,6		5,6	5,4	5,2	5,6	5,9
Heizöl, leicht (€/GJ)	8,9		12,7	12,5	12,4	13,8	15,2
Haushalte (inkl. MwSt. ^b)							
Heizöl EL (ct/l)	40,8	50,7	60,9	61,4	61,9	69,4	76,9
Erdgas (ct/kWh)	3,7	4,8	5,4	5,5	5,5	6,3	7,0
Benzin (€/l)	0,99	1,14	1,27	1,28	1,29	1,36	1,43
Diesel (€/l)	0,80	1,02	1,11	1,12	1,14	1,21	1,27

Anmerkungen: ^a Mittelwert des vorhergehenden und des nachfolgenden Stützjahres. - ^b ab 2007 MwSt.-Satz 19%

Quellen: Öl et al. (2008) nach MWV, Eurostat, Statistisches Bundesamt, EWI/Prognos 2006.

Auf der Basis eines festgelegten Szenarios für die CO₂-Zertifikatspreise wurde für das Projekt KlimInvest (Jochem et al. 2008) eine Neuberechnung der Annahmen von EWI/Prognos (2006) für das Referenzszenario vorgenommen, sodass die Strompreise nun die vollen CO₂-Opportunitätskosten beinhalten.

Tabelle 8: Preise für Elektrizität (reale Preise, Preisbasis 2000), 1995-2030

	1995	2000	2010	2015 ^a	2020	2025 ^a	2030
	€/MWh						
Industrie (ohne MwSt.)							
Sonderabnehmer	69,5	44,0					
Hochspannung			65,8	65,2	64,6	67,2	69,7
Mittelspannung			91,8	90,2	88,6	90,7	92,7
Haushalte (inkl. MwSt. ^b)							
Erlöse Tarifabnehmer	168,7	149,2					
Niederspannung			180,3	176,7	173,0	173,1	173,1
Großhandelspreis (Base)	-	18,6	47,1	47,2	47,2	49,8	52,3

Anmerkungen: ^a Mittelwert des vorhergehenden und des nachfolgenden Stützjahres. - ^b ab 2007 MwSt.-Satz 19%

Quellen: Jochem et al. (2008) nach EWI/Prognos 2006.

Für den Verkehrsbereich wurden die folgenden Trends den Rahmendaten von PSz-IV entnommen (Tabelle 9 und Tabelle 10). Der Personenverkehr steigt bis 2020 noch leicht an und stagniert dann. Allerdings wird für den internationalen Personenluftverkehr bis 2030 noch ein Anstieg um rund 80 % erwartet gegenüber 2010. Der motorisierte Individualverkehr behält auch weiterhin seine dominante Stellung beim inländischen Personenverkehr. Für den Güterverkehr wird weiterhin ein kontinuierliches starkes Wachstum erwartet bei kaum veränderter Gewichtung der modalen Anteile.

Tabelle 9: Entwicklung der Personenverkehrsleistung, 2000-2030

	2000	2010	2020	2030
	[Mrd Personenkilometer]			
PKW, Kombi	838	894	948	940
Eisenbahnverkehr	75	80	88	88
Schienennahverkehr	39	43	47	47
Schienenfernverkehr	36	37	41	41
ÖSPNV	97	102	105	106
Strasse	84	87	89	90
Schiene	13	16	16	16
Luftverkehr nur Inland	10	10	12	13
Luftverkehr gesamt ⁽¹⁾	142	202	270	355
Insgesamt Inland	1,020	1,086	1,153	1,147
	[modaler Anteil in %]			
MIV	82.1	82.3	82.2	82.0
Eisenbahnverkehr	7.4	7.3	7.6	7.7
ÖPNV	9.5	9.4	9.1	9.2
Luftverkehr nur Inland	0.9	0.9	1.0	1.1

(1) Inland plus Abgang bis zur ersten Zwischenlandung

Quelle: Öl et al. (2008).

Tabelle 10: Entwicklung der Güterverkehrsleistung, 2000-2030

	2000	2010	2020	2030
	[Mrd Tonnenkilometer]			
Straße	346	437	540	604
Schiene	81	90	99	110
Binnenschiff	67	77	92	103
Gesamt	494	604	731	817
	[modaler Anteil in %]			
Straße	70.1	72.4	73.8	73.9
Schiene	16.5	14.9	13.6	13.5
Binnenschiff	13.5	12.7	12.6	12.6

Quelle: Öl et al. (2008).

Weiter wurden folgende Annahmen in PSz-IV/KlimInvest getroffen und für dieses Projekt übernommen:

- die Kernenergie läuft aus wie im AtG² 2002 beschlossen beruhend auf den dort definierten Reststrommengen.
- die Erdgasproduktion in Deutschland geht weiter zurück. Sie beläuft sich im Jahr 2010 auf 628 PJ, im Jahr 2020 auf 569 PJ und im Jahr 2030 auf 470 PJ wie in EWI/Prognos (2006) angenommen.

² Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz)

- analog wird eine Ölproduktion in Deutschland mit 125 PJ für das Jahr 2010, 75 PJ für 2020 und 25 PJ für 2030 angenommen.
- die Vereinbarung zum Auslaufen der Steinkohlesubventionen wurde unterstellt, obwohl sie von EWI/Prognos (2006) noch nicht in Betracht gezogen werden konnte. Angenommen wurde in Öl et al. (2008) für das Jahr 2012 eine Förderung von 16 Mio. t Steinkohle und für das Jahr 2018 das Auslaufen der Förderung.

Schließlich bildet die unterstellte Entwicklung der CO₂-Zertifikatspreise ein wichtiges Element der Rahmendaten. Für die Analysen wurde eine Entwicklung angenommen, die mit einem Niveau von 15 €/EUA im Jahr 2008 bis auf 30 €/EUA im Jahr 2030 ansteigt (Öl et al. 2008).

G.1.2 Meseberg Szenario: Maßnahmen und CO₂ Einsparungen

In diesem Szenario werden die 29 Maßnahmen des Meseberger IEKPs betrachtet (siehe Tabelle 11). In die Modellanwendung einbezogen wurden die so genannten M-Maßnahmen in der Tabelle auch mit "M" gekennzeichnet. In Ergänzung zu vorigen Auswertungen in der IEKP-Projektfamilie wird hier zum ersten Mal das Energie- und Klimapaket von Meseberg eigenständig ausgewiesen. Für die Gebäudemaßnahmen der privaten Haushalte (Maßnahmen 10, 11, 12, 14) wurden im Meseberg Szenario die Berechnungen aus KlimInvest verwendet.

Tabelle 11: Modellmäßig berücksichtigte Maßnahmen des Meseberg Szenarios in IEKP-Makro (gekennzeichnet als M-Maßnahmen)

Nr.	Maßnahme
M1	KWK-Gesetz
M2	Ausbau Erneuerbare Strom
M3	CO ₂ -arme Kraftwerkstechnologie
M4	Intelligente Messverfahren Strom
M5	Saubere Kraftwerkstechnologien
M6	Einführung von Energiemanagementsystemen
M7	Förderung Klimaschutz + Energieeffizienz
M8	Energieeffiziente Produkte
M9	Einspeiseregulung für Biogas
M10a	Energieeinsparverordnung
M10b	Austausch von Nachtspeicheröfen
M11	Betriebskosten Mietwohnungen
M12	CO ₂ -Gebäudesanierungsprog.
M13	Energetische Modernisierung der sozialen Infrastruktur
M14	Erneuerbare Wärme (EEWärmeG)
M15	energetische Sanierung Bundesgebäude
M16	CO ₂ -Strategie Pkw
M17	Ausbau von Biokraftstoffen
M18	Umstellung Kfz-Steuer auf CO ₂
M19	CO ₂ -Labelling Pkw
M20	Lenkungswirkung Lkw-Maut
M21	Flugverkehr (Paket)
M22	Schiffsverkehr (Paket)
M23	Reduktion fluorierter THGase
M26	Elektromobilität
	Nicht modellierte Maßnahmen
24	Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen ¹⁾
25	Energieforschung + Innovation
27	Int Projekte Klimaschutz + Eeffiz
28	D Botschaften und Konsulate
29	TA Klima+Technologieinitiative

1) Aufgrund von Abgrenzungsproblemen wurde Maßnahme 24 teilweise in M6 und M7 integriert.

Durch das Meseberger Energie- und Klimapaket kommt es zu Einsparungen bei den Treibhausgasemissionen (siehe Tabelle 12). Die Treibhausgaseinsparungen wurden in den Projekten IEKP-Mikro (ISI et al. 2008) und KlimInvest (Jochem et al. 2008) quantifiziert. Diese Quantifizierung wurde von diesen Projekten übernommen, da eine entsprechende Bottom-up Analyse der Maßnahmen nicht Aufgabe von IEKP-Makro war. Teilweise konnten Maßnahmen in ihrer Wirkung nicht getrennt werden. Sie wur-

den dann mit den wirkungsseitig überlagernden Maßnahmen als Bündel berechnet. Besonders bei den Maßnahmen M10-15, die sich alle auf den Gebäudebereich beziehen, wurde dieses Vorgehen gewählt um Doppelungen zu vermeiden. In anderen Fällen wurden Sie mit den sogenannten Zusatzmaßnahmen verknüpft, wie bei M5 Saubere Kraftwerkstechnologie, die im MesebergPlus Szenario mit dem Bau der drei neuen, hocheffizienten Braunkohlekraftwerke mit Carbon Capture and Storage Technik (CCS) (Z6, Z7) verschmolzen wurde. Im letzteren Fall gehört die Maßnahme aber nur in das MesebergPlus Szenario (siehe nächsten Abschnitt G.1.3). Im Meseberg Szenario ergibt sich für Deutschland für 2020 eine zusätzliche Reduktion der Treibhausgas-Emissionen um rund -14 % und mit den bis 2008 erzielten Reduktionen von -20 % eine Gesamtreduktion seit 1990 um rund -34 %.

Tabelle 12: Treibhausgaseinsparungen im Meseberg Szenario im Vergleich zum Referenzszenario in [Mio. t CO_{2eq}/a]

Maßnahme	2010	2020	2030	Kumuliert 2008-2030
M1	3,2	20	20	320 Mio. t CO _{2eq}
M2	13	50	98	1 120 Mio. t CO _{2eq}
M4	0,04	3,4	3,3	51 Mio. t CO _{2eq}
M6, M7, (M24)	0,6	8,9	18	190 Mio. t CO _{2eq}
M8	1,9	8,2	10	158 Mio. t CO _{2eq}
M9	0,2	3,5	8,9	81 Mio. t CO _{2eq}
M10-15	11	48	84	1 009 Mio. t CO _{2eq}
davon M14	3,8	15	32	343 Mio. t CO _{2eq}
M16	4,1	17	16	300 Mio. t CO _{2eq}
M17	0,3	4,6	6,6	80 Mio. t CO _{2eq}
M18	1,7	3,1	2,2	60 Mio. t CO _{2eq}
M19	1,4	3,5	2,8	64 Mio. t CO _{2eq}
M20	0,26	0,50	0,53	12 Mio. t CO _{2eq}
M21	0	1,9	3,2	39 Mio. t CO _{2eq}
M22	0	0,46	1,0	10 Mio. t CO _{2eq} (im Ausland)
M23	12	18	20	305 Mio. t CO _{2eq}
M26	0,2	4,9	8,8	99 Mio. t CO _{2eq}
SUMME				3898 Mio.t CO_{2eq}

Quelle: Jochem et al. (2008), ISI et al. (2008) – eigene Darstellung

G.1.3 MesebergPlus Szenario: Maßnahmen und CO₂ Einsparungen

Da im Meseberg Szenario bis 2020 das Ziel einer Verringerung der Treibhausgas-Emissionen in Deutschland um -40 % gegenüber 1990 nicht erreicht wird, wurden in KlimInvest zusätzliche Maßnahmen definiert und abgeschätzt, die die Treibhausgaseinsparungen in der Summe auf -40 % bis 2020 bringen. Diese Maßnahmen werden auch für IEKP-Makro herangezogen und definieren zusammen mit den Meseberger Maßnahmen das MesebergPlus Szenario (siehe Tabelle 13). Dieses Szenario ist, bis auf wenige Änderungen (vor allem im Bereich der Maßnahmen für Gebäude), iden-

tisch mit dem KlimapolitikszENARIO aus KlimInvest (Jochem et al. 2008). Für die Gebäudemaßnahmen der privaten Haushalte (Maßnahmen M10a+b, M11, M12, M14, Z2) wurden im MesebergPlus Szenario die Berechnungen des neu entwickelten Gebäude-Moduls verwendet.

Tabelle 13: Zusätzliche Maßnahmen des MesebergPlus Szenarios in IEKP-Makro

Nr.	Maßnahme
Z1	Tempolimit Pkw auf Autobahnen
Z2	Beschleunigte Gebäudesanierung
Z3	Verpflichtende Nutzung von Leichtlaufölen für PKW
Z4	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) Nordsee
Z6	Drei neue effiziente Braunkohlekraftwerke
Z7	CCS für die drei neuen Braunkohlekraftwerke
Z8	Ökodesign-Richtlinie für Industrie und GHD

Eine Änderung der Maßnahmespezifikation gegenüber KlimInvest wurde nur aufgenommen, wenn sie nur zu geringfügigen Veränderungen der Szenarioergebnisse gegenüber KlimInvest geführt hätte. Dazu gehört die vollständige Abbildung der Maßnahmen M10b und Z1, die in KlimInvest nicht komplett in ASTRA implementiert waren. Eine weitere Änderung ergibt sich durch die Einbeziehung des neuen ASTRA endogenen Gebäudemoduls, welches die Bottom-up Ergebnisse für eines der zentralen Maßnahmenpakete des Szenarios modifiziert. Dieses ersetzt die Maßnahmen M10 bis M12, M14 und Z2 aus dem Meseberg Szenario, während M13 und M15 aus dem Meseberg Szenario beibehalten wurden. Die folgende Tabelle 14 zeigt die aus IEKP-Mikro und KlimInvest übernommene Quantifizierung der Treibhausgas-Emissionen für das MesebergPlus Szenario plus die neuen aggregierten Ergebnisse für die Gebäudemaßnahmen.

Tabelle 14: Treibhausgaseinsparungen im MesebergPlus Szenario in [Mio. t CO_{2eq}/a]

	2010	2020	2030	Kumuliert 2008-2030
M10-M15 + Z2	5	41	72	840 Mio. t CO _{2eq}
Z1	k.A.	8,5	9	k.A.
Z3	2,9	2,5	1,9	58 Mio. t CO _{2eq}
Z4	0	9	29	221 Mio. t CO _{2eq}
Z6	0	7,4	8,6	107 Mio. t CO _{2eq}
Z7	0	13	13	180 Mio. t CO _{2eq}
Z8	0,7	3,0	6,3	67 Mio. t CO _{2eq}
SUMME				4362 Mio. t CO_{2eq}

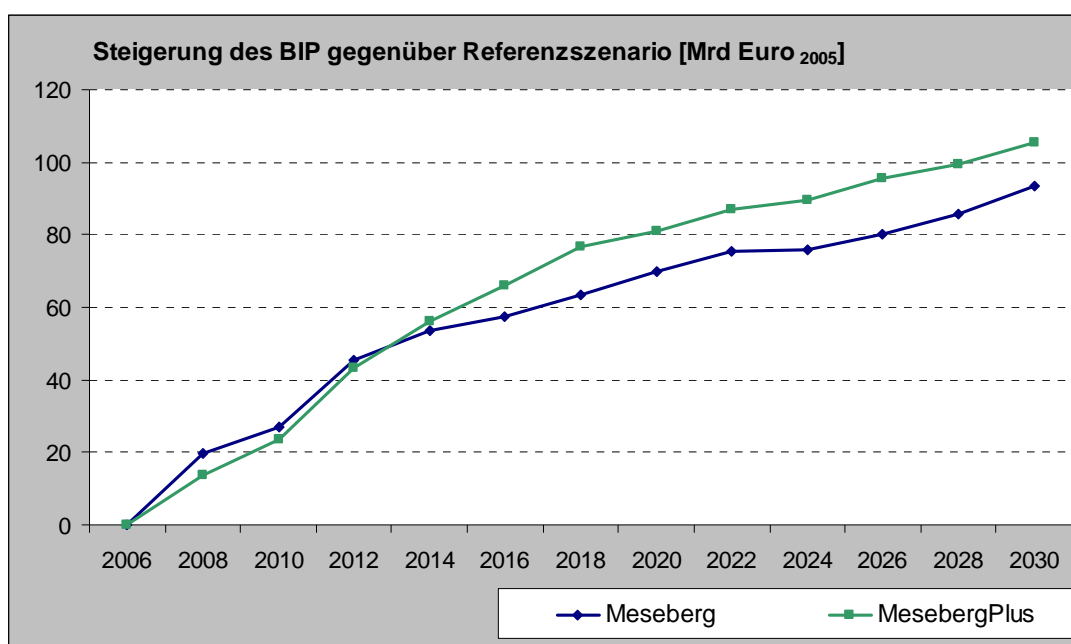
Quelle: Jochem et al. (2008), ISI et al. (2008) – eigene Darstellung.

G.2 Gesamtwirtschaftliche Wirkungen der beiden Hauptszenarien

In diesem Abschnitt wird die ökonomische Wirkung des Meseberg und des MesebergPlus Szenarios erläutert und als Veränderung gegenüber dem Referenzszenario (siehe Tabelle 4) dargestellt.

Die Wachstumseffekte auf das BIP beider Szenarien sind positiv. Ab 2008 kann ein gegenüber dem Referenzszenario erhöhter Anstieg des Wachstums für beide Klimapolitikszenerarien beobachtet werden. Langfristig entstehen im Szenario MesebergPlus höhere Wachstumseffekte und somit auch eine höhere positive Abweichung vom Referenzszenario (Abbildung 14). In 2020 beläuft sich das zusätzlich BIP auf 70 Mrd. € im Meseberg Szenario und auf 81 Mrd. € im MesebergPlus Szenario. Dies entspricht einer Steigerung des BIP um +2.2 % bzw. +2.5 % in 2020 gegenüber dem Referenzszenario. Bis zum Jahr 2030 erhöht sich dieser Anstieg auf +2.6 % bzw. +2.9 %.

Abbildung 14: Zusätzliches Wachstum des BIP in den Hauptszenarien gegenüber dem Referenzszenario



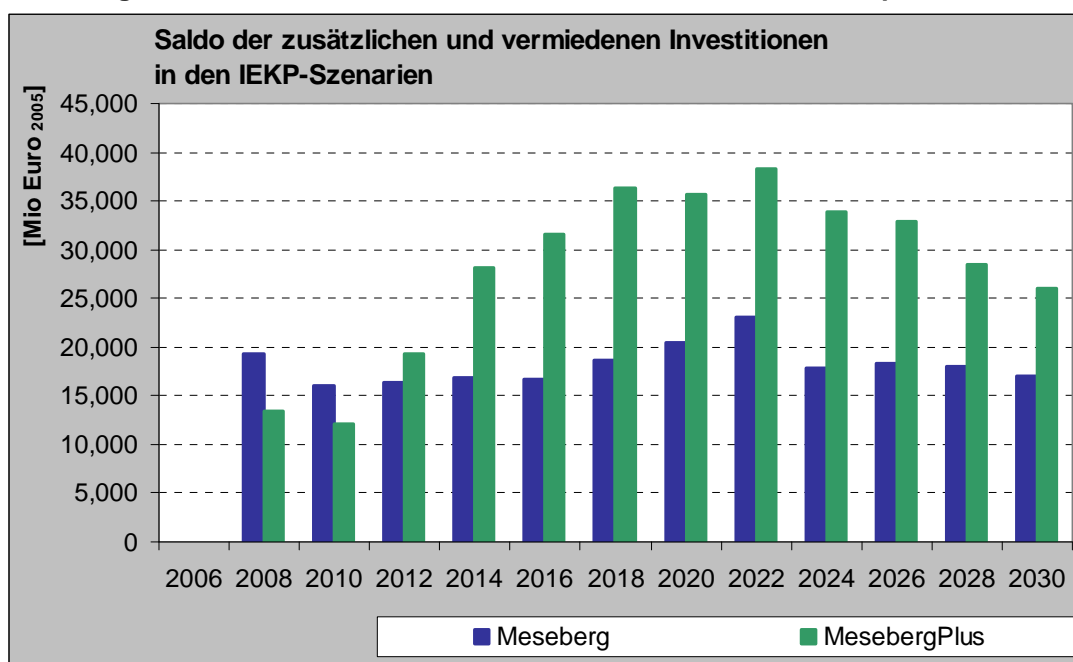
Quelle: Eigene Berechnungen mit ASTRA.

Hier soll noch darauf hingewiesen werden, dass die Treibhausgas-Einsparungen in Tabelle 12 und Tabelle 13 sich auf das Referenzszenario beziehen. Durch das dargestellte Wachstum des BIP muss von einem Anstieg der Treibhausgas-Emissionen ausgegangen werden, der einen geringen Teil der Treibhausgas-Einsparungen wieder kompensiert. Die Quantifizierung der Treibhausgas-Einsparungen war nicht Bestandteil dieses Projektes.

Die wichtigste Einflussgröße für das zusätzliche Wachstum der beiden Klimapolitikszenerarien sind die durch die Maßnahmen ausgelösten Anreize für zusätzliche Investitionen und die durch Effizienzgewinne und Energieeinsparungen langfristig wirksam werdenden Senkungen der Energieausgaben. Dabei unterscheidet ASTRA zwei Ar-

ten von Veränderungen der Investitionen. Einerseits kommt es zu höheren Investitionen durch die Klimaschutzmaßnahmen, den sogenannten zusätzlichen Investitionen. Werden z. B. Investitionen getätigt um Energieeffizienzpotenziale auszuschöpfen, fallen sie in diese Kategorie. Auf der anderen Seite bestehen aber schon Investitionsplanungen bezüglich von Projekten, die zukünftige Emissionspfade bestimmen, z. B. der Bau neuer, fossiler Kraftwerke. Diese Investitionen werden nun durch die Klimaschutzmaßnahmen teilweise nicht getätigt, bzw. teilweise in klimaschutzfreundlichere Investitionen umgewandelt. So wird ein neues Gebäude eventuell trotzdem gebaut, aber mit anderen Isolierstandards. Nicht getätigte Investitionen stellen einen negativen Impuls der Klimapolitik dar. Sie werden daher von den zusätzlichen Klimaschutzinvestitionen abgezogen. Sie werden im folgenden als vermiedene Investitionen bezeichnet. Abbildung 15 stellt den Saldo aus zusätzlichen Klimaschutzinvestitionen und vermiedenen Investitionen für die beiden Hauptszenarien dar. Für das Meseberg Szenario verläuft der Investitionsimpuls eher gleichmäßig auf einem Niveau von rund 18 bis 22 Mrd. € jährlich. Im MesebergPlus Szenario ergibt sich eine glockenförmige Kurve mit einem Maximum von 36 bis 38 Mrd. € in den Jahren 2018 bis 2022.

Abbildung 15: Saldo der Klimaschutzinvestitionen für die beiden Hauptszenarien

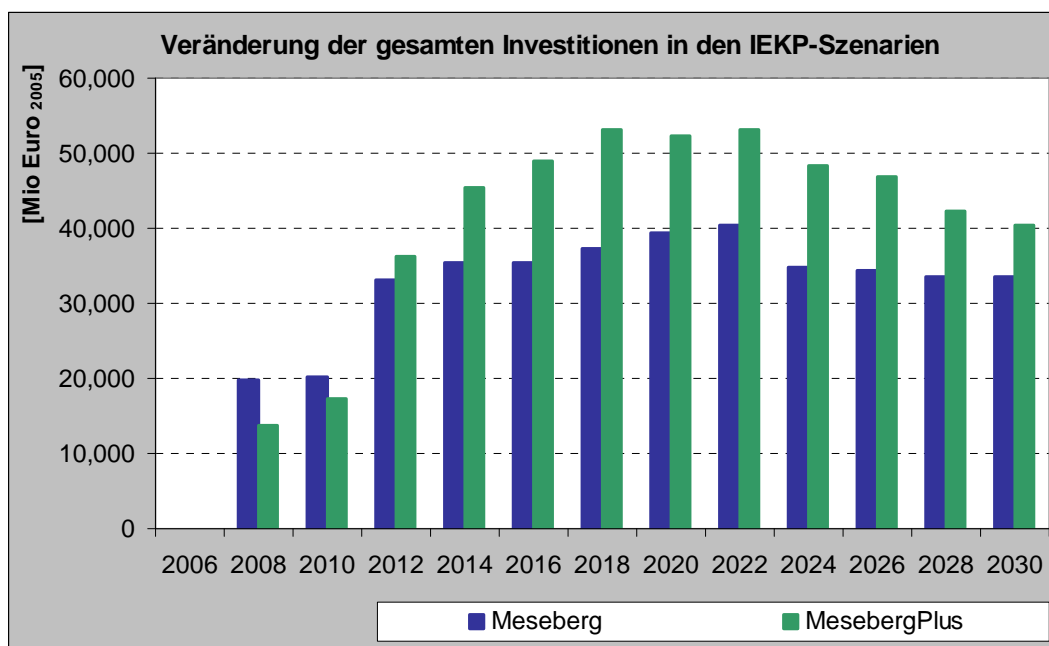


Quelle: eigene Berechnungen mit ASTRA.

Abbildung 16 zeigt die Gesamtinvestitionen für die Klimapolitiksszenarien Meseberg und MesebergPlus. Die Gesamtinvestitionen setzen sich zusammen aus den oben beschriebenen klimapolitisch motivierten Investitionen (d. h. Saldo aus zusätzlichen abzüglich vermiedener Investitionen) und den induzierten Investitionen, die aufgrund der entstehenden Wachstumsdynamik durch Zweitrundeneffekte generiert werden. Vergleicht man das Saldo der Klimaschutzinvestitionen mit den Gesamtinvestitionen, so zeigt sich das bereits ab 2012 die Zweitrundeneffekte signifikante Investitionen von mehr als 10 Mrd € induzieren, die im weiteren Verlauf auf bis zu 17 Mrd € induzierte Investitionen wachsen.

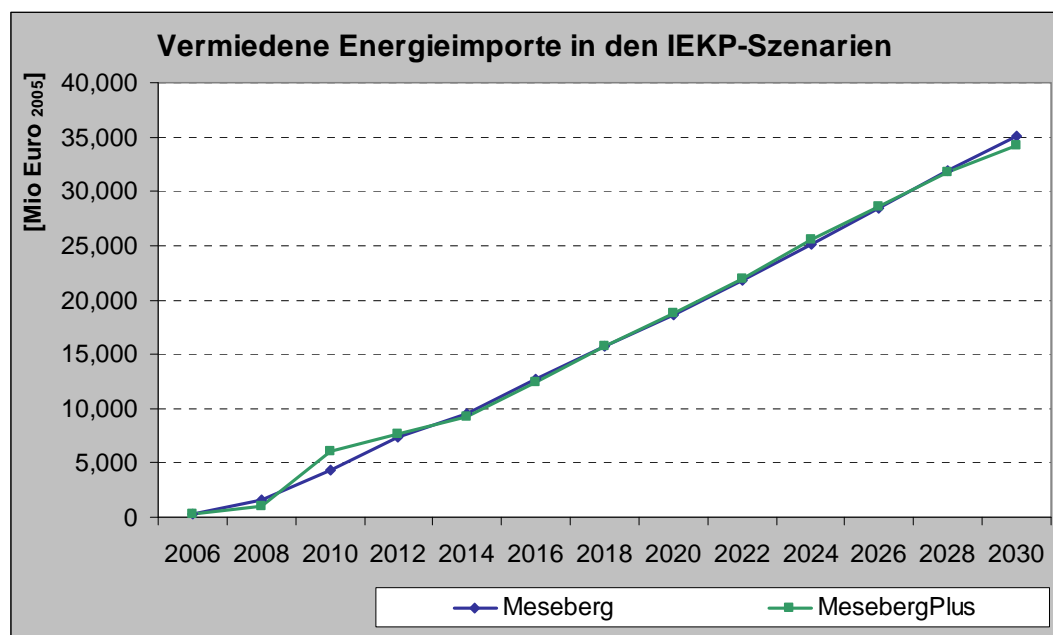
Die Gesamtinvestitionen steigen in beiden Hauptszenarien bis 2018 bzw. 2022 an und fallen dann wieder leicht. Für das Szenario inklusive der Zusatzmaßnahmen (MesebergPlus) fallen die Investitionen anfangs etwas niedriger aus, als für das Meseberg Szenario. Ab 2012 übersteigen allerdings die Investitionen von MesebergPlus die Investitionen des anderen Szenarios. Genau dieser Verlauf findet sich auch in der Entwicklung der BIP-Unterschiede zum Basislauf (Abbildung 14), was die prägende Wirkung der Investitionen für die Gesamtwirtschaft verdeutlicht. Das MesebergPlus Szenario verläuft anfangs knapp unter dem Meseberg Szenario und generiert langfristig größere positive Effekte auf das Wachstum des BIP. Hintergrund für diesen Unterschied bei BIP und Gesamtinvestitionen bilden die Zusatzmaßnahmen (Z1-Z9), die deutlich höhere zusätzliche Investitionen in den Klimaschutz voraussetzen, sowie die langfristig erzielbaren Einsparungen bei den Energieausgaben der Unternehmen z. B. durch die Öko-Design Richtlinie. So erfordern z. B. der Bau der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitung (HGÜ) um Windstrom von der Nordsee nach Süddeutschland zu transportieren, oder der Bau neuer emissionsarmer Braunkohlekraftwerke hohe Investitionen. Dies erhöht die zusätzlichen Investitionen und damit direkt und über die Zweitrundeneffekte auch indirekt die Gesamtinvestitionen.

Abbildung 16: Wirkung auf die Gesamtinvestitionen für die beiden Hauptszenarien



Quelle: eigene Berechnungen mit ASTRA.

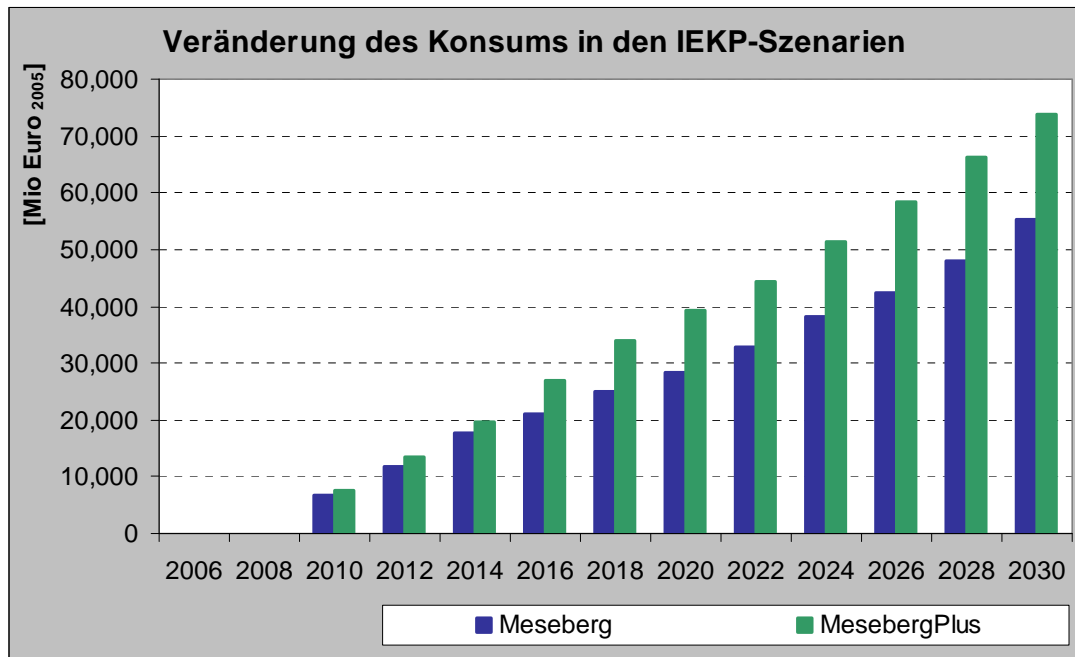
Ein weiterer positiver Impuls wird durch die Einsparung bei den Energieimporten ausgelöst (Abbildung 17). Diese belaufen sich bis 2030 auf rund 35 Mrd. € mit einem ähnlichen Verlauf in beiden Szenarien. Es zeigt sich, dass die kontinuierlichen Klimaschutzanstrengungen zu einem beständigen Wachstum der Einsparungen führen. Interessanterweise laufen die beiden Szenarien nahezu parallel. Hier wirkt sich sowohl das stärkere BIP Wachstum im MesebergPlus Szenario aus, als auch eine mutmaßliche Unterschätzung der Energieimporteinsparungen bei den Z-Maßnahmen.

Abbildung 17: Vermiedene Energieimporte für die beiden Hauptszenarien

Quelle: eigene Berechnungen mit ASTRA.

Ebenso wie bei den Gesamtinvestitionen verursachen die Politikmaßnahmen auch Änderungen im privaten Konsum. Die Steigerung des Konsumwachstums gegenüber dem Referenzszenario zeigt sehr deutlich die Zweitrundeneffekte der Maßnahmen, da die direkten Effekte der Maßnahmen allenfalls zu einer sektoralen Verschiebung des Konsums führen. Zweitrundeneffekte entstehen unter anderem durch den Wachstums- und Beschäftigungseffekt des Investitionsimpulses und des Energieimporteinsparimpulses. Dadurch erhöht sich das verfügbare Einkommen der Haushalte und es kann mehr konsumiert werden. Außerdem verstärkt die Veränderung der relativen Preise den Wandel des Konsums hin zu weniger energieintensiven Produkten, was wiederum die Investitionen in diese Produkte verstärkt und zu weiteren Zweitrundeneffekten führt.

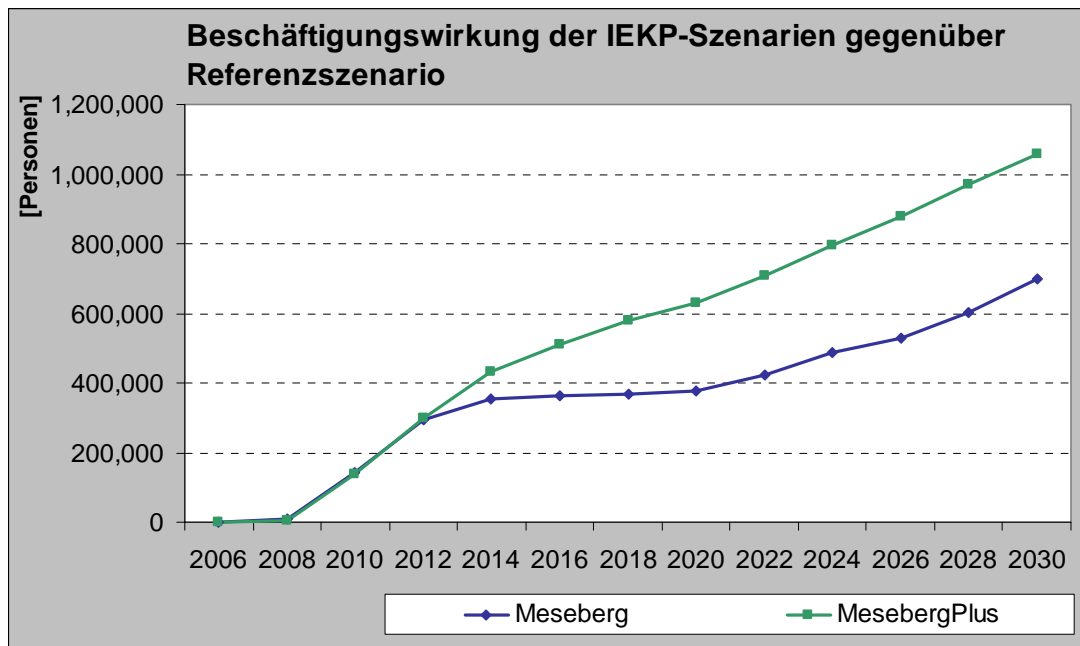
Die Entwicklung des Konsums dominiert das langfristige zusätzliche Wachstum des BIP in beiden Szenarien ungefähr ab dem Jahr 2024. In beiden Szenarien sind die zusätzlichen Gesamtinvestitionen ab 2024 rückläufig, aber das Wachstum des BIP setzt sich bis 2030 fort, gestützt durch das durch den Investitionsimpuls induzierte Konsumwachstum. Die Robustheit des Wachstums weist auf das Wachstumspotential hin, das durch den genannten Umstrukturierungsprozess im Konsum hin zu weniger energieintensiven Produkten ausgelöst werden kann. Insgesamt fällt das Konsumwachstum im MesebergPlus Szenario um knapp ein Drittel höher aus als im Meseberg Szenario.

Abbildung 18: Wirkung der Klimapolitik auf den Konsum in den Hauptszenarien

Quelle: Eigene Berechnungen mit ASTRA.

Veränderungen bei Investitionen, Konsum und Wachstum des BIP beeinflussen auch die Beschäftigung. Wie zu erwarten, liegt der Beschäftigungszuwachs des MesebergPlus Szenarios über dem des Meseberg Szenarios. Das weniger starke Wachstum des Meseberg Szenarios lässt sich auf den geringeren Investitionsimpuls (Abbildung 15) und die daraus resultierend geringeren Zweitrundeneffekte bei Konsum und induzierten Investitionen sowie die stärkere Verringerung der Energieausgaben im MesebergPlus Szenario insbesondere in den Industrie- und Dienstleistungssektoren zurückführen. Abbildung 19 zeigt den Anstieg der zusätzlichen Beschäftigung durch die Klimapolitik bis 2020 auf knapp 380.000 Personen im Meseberg Szenario und auf rund 630.000 Personen im MesebergPlus Szenario. Die genauere sektorale Aufspaltung der Ergebnisse ist Thema des nächsten Abschnitts.

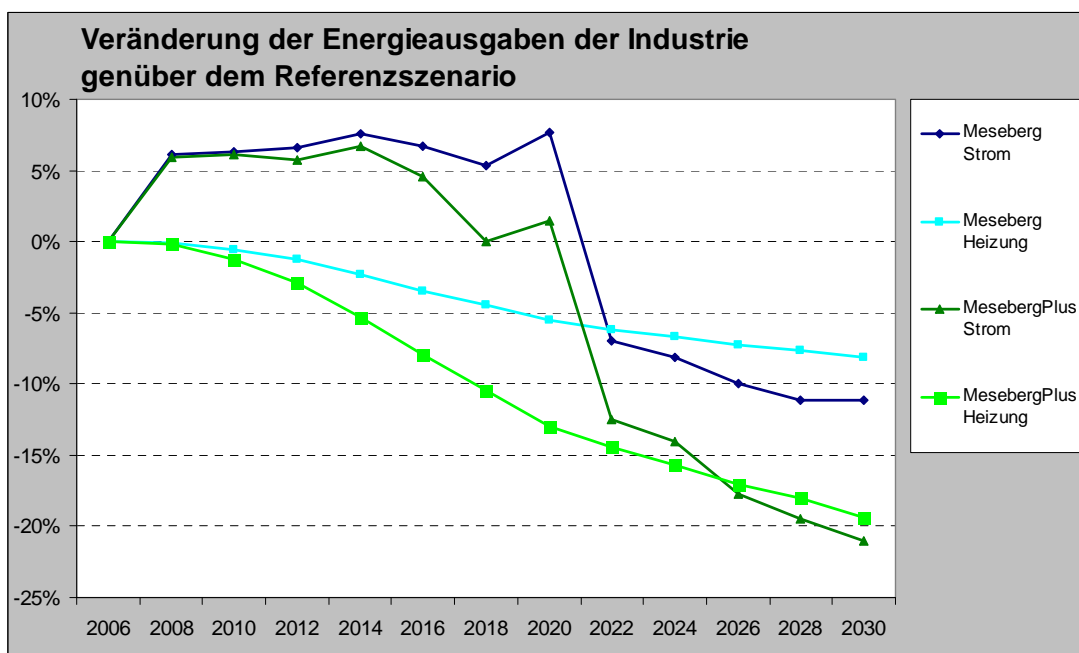
Abbildung 19: Beschäftigungswirkung der Hauptszenarien im Vergleich



Quelle: Eigene Berechnungen mit ASTRA.

Der Unterschied bei der Veränderung der Energieausgaben zwischen den beiden Hauptszenarien ist in Abbildung 20 dargestellt. Während das Meseberg Szenario langfristig zu einer Reduktion der Energieausgaben sowohl für Strom als auch für Heizung von -10 % führt, verdoppelt sich die Einsparung im MesebergPlus Szenario auf rund -20 % bis 2030. Dieser Effekt wirkt sich besonders positiv auf die Beschäftigung aus.

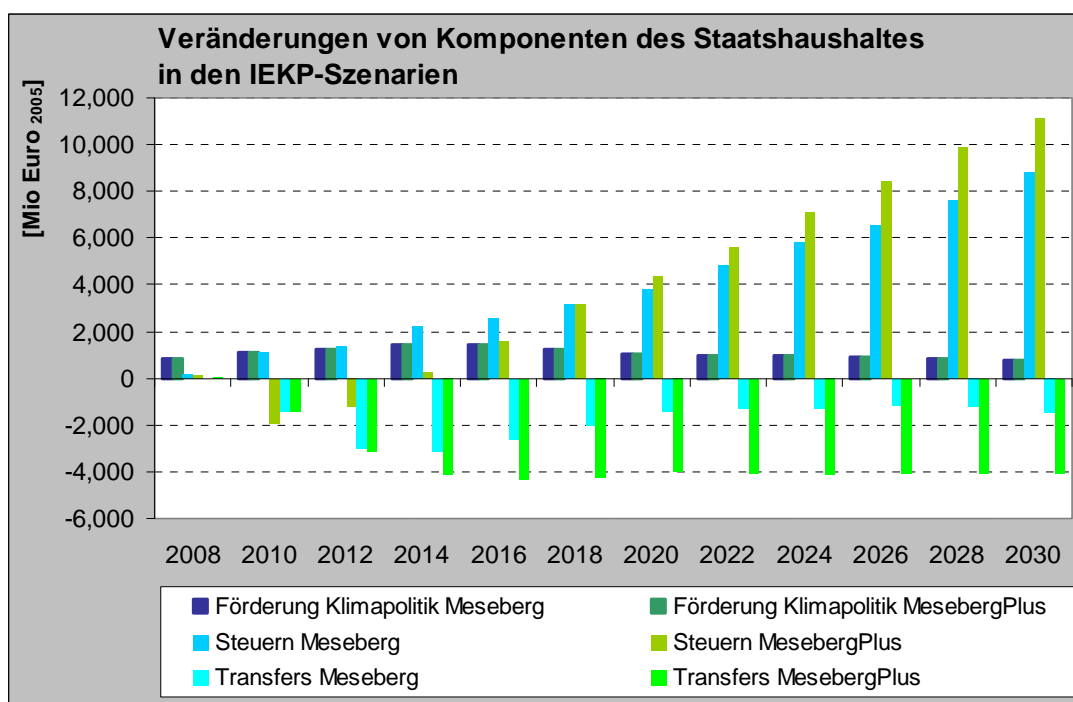
Abbildung 20: Veränderung der Energieausgaben in der Industrie



Quelle: Eigene Berechnungen mit ASTRA basierend auf KlimInvest-Maßnahmerechnungen.

Auch der Staatshaushalt profitiert mittel- und langfristig von der Umsetzung der Klimapolitik. Abbildung 21 zeigt die Ausgaben des Staates zur Förderung der Klimapolitik, die Veränderungen der Steuereinnahmen (Einkommenssteuern, indirekte Steuern inklusive der Verluste bei den Mineralölsteuern) und die Veränderungen der Transferleistungen im Wesentlichen durch Verringerung der Arbeitslosenleistungen. Es zeigt sich, dass nur in den ersten 3-4 Jahren eine netto Anschubfinanzierung der Klimapolitik seitens des Staates notwendig ist. Spätestens ab 2014 überwiegen deutlich die Mehreinnahmen aus der erhöhten Einkommenssteuer und geringeren Transferleistungen durch die zusätzliche Beschäftigung und die größeren Mehrwertsteuereinnahmen durch den gestiegenen Konsum. Es soll hier darauf hingewiesen werden, dass die unterstellten Fördersummen als eher moderat einzuordnen sind, aber dass auch deutlich höhere staatliche Förderbeträge mittel- und langfristig durch zusätzliche Einnahmen kompensiert werden können.

Abbildung 21: Wirkungen auf den Staatshaushalt in den beiden Hauptszenarien



Quelle: Eigene Berechnungen mit ASTRA.

Insgesamt erklärt sich der langfristig höhere Wachstumspfad für das MesebergPlus Szenario mit der größeren Kapitalakkumulation und -modernisierung durch höhere Investitionen und den deutlich stärker sinkenden Energieausgaben. Die Steigerung der Investitionen stärkt sowohl die Nachfrageseite als auch die Angebotsseite, da in ASTRA höhere Investitionen und sinkende Energiekosten zu einem langfristig höheren Wachstumspfad über eine Erhöhung der Gesamtfaktorproduktivität führen. Die Investitionen des MesebergPlus Szenarios übertreffen die Investitionen des Meseberg Szenarios bei ähnlicher Verteilung auf die Sektoren und führen folglich zu stärkerem Wachstum auf lange Sicht. Die Senkung der Energieausgaben der Industrie stimuliert die Beschäftigung in den Nicht-Energiesektoren. Die Senkung der Energie-

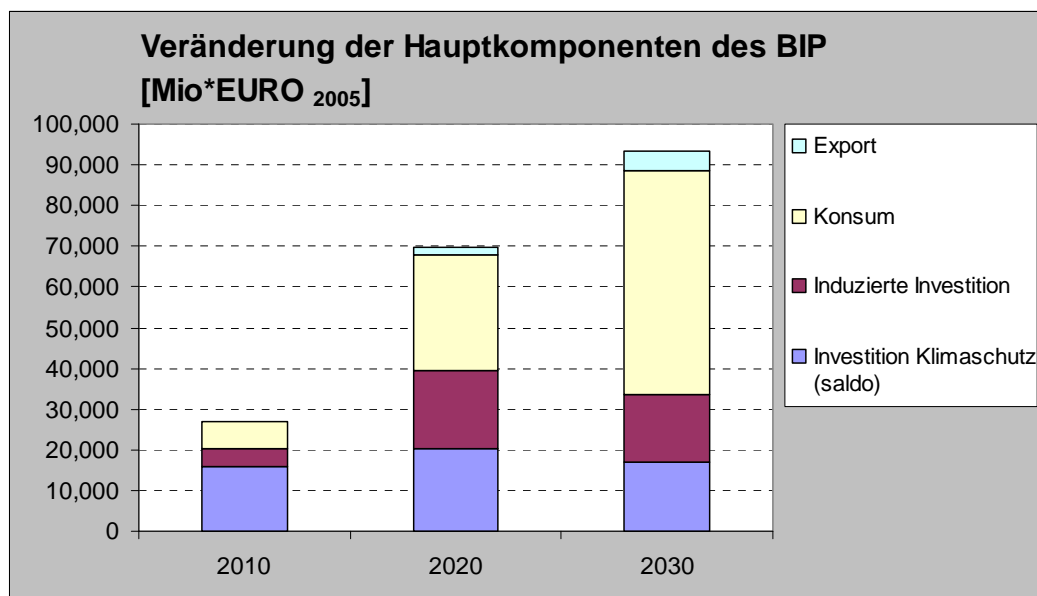
ausgaben der Haushalte verschiebt den Konsum zu beschäftigungsintensiveren Sektoren.

G.3 Sektorwirkungen der beiden Hauptszenarien

G.3.1 Sektorwirkungen: Meseberg Szenario

Die Meseberger Maßnahmen erfordern Anpassungen in den verschiedenen Sektoren der Volkswirtschaft, die sich auch bei den Beschäftigten widerspiegeln (s. Abbildung 23). ASTRA berücksichtigt 25 Wirtschaftssektoren nach NACE-CLIO Kategorisierung (s. Anhang 1) und kann daher Verschiebungsprozesse der Beschäftigung oder des Konsums zwischen den Sektoren abbilden. Zusammenfassend ist der Beitrag der Veränderungen von Investitionen, Konsum und Export auf das BIP im Meseberg Szenario in Abbildung 22 dargestellt. Es zeigt sich die über die Zeit veränderliche Bedeutung der einzelnen Komponenten für das BIP-Wachstum. Zu Beginn spielen die Klimaschutzinvestitionen die größte Rolle, dann kommen die induzierten Investitionen und der durch Zweitrundeneffekte stimulierte Konsum gleichberechtigt hinzu, und in 2030 dominiert der Konsumeffekt, der dann durch die Einsparung bei den Energieausgaben verstärkt wird.

Abbildung 22: Zusammenfassung der Veränderung der Komponenten des BIP im Meseberg Szenario



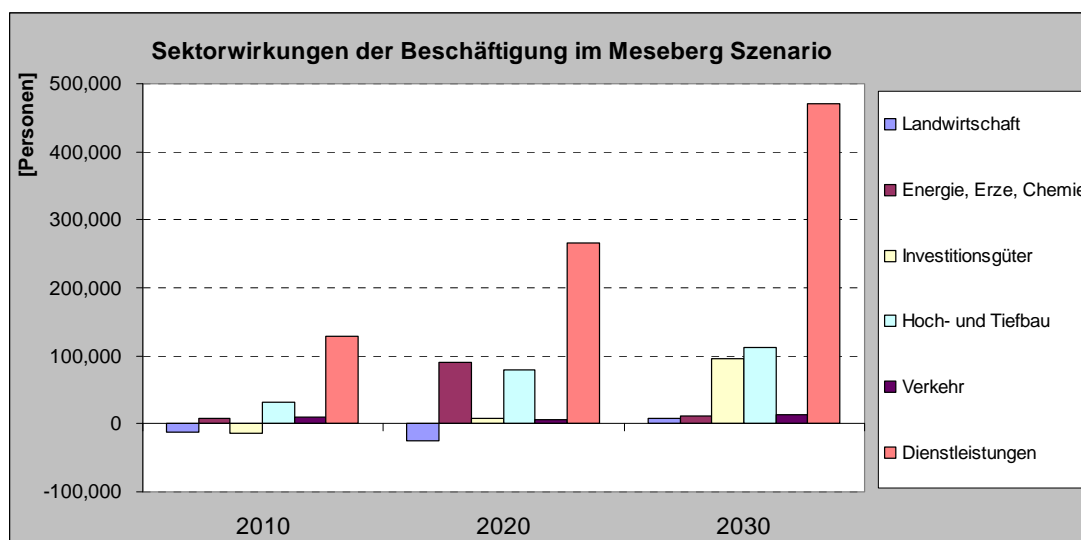
Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Abbildung 23 zeigt die Wirkung des Meseberg Programms auf die Beschäftigung in sechs zusammengefassten Sektoren. Dabei ist der stärkste Zuwachs gegenüber dem Referenzszenario für den Sektor der marktbestimmten Dienstleistungen, wie z. B. Handel und Gaststätten, Telekommunikation oder Banken zu beobachten. Aber auch die Sektoren Bau und Investitionsgüter reagieren mit positiven Beschäftigungseffekten auf das Meseberg Programm. Der Umbau des Energiesystems und die Anstren-

gungen bei der energetischen Sanierung von Gebäuden und der daraus resultierende Beschäftigungsimpuls zeigen sich für diese beiden Sektoren deutlich in 2030. Bis 2020 profitiert auch der Energiesektor durch die teilweise steigenden Energieausgaben vor allem in der Industrie. Die Landwirtschaft verliert als einziger Sektor leicht Arbeitsplätze, was auf die temporäre Erhöhung der Energiekosten und Verschiebungen im Konsum zurückgeführt werden kann.

Insgesamt lässt sich ein positiver Beschäftigungseffekt von rund 380.000 Personen im Jahre 2020 ablesen.

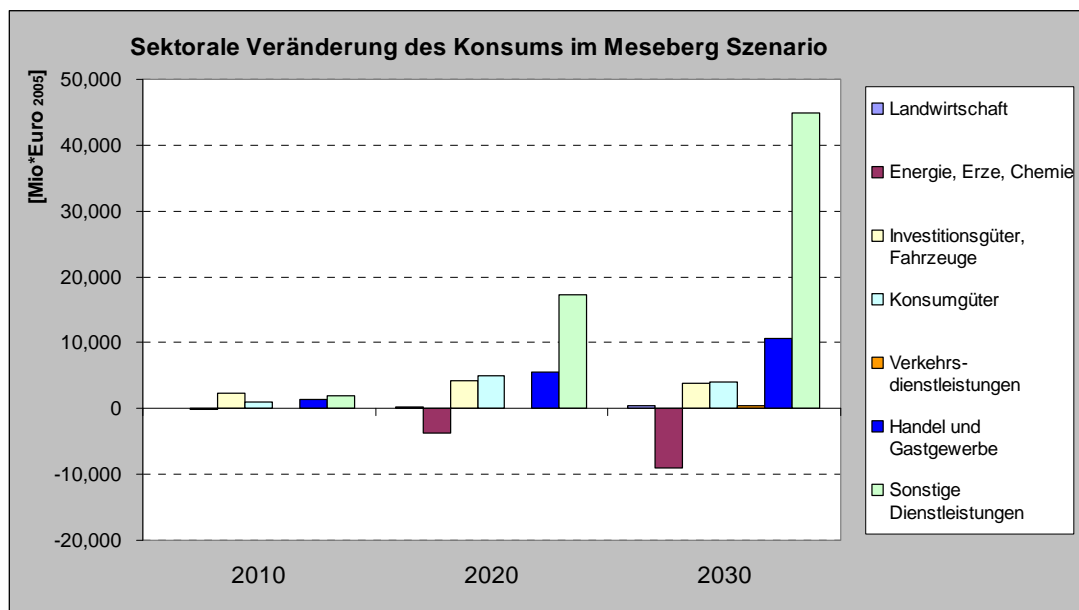
Abbildung 23: Beschäftigungswirkung im Meseberg Szenario



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Betrachtet man den nach Sektoren aufgegliederten Konsum zeigt sich deutlich das Wachstum in den Dienstleistungen aufgrund des Wachstums des BIP. Der Konsum von Gütern des Sektors Energie, Erze, Chemie geht aufgrund der Effizienzgewinne bei Strom und Heizung sowie der Einsparungen bei den Kraftstoffen, d. h. insgesamt einer Senkung der Energieausgaben bis 2030 zurück. Diese werden erzielt durch den Kauf effizienterer PKW und Konsumgüter, welcher für diese Sektoren zu Mehrausgaben der Haushalte führt. In 2020 machen sich bereits die Zweitrundeneffekte des gestiegenen BIPs deutlich bemerkbar, welches die Einkommen und den Konsum ansteigen lässt. Dieser wachstumsgetriebene Konsum konzentriert sich auf die Sektoren Handel- und Gewerbe sowie sonstige Dienstleistungen wie Telekommunikation, Versicherungen, Bildung und Gesundheit.

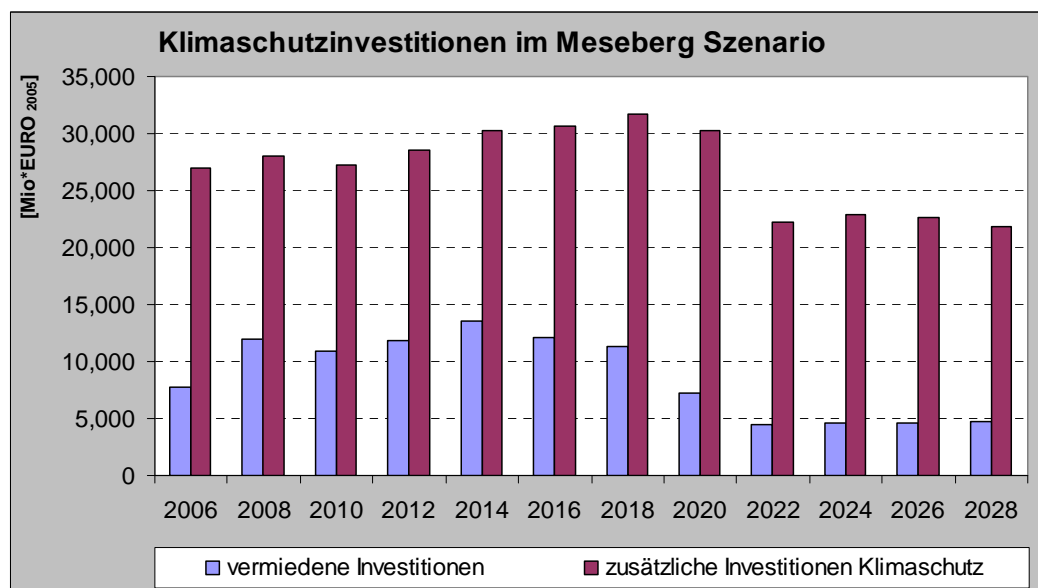
Abbildung 24: Konsum nach Sektoren im Meseberg Szenario



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Die Klimaschutzbezogenen Nettoinvestitionen in ASTRA setzen sich aus zwei Hauptimpulsen zusammen. Zum Einen lösen die Klimaschutzmaßnahmen zusätzliche Investitionen aus. In Abbildung 25 erkennt man das hohe Investitionsniveau bis 2020. Zum Anderen werden geplante Investitionen in konventionelle Technologien nicht getätigt, die sog. vermiedenen Investitionen. Sie steigen zunächst an, und sinken dann und stabilisieren sich nach 2020 auf niedrigem Niveau. Insgesamt sind die klimaschutzbedingten Investitionsimpulse im Meseberg Szenario jedoch positiv und tragen dadurch zu einer positiven volkswirtschaftlichen Reaktion auf das Klimapakete bei.

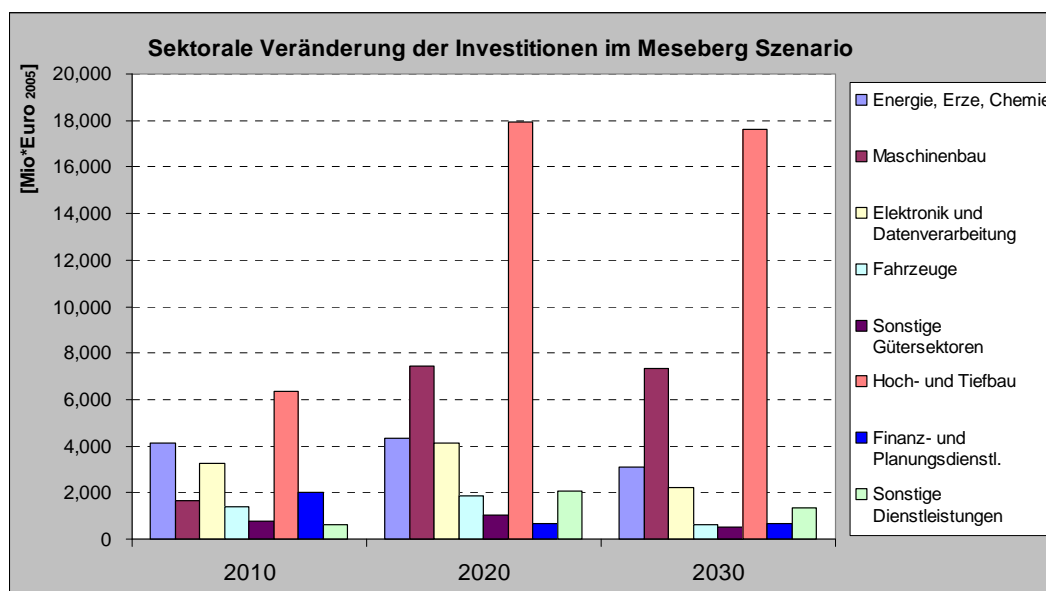
Abbildung 25: Überblick über die vermiedenen und zusätzlichen Investitionen im Meseberg Szenario



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Die Klimaschutzinvestitionen führen zusammen mit den induzierten Investitionen zu einem Anstieg der sektoralen Investitionen. Diese sind in Abbildung 26 aus Sicht der die Investitionen produzierenden Sektoren dargestellt. Es zeigt sich, dass insbesondere ab 2020 der Hoch- und Tiefbau-Sektor zu den Investitionen beiträgt. Weitere wichtige Sektoren zur Produktion von Investitionsgütern sind der Maschinenbau (z. B. zum Aufbau der Erneuerbaren Energietechnologien), die Elektronik und Datenverarbeitung (z. B. bei der Steuerung von effizienten Heizungsanlagen oder Kraftwerken) sowie der Bereich der Chemie und Metall-Halbfertigprodukte als Teil des Sektors Energie, Erze, Chemie. Ein geringeres Gewicht entfällt auf den Fahrzeugbau und die Dienstleistungssektoren, die vor allem im Bereich der Planung und Finanzierung sowie des Handels und Transports an der Erstellung von Investitionen beteiligt sind.

Abbildung 26: Aufteilung der Veränderung der gesamten Investitionen auf die Sektoren



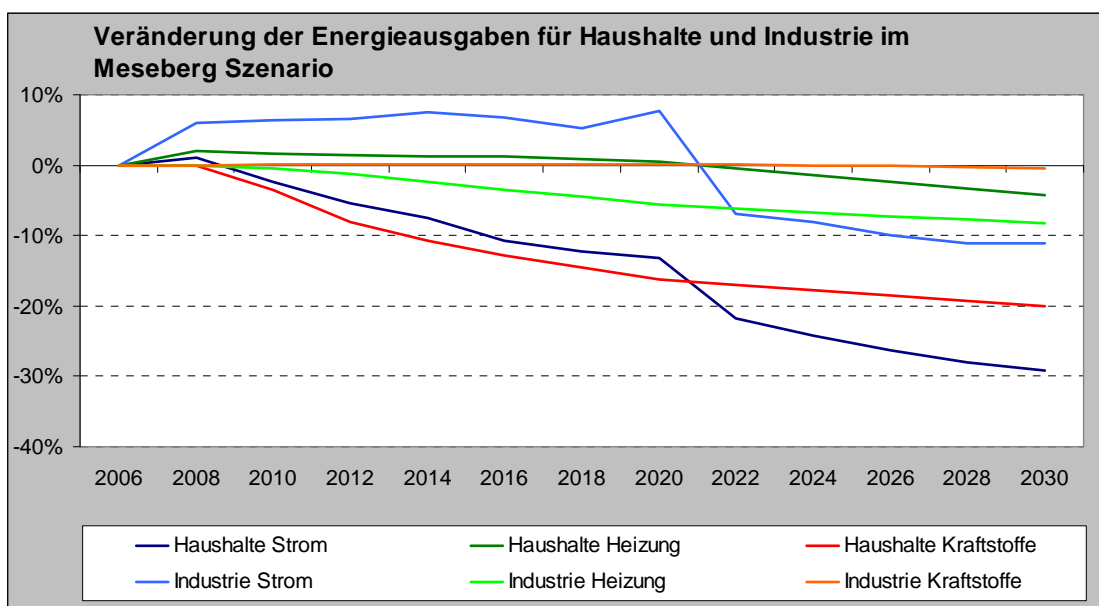
Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Maßnahmen zum Klimaschutz verändern die Energieausgaben für Haushalte und Industrie. Allerdings ist diese Erhöhung mittelfristig vor allem bei Strom für die Industrie aufgrund eines befristeten Anstieges der Energiekosten durch die Maßnahmen zu beobachten. Dieser Anstieg der Stromkosten entsteht unter anderem aus dem Ausbau Erneuerbarer Energien, der zunächst höhere Investition erfordert, z. B. zum Aufbau von Offshore Windparks, die sich in den Preisen niederschlagen. Außerdem werden Investitionen für die Erneuerung des Kraftwerksparks notwendig (Maßnahme 3), die sich für die Industrie ebenfalls in erhöhten Stromkosten ausdrücken. Um das Jahr 2022 sind die Mehrkosten für den Ausbau Erneuerbarer Energien bewältigt und Maßnahmen wie das Energie-Management in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen kommen zum Tragen, die die Energieausgaben in Summe wieder senken.

Im Gegensatz zur Industrie können die privaten Haushalte, deren Kosten aus den gleichen Gründen nach oben getrieben werden, ihre Stromausgaben senken. Durch Maßnahme 8 Energieeffiziente Produkte und die Maßnahmen 10a und 10b zur Ein-

sparung von Energie in Gebäuden können die Haushalte ihren Energieverbrauch so weit verringern, dass der Anstieg der Stromkosten ausgeglichen werden kann (Abbildung 27). Die Heizkosten der Haushalte steigen anfangs auch durch die Investitionen in die Erneuerbaren getrieben schwach an, nehmen aber bis 2030 durch die Wirkung anderer Maßnahmen, wie z. B. dem Austausch von Nachtspeicheröfen (Maßnahme 10b), z. B. bis zu 4 % ab. Die Stromausgaben der Haushalte liegen in 2030 sogar über 30 % niedriger als heute. Die Ausgaben der Haushalte für Kraftstoffe verringern sich durch die Effizienzsteigerungen bei PKW und durch das geänderte Kaufverhalten aufgrund der Kombination von Labelling und KFz-Steuer auf CO₂-Basis deutlich.

Abbildung 27: Veränderung der Energieausgaben

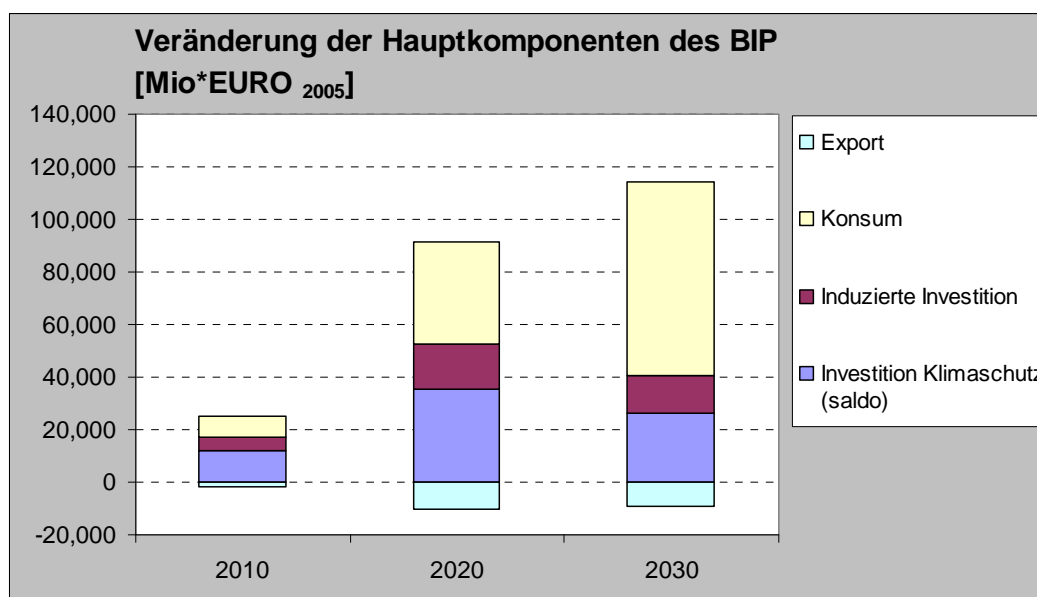


Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

G.3.2 Sektorwirkungen: MesebergPlus Szenario

Die folgenden Abbildungen stellen die sektoralen ökonomischen Indikatoren für das MesebergPlus Szenario dar. Insgesamt fällt die Wirkung des MesebergPlus Szenarios stärker aus, da sowohl die Investitionen als auch die Kostensenkungen insbesondere im Bereich der Unternehmen ein größeres Volumen aufweisen als im Meseberg Szenario. Betrachtet man die Veränderung der Hauptkomponenten des BIP (Abbildung 28), so zeigt sich eine ähnliche Struktur wie im Meseberg Szenario. In 2010 sind vor allem Wachstumsbeiträge durch die Klimaschutzinvestitionen zu erwarten, in 2020 spielen die Steigerungen des Konsums durch Zweitrundeneffekte bereits eine ähnlich große Rolle wie die Klimaschutzinvestitionen und in 2030 dominiert der Beitrag der Konsumsteigerung. Die Exporte werden leicht verringert, was durch die leichte Erhöhung bei den Verkehrskosten und das geänderte Konsumverhalten über Handelseffekte innerhalb der EU ausgelöst wird.

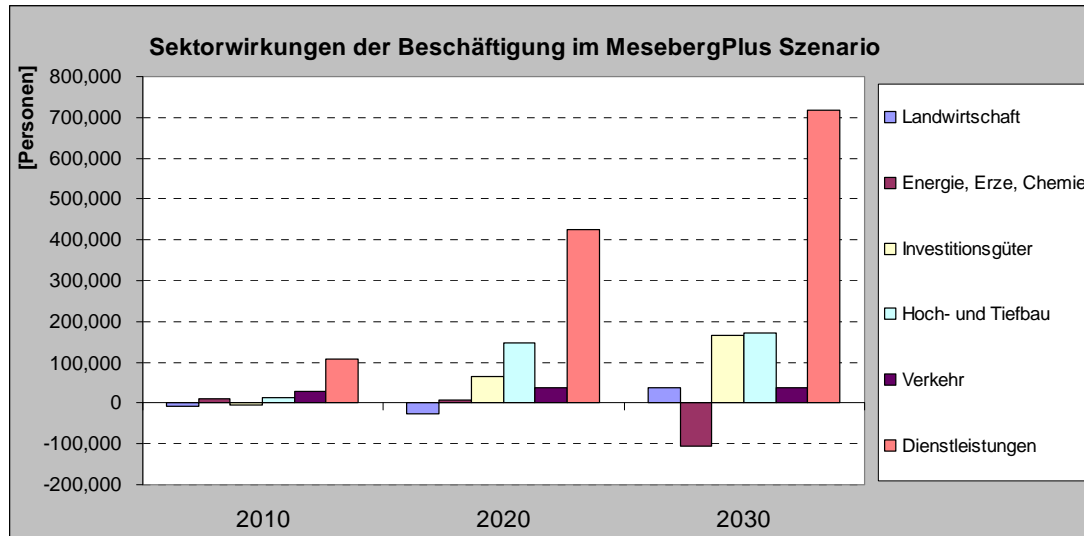
Abbildung 28: Zusammenfassung der Veränderung der Komponenten des BIP im MesebergPlus Szenario



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Nach Sektoren aufgeteilt profitieren die marktbestimmten Dienstleistungen bei der Beschäftigungswirkung am stärksten. Danach folgen mit Abstand die Bauindustrie und die Investitionsgüterindustrie. Bis 2020 kommt es zu einem aggregierten Beschäftigungszuwachs von rund 630.000 neuen Beschäftigten, 2030 sind es schon 1 Million Beschäftigte. Wie schon im Meseberg Szenario beschrieben, spiegelt die Beschäftigungszunahme bei den Dienstleistungen die Zweitrundeneffekte des Konsumwachstums, sowie die Einsparungen bei den Energieausgaben des MesebergPlus Szenarios wieder. Sinkende Energieausgaben der Dienstleistungssektoren, dadurch sinkende Preise und eine relativ zu anderen Sektoren höhere Preiselastizität verstärken das Beschäftigungswachstum. Die Einsparmaßnahmen für Energie führen dazu, dass 2030 der Sektor Energie, Erze, Chemie Beschäftigte verliert. Die Bauindustrie profitiert sowohl von den Gebäudesanierungsprogrammen als auch von den Investitionen in Erneuerbare Energien und in konventionelle effizientere Kraftwerke. Die beiden letzteren und die Investitionen in effizientere Fahrzeuge liefern die positiven Impulse für die Beschäftigung in der Investitionsgüterindustrie.

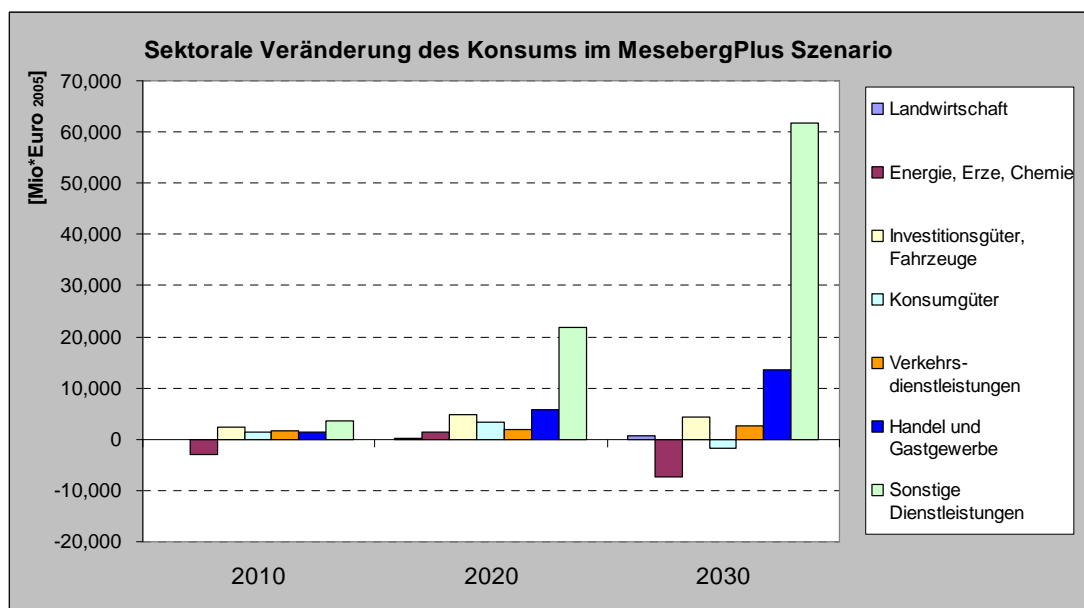
Abbildung 29: Beschäftigungswirkung im MesebergPlus Szenario



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Die sektorale Struktur des Beschäftigungszuwachs spiegelt sich angenähert auch in der sektoralen Struktur der Änderungen des Konsums wieder. Besonders die sonstigen Dienstleistungen wie Telekommunikation und Gesundheit sowie Handel und Gastgewerbe profitieren vom BIP- und Beschäftigungswachstum. Ausgaben für Energie können durch die Energiesparmaßnahmen sowie den Kauf effizienterer Geräte und PKW verringert werden. Dafür müssen die Aufwendungen für die Anschaffungen solcher energieeffizienteren Güter aufgrund ihrer höheren Preise leicht ansteigen, wie im Sektor Investitionsgüter zu beobachten ist. Insgesamt verstärkt die Klimaschutzpolitik die Umstrukturierung des Konsums hin zu einer stärkeren Ausrichtung auf Dienstleistungen, die im Allgemeinen auch weniger energieintensiv erstellt werden als Güter.

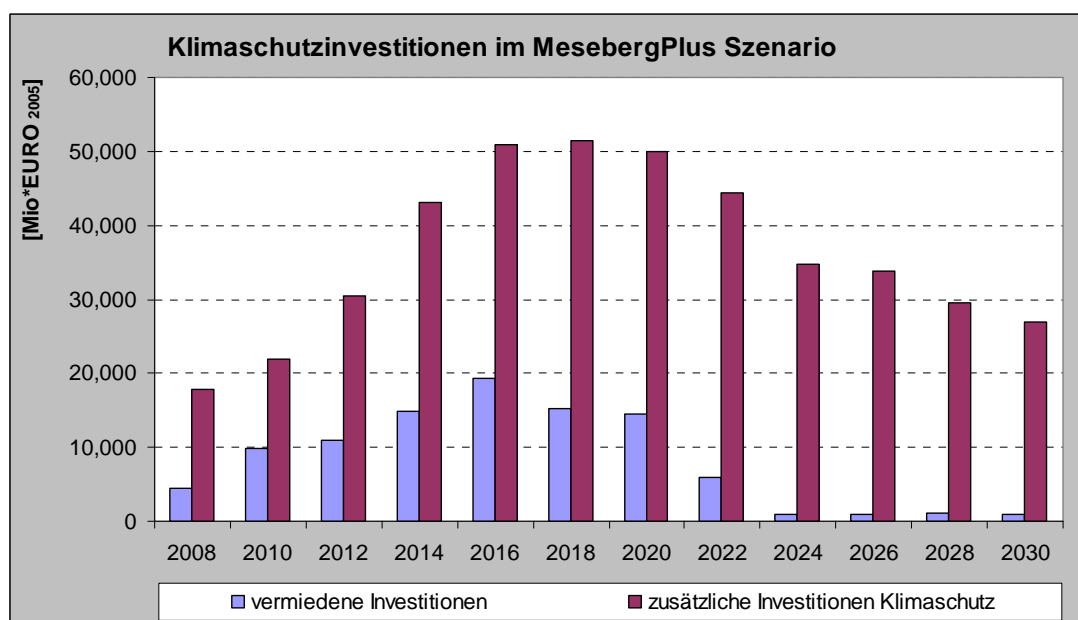
Abbildung 30: Konsum nach Sektoren im MesebergPlus Szenario



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

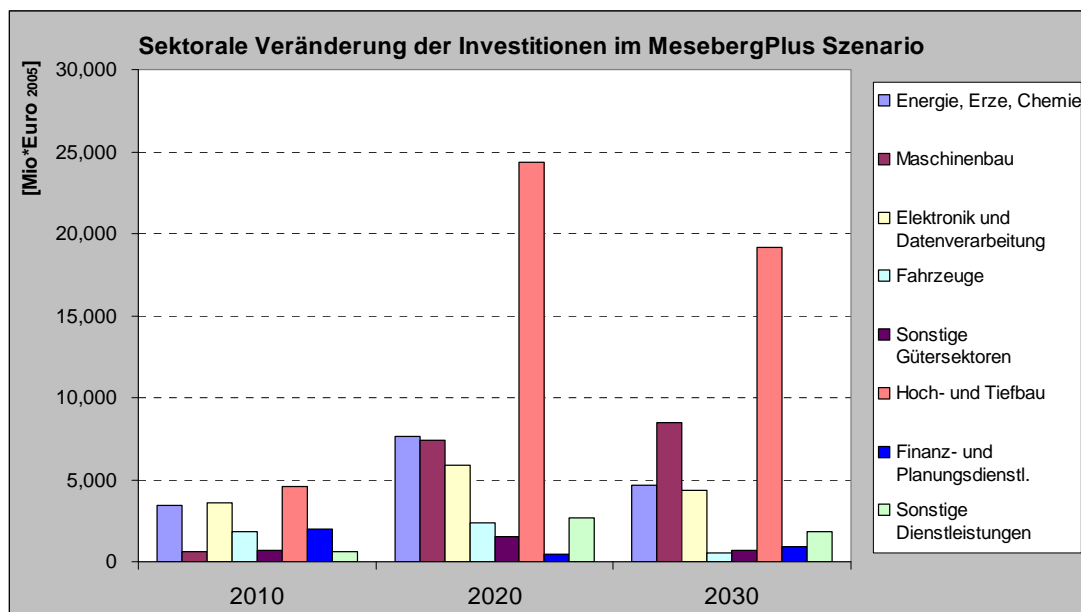
Die Investitionen unterstützen das makroökonomisch positive Bild der Maßnahmen zum Klimaschutz im MesebergPlus Szenario. Die ausgelösten Investitionen durch die Maßnahmen sind durchweg höher als im Meseberg Szenario. Weiter fällt auf, dass durch die Zusatzmaßnahmen sehr viel höhere Investitionen in den Klimaschutz, also zusätzliche Investitionen getätigt werden. Diese konzentrieren sich vor allem auf einen 10-Jahreszeitraum von 2014 bis 2024 und tragen insbesondere zu einem stärkeren Umbau des Energiesystems bei (z. B. HGÜ-Nordsee zur Anbindung der Off-shore Windparks, CCS für drei neue Braunkohlekraftwerke) sowie zu einer zusätzlichen Anstrengung der Sanierungen im Gebäudebereich. Die Investitionen in konventionelle Technologien, die durch das KlimapolitikszENARIO vermieden werden, fallen bis 2020 absolut etwas höher aus, allerdings wird dieser negative Effekt durch die höheren zusätzlichen Investitionen kompensiert.

Abbildung 31: Überblick über die vermiedenen und zusätzlichen Investitionen im MesebergPlus Szenario



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

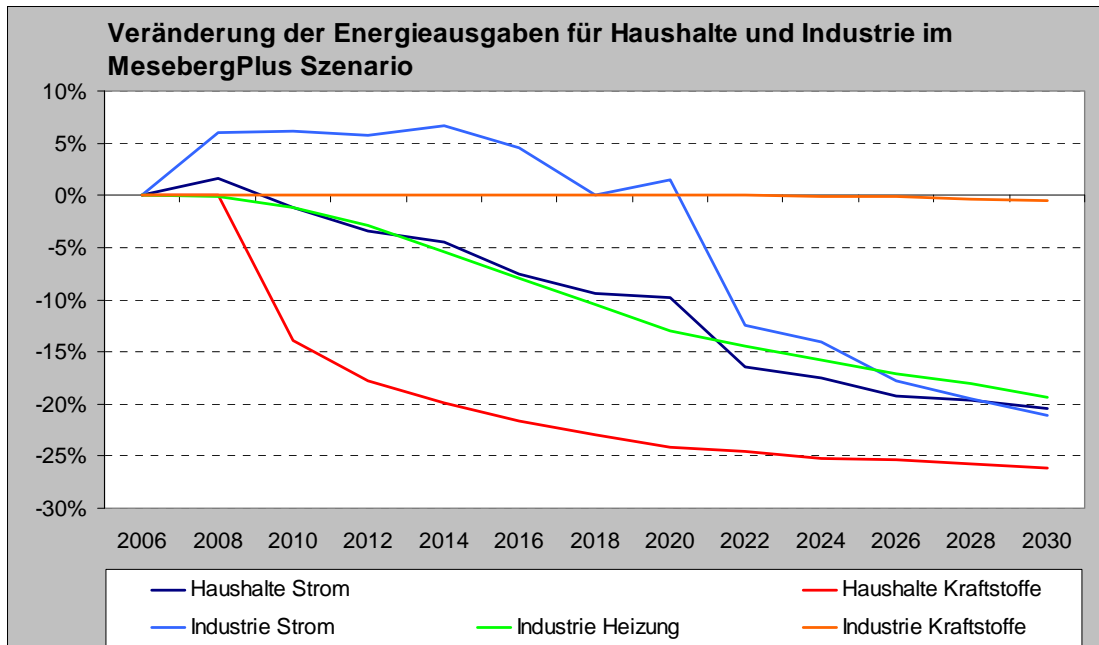
Die sektoralen Wirkungen der Klimaschutzinvestitionen und der induzierten Investitionen sind in Abbildung 32 dargestellt. Die energetische Sanierung von Gebäuden als einer der größten Investitionsblöcke mit wesentlicher Fokussierung auf nur einen produzierenden Sektor spiegelt sich im hohen Anteil der produzierten Investitionen durch den Hoch- und Tiefbau wieder. Im Sektor Energie, Erze, Chemie tragen die Chemie und die Metall-Halbfertigprodukte zur Produktion von Klimaschutzinvestitionen bei (z. B. Dämmmaterial, Solarzellen, Masten für Windkraftanlagen). Der Maschinenbau und die Elektronik und Datenverarbeitung tragen beide kontinuierlich zur Produktion von Klimaschutztechnologie bei z. B. durch effiziente Turbinen und intelligente Steuer- und Regelungstechnik. Im Fahrzeugbau fallen die Anstrengungen zur Umstellung der Fahrzeugflotte eher in der ersten Dekade an, so dass vor allem 2010 und 2020 dort zusätzliche Investitionen stimuliert werden.

Abbildung 32: Aufteilung der Veränderung der gesamten Investitionen auf die Sektoren

Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Die Struktur der Veränderungen der Energieausgaben unterscheidet sich vom Meseberg Szenario. Eine Veränderung zeigt sich bei den Stromausgaben der Haushalte, die im MesebergPlus Szenario weniger verringert werden als im Meseberg Szenario. Dies ist unter anderem auf die Zusatzmaßnahmen zur Anpassung des Energiesystems zurückzuführen d. h. HGÜ-Nordsee, drei neue hocheffiziente Braunkohlekraftwerke plus CCS, welche den Strompreis leicht ansteigen lassen und dadurch die Ausgaben der Haushalte erhöhen. Gleiches gilt auch für den industriellen Strompreis. Dieser Anstieg wird aber kompensiert durch Einführung der Öko-Design Richtlinie bei Industrie und Dienstleistungen, die die Energienachfrage deutlich senkt und den Strompreisanstieg überkompensiert, so dass im Endeffekt eine größere Einsparung bei den Stromausgaben der Industrie und Dienstleistungen entsteht als im Meseberg Szenario. Auch die Einsparung bei den Heizungsausgaben von Industrie und Dienstleistung sind durch die Öko-Design Richtlinie rund doppelt so groß wie im Meseberg Szenario. Bei den Kraftstoffausgaben der Haushalte führen Tempolimit und Leichtlauföle in Synergien mit den übrigen Maßnahmen zu einer zusätzlichen Einsparung von rund -6 % gegenüber dem Meseberg Szenario.

Abbildung 33: Veränderung der Energieausgaben



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

H Beschreibung und Analyse von Maßnahmenpaketen

Die folgenden drei Abschnitte beschreiben die Definition und Ergebnisse der drei untersuchten Maßnahmenpakete. Die Wirkungen des Klimaschutzes und einer erheblich gesteigerten Energieeffizienz in den verschiedenen Wirtschaftsbereichen werden so detailliert untersucht und dargestellt. Jedes Maßnahmenpaket bildet eine Untermenge der Maßnahmen aus dem MesebergPlus Szenario ab. Die thematische Bündelung der Maßnahmen erfolgt bezüglich

- Energieeffizienz in Unternehmen,
- Energieeffizienter Gebäude und der
- Klimateffizienz im Straßenverkehr.

Im Anschluss an die Einzelanalyse der Pakete erfolgt eine vergleichende Darstellung und Analyse unter Einbeziehung der beiden Hauptszenarien.

H.1 Energieeffizienz in Unternehmen (MaP 1)

In diesem Szenario werden fünf Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in Industrie- und im Dienstleistungssektoren isoliert betrachtet, ihre makroökonomischen Auswirkungen untersucht und mit dem Referenzszenario verglichen. Die Maßnahmen wurden zu einem Paket zusammengefasst, weil alle einen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz in Unternehmen leisten.

Tabelle 15: Maßnahmenpaket Energieeffizienz in Unternehmen (MaP 1)

Nr.	Maßnahme*
M6	Einführung moderner Energiemanagementsysteme: In der Industrie bestehen umfangreiche Potentiale zur Verbesserung der Energieeffizienz. Bis 2013 wird eine Vereinbarung mit der Wirtschaft über die Kopplung von Steuerermäßigungen und Energiemanagementsystemen angestrebt.
M7	Förderprogramme für Klimaschutz und Energieeffizienz: In den Bereichen wie Gewerbe, Haushalte, Land- und Forstwirtschaft, Handel, Dienstleistungen und Verkehr bestehen kostengünstige Energieeffizienzpotentiale (z. B. bei Elektromotoren, Pumpen). Diese werden durch verschiedene Förderprogramme mobilisiert (z. B. lernende Netzwerke, Top-Runner Programme).
M24	Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen: Der Bund achtet bei der Beschaffung auf Umweltfreundlichkeit und energieeffiziente Technik ("Grüner Einkauf").
Z8** (a, b)	Ökodesign-Richtlinie (a) Industrie (b) Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD): zusätzlich zu M6 und M7 werden Maßnahmen ergriffen um Klimaschutzpotentiale in Industrie und GHD auszuschöpfen.

* Die Tabelle der Maßnahmenklärungen setzt die Annahme voraus, dass die entsprechenden Bedingungen erfüllt wurden und die CO₂-Einsparungen realisiert sind.

** Z= Zusatzmaßnahme zu den Meseberger Maßnahmen

Die zentralen ökonomischen Impulse wirken hier vor allem im Bereich der Energieausgaben für Strom und Heizung der Industrie sowie im Bereich der zusätzlichen Investitionen in Anlagen und Prozesse zur effizienten Nutzung von Energie. Veränderungen der Energieausgaben und der Investitionen sind in Tabelle 16 dargestellt. Bis 2030 spart die Industrie rund -20 % der Energieausgaben sowohl für Strom als auch für Heizung. Die Energieausgaben der Haushalte bleiben in diesem Szenario nahezu unverändert, d. h. Änderungen erfolgen allenfalls indirekt durch Zweitrundeneffekte aber nicht durch politische Maßnahmen.

Tabelle 16: Ökonomische Impulse des Maßnahmenpaketes Energieeffizienz (MaP 1)

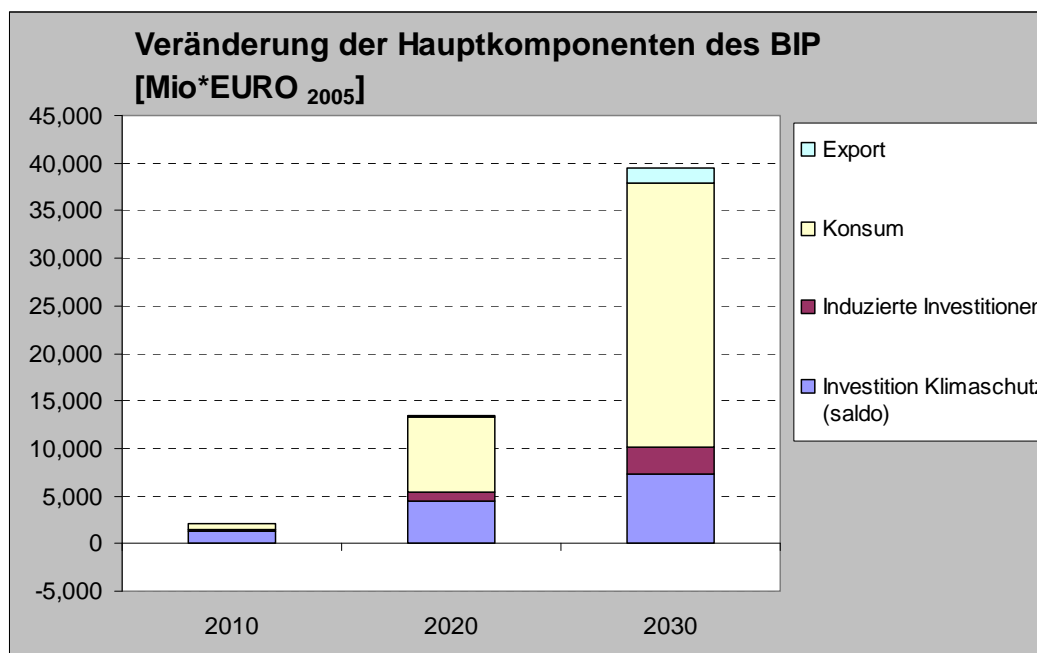
Energieausgaben		Einheit	2010	2020	2030
Haushalte	Strom	% gegen Referenz	0.0%	0.0%	0.0%
	Heizung	% gegen Referenz	0.0%	0.0%	0.0%
	Kraftstoffe	% gegen Referenz	0.0%	0.2%	-0.1%
Industrie	Strom	% gegen Referenz	-0.2%	-7.9%	-20.3%
	Heizung	% gegen Referenz	-1.2%	-13.1%	-19.8%
	Kraftstoffe	% gegen Referenz	0.0%	0.0%	0.0%
Investition Klimaschutz	zusätzlich	Mio Euro	1,347	4,457	7,321
	vermieden	Mio Euro	0	0	0

Quelle: eigene Berechnungen basierend auf KlimInvest.

Betrachtet man die folgenden Abbildungen zieht sich vor allem ein roter Faden durch die Effekte dieses Maßnahmenpaketes: die Wirkung der Maßnahmen tritt zögerlich ein aber folgt nach 2020 einem nahezu exponentiellen Verlauf. Abbildung 34 zeigt dies für die Hauptkomponenten des BIP und Abbildung 35 für die sektorale Beschäftigungswirkung. In 2010 werden nur minimale zusätzliche Investitionen aufgewendet. Dementsprechend sind zu diesem Zeitpunkt noch keine Wirkungen auf induzierte Investitionen, Konsum oder Beschäftigung feststellbar. Auch in 2020 liegen die Klimaschutzinvestitionen auf einem eher niedrigen Niveau, aber die bereits erzielten Einsparungen der Energieausgaben bei Strom (knapp -8 %) und Heizung (rund -13 %) führen zu einer Verbesserung der Produktivität der Unternehmen, sinkenden Preisen, mehr Beschäftigung, einem Wachstum des BIP und über diese Wirkungsketten zu einem Anstieg des Konsums. Bis 2030 verstärken sich diese Zweitrundeneffekte, so dass dann rund 70 % des Wachstums des BIP auf den Konsum entfallen.

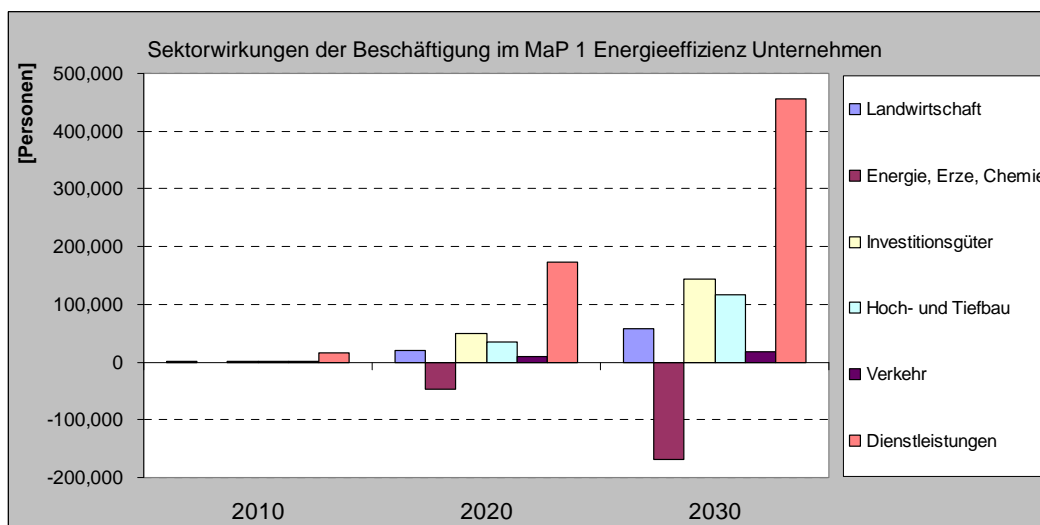
Die Struktur der Beschäftigungseffekte spiegelt diese Aufteilung wieder. Der mit Abstand stärkste Anstieg wird für die konsumgetriebenen Dienstleistungssektoren in 2030 beobachtet (fast eine halbe Million Beschäftigte). Der Energiesektor verliert durch die Energieeinsparungen deutlich an Beschäftigung. Moderate Gewinne entstehen für die Investitionsgüterindustrie und den Hoch- und Tiefbau, die beide sowohl von den direkten zusätzlichen Klimaschutzinvestitionen profitieren als auch von den Zweitrundeneffekten.

Abbildung 34: Veränderung des BIP durch Energieeffizienz in Unternehmen



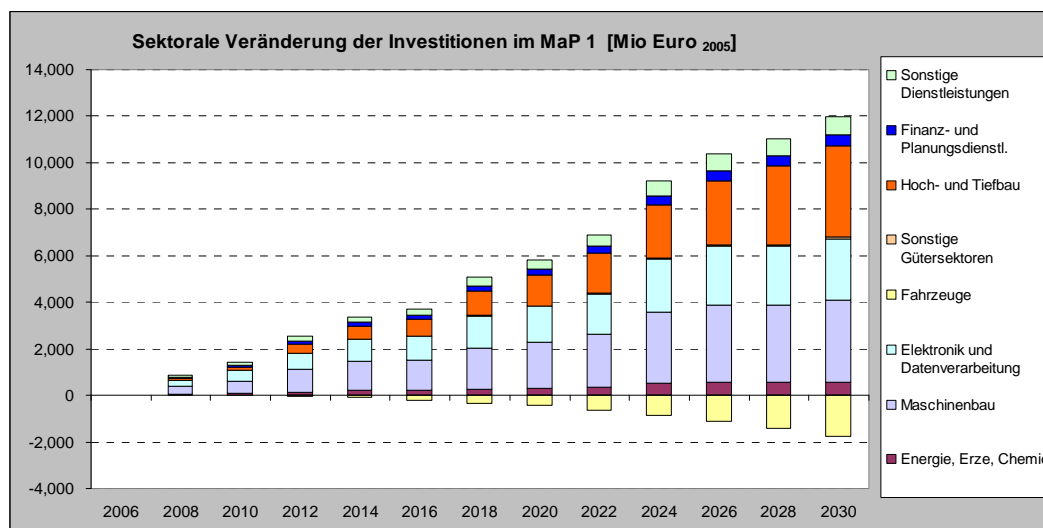
Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Abbildung 35: Beschäftigungswirkung durch Energieeffizienz in Unternehmen



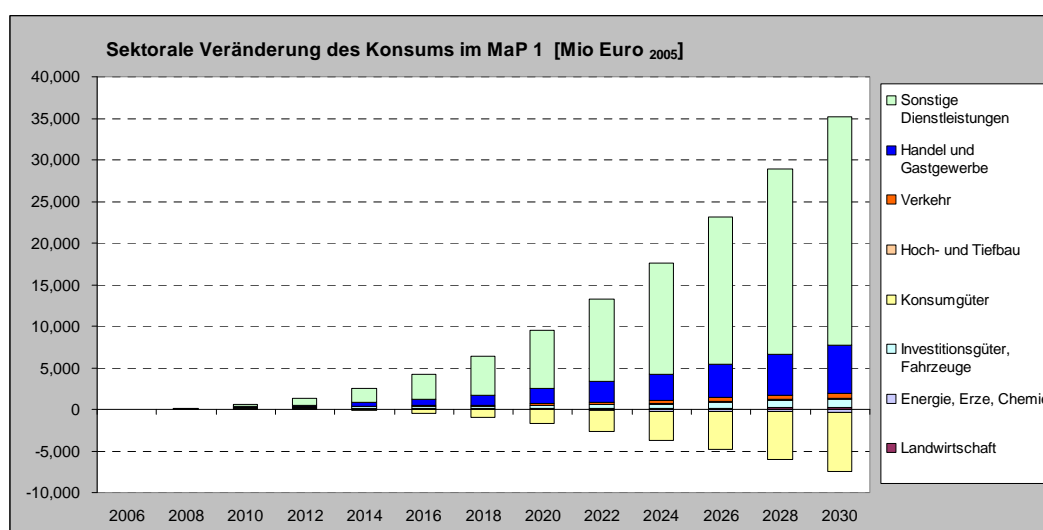
Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Abbildung 36 stellt die Wirkung der Effizienzmaßnahmen auf die sektorale Produktion von Investitionsgütern dar. Die Investitionssteigerung verläuft eher gleichmäßig und auf viele Sektoren verteilt, wobei die Schwerpunkte auf den erwarteten Sektoren Maschinenbau, Elektronik und Datenverarbeitung sowie Hoch- und Tiefbau liegen. Dies zeigt nochmals die eher geringe Bedeutung des Investitionsimpulses von Maßnahmen, der normalerweise eine sektoral viel stärkere Fokussierung aufweist, gegenüber der sich mittel- und langfristig entwickelnden Wirkung der Einsparung der Energieausgaben wie auch der Energieimporte. Auf den Sektor Fahrzeuge entfallen geringere Investitionen, da die sektorale Umstrukturierung – mehr Dienstleistungen, weniger Nachfrage nach Energieträgern – das Güterverkehrsaufkommen verringert und damit auch die Nachfrage nach LKW, Zügen und Binnenschiffen.

Abbildung 36: Investitionswirkung der Energieeffizienz in Unternehmen

Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Die Veränderungen des Konsums geben sehr deutlich die verzögerte, aber später exponentiell anwachsende Struktur der Wirkungen dieses Maßnahmenpaketes wieder. Durch die Senkung der Produktkosten aufgrund der Energieeinsparungen in den Unternehmen sowie das Wachstum der Einkommen aufgrund des BIP Wachstums profitieren vor allem Sektoren mit hoher (Preis-)Elastizität der Nachfrage, d. h. Handel und Gastgewerbe sowie die sonstigen Dienstleistungen wie z. B. Kommunikation, Gesundheits- und Wellnessdienstleistungen.

Abbildung 37: Induzierte Änderung des Konsums durch Energieeffizienz in Unternehmen

Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass durch die Effizienzmaßnahmen vorwiegend in den Unternehmen aber auch im öffentlichen Sektor mit relativ geringem Investitionsaufwand signifikante Wachstumsimpulse ausgelöst werden können. Damit eignet sich eine Effizienzpolitik als ausgezeichnetes Komplement zu angebotsseitigen Maßnah-

men im Energiesystem. Eine strategisch ausgerichtete Effizienzpolitik ermöglicht es, dass steigende Energiekosten aufgefangen werden können.

H.2 Energieeffiziente Gebäude (MaP 2)

Im gesamten Gebäudebereich besteht ein hohes Potenzial für Energieeinsparungen und damit zur Reduktion von Treibhausgasemissionen. Dies beruht zum Einen auf der Größe des im Gebäudesektor aufgebauten Kapitalstocks und des damit verbundenen Energieverbrauchs und zum Anderen auf einem über die Jahre akkumulierten Rückstau bei der Anpassung des Gebäudebestandes an moderne Standards der Dämm- und Heiztechnik. Um die Auswirkungen verstärkter Anstrengungen der energetischen Sanierung von Gebäuden sowie Nutzung von innovativen Techniken wie erneuerbaren Heiztechnologien isoliert zu betrachten wurde das Maßnahmenpaket 2 in ASTRA modelliert. Die Einzelmaßnahmen dieses Paketes sind in Tabelle 17 dargestellt. Details zur Umsetzung dieser Maßnahmen im Modell wurden im Abschnitt F.3 beschrieben.

Tabelle 17: Maßnahmenpaket energieeffiziente Gebäude (MaP 2)

Nr.	Maßnahme*
M10a	Energieeinsparverordnung: Die Energieeinsparverordnung (EnEV) wird an den Stand der Technik (z. B. neue Dämmtechniken) angepasst und verschärft.
M10b	Austausch von Nachtspeicheröfen: Stufenweise werden Nachtspeicheröfen zur Erzeugung von Raumwärme gegen Erdgas-Heizsysteme ausgetauscht. Bis 2020 sind alle Nachtspeicheröfen im privaten Bereich ausgetauscht.
M12	CO ₂ -Gebäudesanierungsprogramm: Das bisher bestehende Gebäudesanierungsprogramm läuft in ergänzter Form weiter bis 2011. Es konzentriert sich verstärkt auf das Sparpotenzial von städtischen Strukturen und soziale Infrastruktur.
M14	Erneuerbare Energien Wärme Gesetz (EEWG): Der Anteil Erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch wird kontinuierlich von 6 % auf 14 % in 2020 gesteigert und danach weiter ausgebaut.
Z2**	Beschleunigte Gebäudesanierung: Das Kreditprogramm der KfW zur Gebäudesanierung wird um 2 Mrd. Euro aufgestockt. Außerdem wird die Einhaltung der Energieeinsparverordnung stärker überwacht.

* Die Tabelle der Maßnahmenklärungen setzt die Annahme voraus, dass die entsprechenden Bedingungen erfüllt wurden und die CO₂-Einsparungen realisiert sind.

** Z= Zusatzmaßnahme zu den Meseberger Maßnahmen

Die zentralen ökonomischen Impulse wirken hier vor allem im Bereich der Energiekosten für Strom (zum Heizen) und Heizung (mit anderen Energieträgern als Strom) der Haushalte sowie im Bereich der zusätzlichen Investitionen für energetische Sanierung von Wohngebäuden und Heizungsanlagen. Veränderungen der Ausgaben für

Energie und der Investitionen sind in Tabelle 18 dargestellt. Hierbei ist anzumerken, dass die Heizungsausgaben hier die vollen Finanzierungskosten, d. h. Zins und Tilgung abzüglich staatlicher Zuschüsse, für die Gebäude(sanierungs)maßnahmen der privaten Haushalte enthalten. Außerdem wurde keine Annuisierung über den Betrachtungszeitraum bzw. die Lebensdauer der Maßnahme vorgenommen, sondern die Finanzierungskosten unter der Annahme einer Kreditlaufzeit von 6 Jahren zu den Heizungskosten addiert, so dass Investitionen, Finanzierungskosten und Einsparungen bei den Energieausgaben zum Zeitpunkt ihrer tatsächlichen Fälligkeit in das ASTRA-Modell eingehen. Weiter wurde unterstellt, dass alle Gebäudemassnahmen über Kredite finanziert wurden und nicht aus vorhandenem Eigenkapital, um auch im Falle von eigenkapitalfinanzierten Maßnahmen die Opportunitätskosten einer alternativen Verwendung zu berücksichtigen. Es handelt sich somit um eine sehr konservative Abschätzung, die dazu führt, dass die Heizungsausgaben inklusive Finanzierungskosten nach einem erstem Absinken in 2010 sich bis 2020 um über 50 % erhöhen aufgrund der kumulierten Finanzierungskosten der Jahre 2014 bis 2020. Bis 2030 kompensieren die Energieeinsparungen die Finanzierungskosten, so dass die Heizungsausgaben inklusive Finanzierungskosten sich wieder dem Referenzpfad nähern. Das Abschneiden der Betrachtung in 2030 führt dazu, dass der Zeitraum in dem sich die Effizienzmaßnahmen zunehmend positiv auf die Haushaltsbudgets auswirken, außerhalb des betrachteten Zeithorizonts von IEKP-Makro liegt.

Tabelle 18: Ökonomische Impulse des Maßnahmenpaketes energieeffiziente Gebäude (MaP 2)

		Einheit	2010	2020	2030
Haushalte	Strom	% gegen Referenz	-1.8%	-7.9%	-13.6%
	Heizung	% gegen Referenz	-8.5%	-28.7%	-49.3%
	Heizung + Fin. ⁽¹⁾	% gegen Referenz	-7.8%	57.7%	3.1%
	Kraftstoffe	% gegen Referenz	0.0%	0.3%	-0.1%
Industrie	Strom	% gegen Referenz	0.0%	0.0%	0.0%
	Heizung	% gegen Referenz	0.0%	0.0%	0.0%
	Kraftstoffe	% gegen Referenz	0.0%	0.0%	0.0%
Investition Klimaschutz	zusätzlich	Mio Euro	4,100	26,726	15,436
	vermieden	Mio Euro	0	0	0

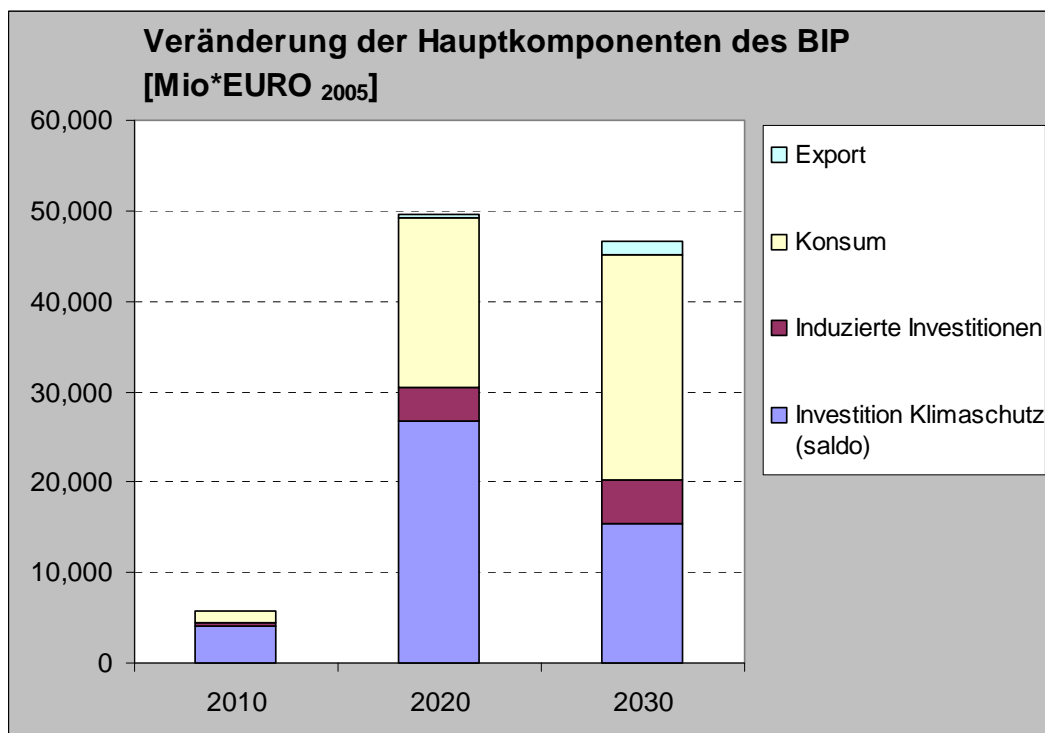
Quelle: eigene Berechnungen. (1) Heizungsausgaben inklusive der Zins- und Tilgungsausgaben für die energetische Sanierung.

Das Maßnahmenpaket Sanierung von Gebäuden weist eine ganz andere Dynamik als das vorhergehend beschriebene Maßnahmenpaket Energieeffizienz in Unternehmen auf. Abbildung 38 und noch deutlicher Abbildung 40 zeigen den starken Anstieg der Investitionstätigkeit zwischen 2010 und 2018. Bei der Veränderung der Hauptkomponenten des BIP machen die zusätzlichen Klimaschutzinvestitionen immer noch mehr als 50 % des BIP-Wachstums aus. Nach 2020 gehen diese Investitionen deutlich zurück und das wirkt sich auch entsprechend auf den gesamten BIP Zuwachs aus, der bis 2030 um rund 3 Mrd. € fällt gegenüber 2020. Aber auch in diesem MaP trägt der

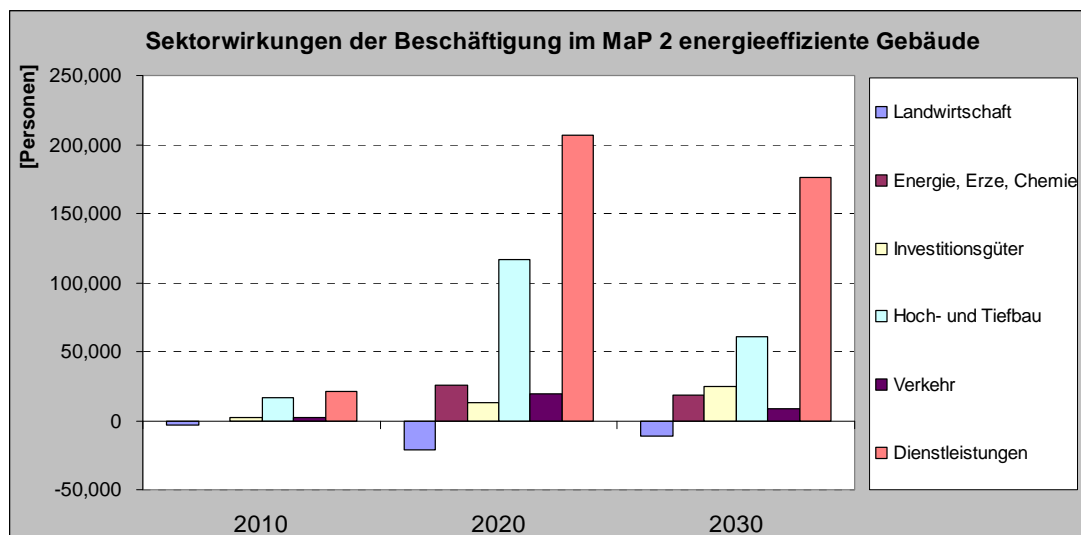
private Konsum mit über 50 % Anteil in 2030 langfristig den größten Beitrag zum BIP Wachstum bei.

Bei der Beschäftigung profitiert wie erwartet der Hoch- und Tiefbau Sektor deutlich von den Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudebereich (Abbildung 39), aber auch die Dienstleistungen nehmen stark zu. Dies setzt sich zusammen aus einer Zunahme bei Banken und Versicherungen, die von der Finanzierung der Maßnahmen profitieren, und einem Wachstum der Dienstleistungssektoren aufgrund des allgemeinen Anstiegs des Konsumniveaus. Der Sektor Investitionsgüter profitiert aufgrund der zusätzlichen Nachfrage nach moderner Heiztechnik und im Sektor Energie, Erze, Chemie sind gegenläufige Entwicklungen zu beobachten durch einen Rückgang der Nachfrage im Energiesektor und einen Anstieg der Nachfrage nach Dämmstoffen im Chemiesektor. Insgesamt folgt die Beschäftigungskurve einem ähnlichen Verlauf wie das zusätzliche BIP und erreicht mit rund 360 tausend zusätzlichen Beschäftigten in 2020 ein Maximum und fällt dann in 2030 auf rund 280 tausend zusätzliche Beschäftigte ab.

Abbildung 38: Veränderung des BIP durch energieeffiziente Gebäude

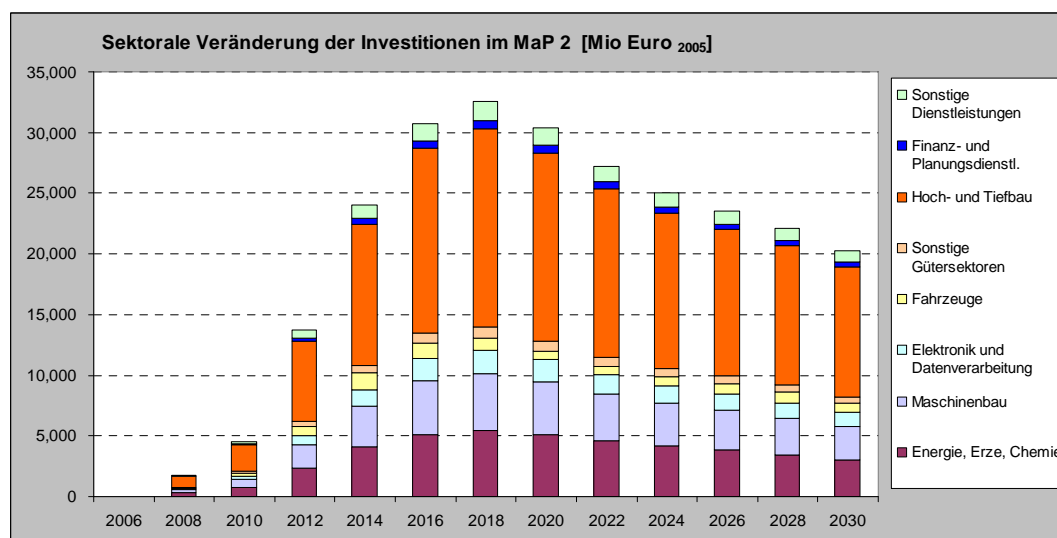


Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Abbildung 39: Beschäftigungswirkung durch energieeffiziente Gebäude

Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

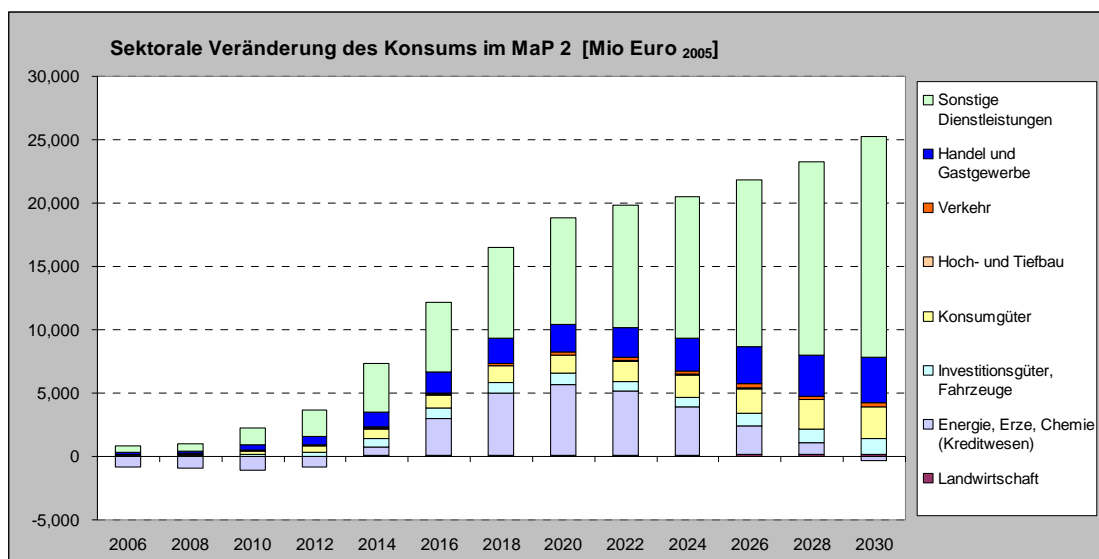
Abbildung 40 zeigt die Veränderung der sektoralen Befriedigung von Investitionsnachfrage im Maßnahmenpaket energieeffiziente Gebäude. Insbesondere drei Sektoren profitieren von der maßnahmegetriggerten Nachfrage: der Hoch- und Tiefbau, der Maschinenbau und die Energie, Erze und Chemie mit den Bau- und Dämmstoffen. Auch die Glockenkurve der Sanierungsrate bei Gebäuden (Abbildung 8) spiegelt sich deutlich in der Gesamtkurve der Investitionen wieder.

Abbildung 40: Investitionswirkung durch energieeffiziente Gebäude

Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Abbildung 41 stellt die sektorale Veränderung des Konsums dar. Dominant stellen sich insbesondere die Sektoren dar, die von einem allgemeinen Anstieg des Einkommens profitieren. Dazu gehören insbesondere Handel und Gastgewerbe und die sonstigen Dienstleistungen. Der Anstieg des Sektors Energie, Erze, Chemie lässt sich darauf zurückführen, dass bei den Heizungsausgaben noch die Finanzierungskosten der Maßnahmen berücksichtigt sind, die erst in einem nächsten Schritt dem Banken und Versicherungssektor zugeordnet werden.

Abbildung 41: Änderung des Konsums durch energieeffiziente Gebäude



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Ein interessanter Aspekt dieses Maßnahmenpaketes ist der Anstieg der CO₂-Emissionen aus dem Güterverkehr, da insbesondere der Hoch- und Tiefbausektor eine hohe Gütertransportintensität aufweist. So nimmt bei steigender Nachfrage nach Gütern dieses Sektors der Güterverkehr sichtbar zu, was zu einem jährlichen Anstieg von 2-3 Mio. t CO₂ aus dem Güterverkehr - verglichen mit Minderungen von 40-70 Mio. t CO₂, die aus dem Maßnahmenpaket resultieren - führt.

H.3 Klimateffizienz des Straßenverkehrs (MaP 3)

Zahlreiche Studien haben in den letzten Jahren das große Einsparpotenzial an Treibhausgasen im Verkehrssektor und vor allem im Straßenpersonenverkehr aufgezeigt (Öl et al. 2008, TNO 2006). Das Meseberger IEKP trägt dem Rechnung und berücksichtigt zahlreiche Maßnahmen für den Verkehrssektor. Die Straßenverkehrsmaßnahmen wurden in IEKP-Makro zu einem Maßnahmenpaket zusammengefasst, wobei der Schwerpunkt auf dem Personenverkehr mit PKW liegt, mit der einzigen Ausnahme der verbesserten Lenkungswirkung der LKW-Maut. Das Maßnahmenpaket steigert die Klimateffizienz des Straßenverkehrs, d. h. verringert die Emissionen an Treibhausgasen des Verkehrs bei gegebener Verkehrsnachfrage, und wird entspre-

chend bezeichnet. Die Einzelmaßnahmen dieses Paketes sind in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 19: Maßnahmenpaket Klimaeffizienz des Straßenverkehrs (MaP 3)

Nr.	Maßnahme*
M16	CO ₂ – Strategie Pkw: Die EU erlässt eine Richtlinie mit verbindlichen CO ₂ -Emissionswerten für Pkw (130 g CO ₂ /km für den Durchschnitt der europäischen Neuwagen in 2012 plus zusätzliche Anrechnung von Biokraftstoffen und Eco-Technologien, so dass das Ziel von 120 g CO ₂ /km erreicht wird) ³ .
M18	Umstellung der Kfz-Steuer auf CO ₂ : Als Bemessungsbasis für die Besteuerung ersetzen die CO ₂ Emissionen den Hubraum. Es wird eine leicht progressive Besteuerung für größere spezifische Emissionen unterstellt.
M19	Verbrauchskennzeichnung Pkw: Die Bundesregierung arbeitet eine verbindliche und verbraucherfreundliche Kennzeichnung für Pkw aus, die zu einer verbesserten Information über Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen beim PKW-Kauf führt.
M20	Verbesserte Lenkungswirkung der Lkw-Maut: Die LKW-Maut wird an die neue Wegekostenrechnung angepasst. Die Tarife werden weiter gespreizt, um den Anreiz zum Kauf moderner LKW zu erhöhen. Die Beschränkung auf Autobahnen und wenige Bundesstraßen sowie LKW mit Gesamtgewicht >12t bleibt bestehen.
M26	Elektromobilität: Die Bundesregierung und die Automobilindustrie erarbeiten eine gemeinsame Strategie um die Elektromobilität, z. B. durch Feldversuche und Markteintrittsförderung, zu entwickeln.
Z1**	Tempolimit: Auf Autobahnen wird ein Tempolimit von 130 km/h eingeführt.
Z3**	Leichtlauföle für PKW: Der Einsatz von Leichtlaufölen verringert die Verluste durch Reibung im Motor. Ab 2008 greift eine Regulierung zur verpflichtenden Nutzung von Leichtlaufölen für alle PKW.

* Die Tabelle der Maßnahmenklärungen setzt die Annahme voraus, dass die entsprechenden Bedingungen erfüllt wurden und die CO₂-Einsparungen realisiert sind.

** Z= Zusatzmaßnahme zu den Meseberger Maßnahmen

Die zentralen ökonomischen Impulse wirken hier vor allem im Bereich der Energieausgaben für den motorisierten Individualverkehr der Haushalte sowie im Bereich der zusätzlichen Investitionen der Autoindustrie zur Entwicklung und Produktion effizienter PKW und der Energieversorger zur Bereitstellung der Infrastruktur für Elektromobilität. In diesem Maßnahmenpaket fallen auch signifikante vermiedene Investitionen an, da Entwicklungsanstrengungen der Autoindustrie zur weiteren Beschleunigung und Höhermotorisierung der PKW abgezogen und in Richtung der Entwicklung effizienter PKW und alternativer Antriebe umdirigiert werden. Veränderungen der Energiekosten und der Investitionen sind in Tabelle 20 dargestellt.

³ Die Konkretisierung der Richtlinie hat zu einer Verzögerung der Einführung des Emissionsgrenzwertes von 130 gCO₂/km bis zum Jahr 2015 geführt, die hier nicht berücksichtigt ist.

Tabelle 20: Ökonomische Impulse des Maßnahmenpaketes Klimateffizienz des Straßenverkehrs (MaP 3)

		Einheit	2010	2020	2030
Haushalte	Strom	% gegen Referenz	0.0%	0.0%	0.0%
	Heizung	% gegen Referenz	0.0%	0.0%	0.0%
	Kraftstoffe	% gegen Referenz	-14.0%	-24.2%	-25.8%
Industrie	Strom	% gegen Referenz	0.0%	0.0%	0.0%
	Heizung	% gegen Referenz	0.0%	0.0%	0.0%
	Kraftstoffe	% gegen Referenz	0.0%	0.1%	-0.4%
Investition Klimaschutz	zusätzlich	Mio Euro	9,077	2,334	2,994
	vermieden	Mio Euro	-7,691	-1,648	-824

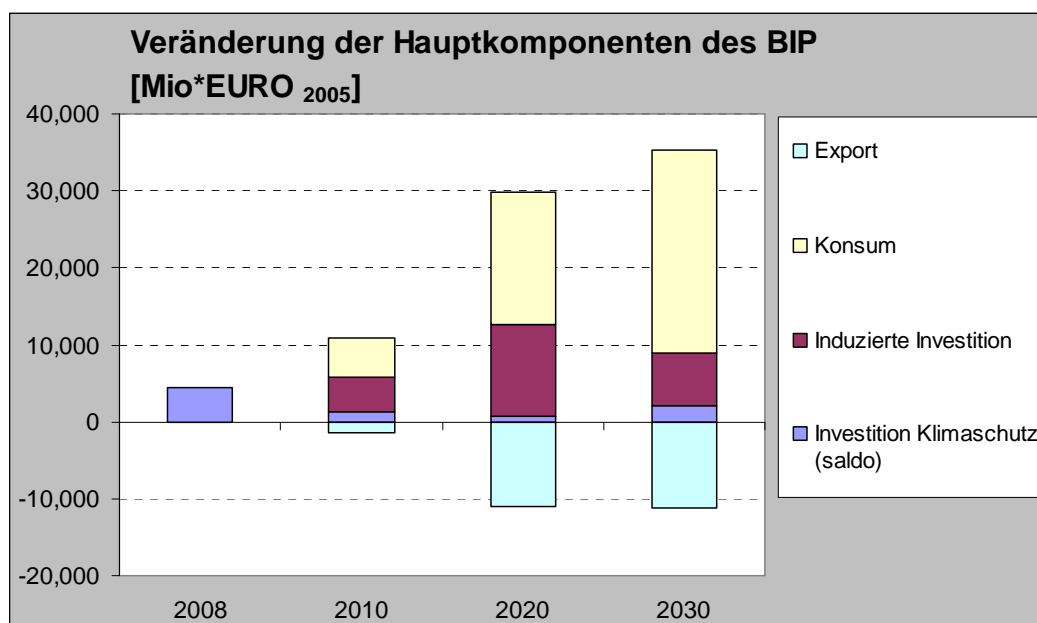
Quelle: eigene Berechnungen

Dieses Maßnahmenpaket weist wieder eine andere Dynamik auf als die beiden bereits analysierten MaPs. Das größte zusätzliche Investitionsvolumen fällt zwischen 2008 und 2012 an (siehe das zusätzliche Jahr 2008 in Abbildung 42). In diesem Zeitraum muss die deutsche Autoindustrie ihre Forschungsanstrengungen zum Bau effizienter und leichter PKW und in Richtung alternativer Antriebe drastisch erhöhen und auch den Bau neuer Produktionsstätten zur Produktion dieser Fahrzeuge bzw. den Umbau existierender Produktionsstätten leisten. Dafür werden in den Jahren 2008 bis 2010 jährlich rund 8 bis 9 Mrd. € benötigt. Allerdings können vor allem ab 2010 Forschungs- und Investitionsmittel in konventionell konzipierte PKW (d. h. größer-schneller-schwerer Philosophie) umgeschichtet werden, so dass sich das Saldo der zusätzlichen Investitionen mit abnehmender Tendenz auf unter 2 Mrd. € einpendelt. Erst nach 2020 nehmen die zusätzlichen Investitionen wieder zu. Diese sind dann bedingt durch den forcierten Ausbau der Elektromobilität und den damit einhergehenden Ausbau und Anpassung der Aufladungs- und Netzinfrastruktur.

Abbildung 42 stellt die Veränderung des BIP aufgrund dieses frühzeitig erfolgenden Investitionsimpulses dar. In 2010 tragen bereits die Zweitrundeneffekte, d. h. die induzierten Investitionen und die Veränderung des Konsums, zu je 40 % zum Wachstum des BIP bei. Der Beitrag des Konsums entsteht hier vor allem durch eine deutliche Verringerung der Ausgaben für Kraftstoffe der Haushalte durch die Nutzung effizienterer PKW. In 2010 belaufen sich diese Einsparungen bereits auf 14 % gegenüber dem Referenzszenario. Allerdings müssen die Haushalte auch die Ausgaben für den Kauf neuer PKW erhöhen, da die Einführung neuer Technologien zur Effizienzsteigerung die PKW-Preise erhöht (zu Details siehe Maßnahme M16 in Jochem et al. 2008). Im Saldo entsteht aber eine Einsparung der Haushalte, die für andere Konsumzwecke ausgegeben werden kann. Volkswirtschaftlich entstehen signifikante Einsparungen bei den Importen von Rohöl und Kraftstoffen (rund 5 Mrd. € in 2010 und 15 Mrd. € im Jahr 2030) sowie Ausfälle bei den Mineralölsteuereinnahmen. Für dieses Maßnahmenpaket wird das stärkste Wachstum bis 2020 mit einem Zuwachs des BIP von 19 Mrd. € erwartet, der bis 2030 noch auf 24 Mrd. € ansteigt. Der größte Beitrag kommt langfristig durch den Konsum über die Einsparungen bei den Kraftstoffausgaben sowie die Zweitrundeneffekte. In diesem Szenario tritt auch eine negative Rück-

kopplung über die übrigen Volkswirtschaften in Europa auf so dass die deutschen Export abnehmen. Dies resultiert zum Einen daraus das die Kostenszenarien bei den PKW berücksichtigt wurden, ohne das in den übrigen EU-Ländern der Investitionsimpuls zum Bau der PKW modelliert wurde (z. B. in Spanien) und zum Anderen über die LKW-Maut, die die Exporte leicht verteuert hat. Dieser negative Impuls ist überzeichnet und würde sich bei einer europaweiten Modellierung der Maßnahme M16 mutmaßlich in einen positiven Effekt umkehren, wie im europäischen TRIAS-Projekt gezeigt werden konnte (Schade et al. 2008).

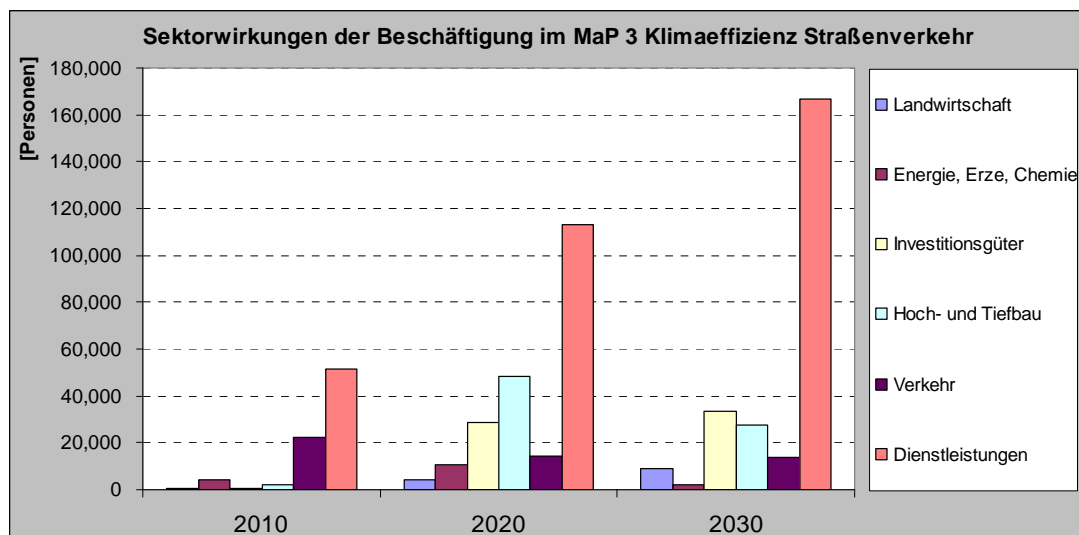
Abbildung 42: Veränderung des BIP durch Klimaeffizienz des Straßenverkehrs



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Abbildung 43 zeigt die Beschäftigungswirkung dieses Maßnahmenpaketes. In 2010 profitieren vor allem die sonstigen Dienstleistungen aufgrund der zusätzlichen Forschungsanstrengungen zur Entwicklung der effizienten PKW und die Verkehrsdienstleistungen aufgrund eines leichten Modal-shifts zum öffentlichen Verkehr durch die etwas höheren Preise der neuen PKW. Bis 2020 profitieren der Hoch- und Tiefbau und die Investitionsgütersektoren durch Umrüstung und Bau der neuen Produktionsstätten für effiziente PKW und alternative Antrieb. Die Dienstleistungen wachsen zum Einen aufgrund der Kraftstoffeinsparungen der Haushalte und zum Anderen aufgrund der Zweitrundeneffekte durch das steigende BIP und Einkommen. Im Jahr 2030 wirkt sich der Ausbau der Infrastruktur für Elektromobilität positiv auf die Sektoren Hoch- und Tiefbau sowie Investitionsgüter aus. Die sonstigen Dienstleistungen profitieren noch stärker durch die Kraftstoffeinsparungen und Zweitrundeneffekte, während bei den Verkehrsdienstleistungen durch einen leichten Rebound-Effekt der motorisierte Individualverkehr (MIV) wieder zulegt und leichte Rückgänge für den öffentlichen Verkehr beobachtet werden können.

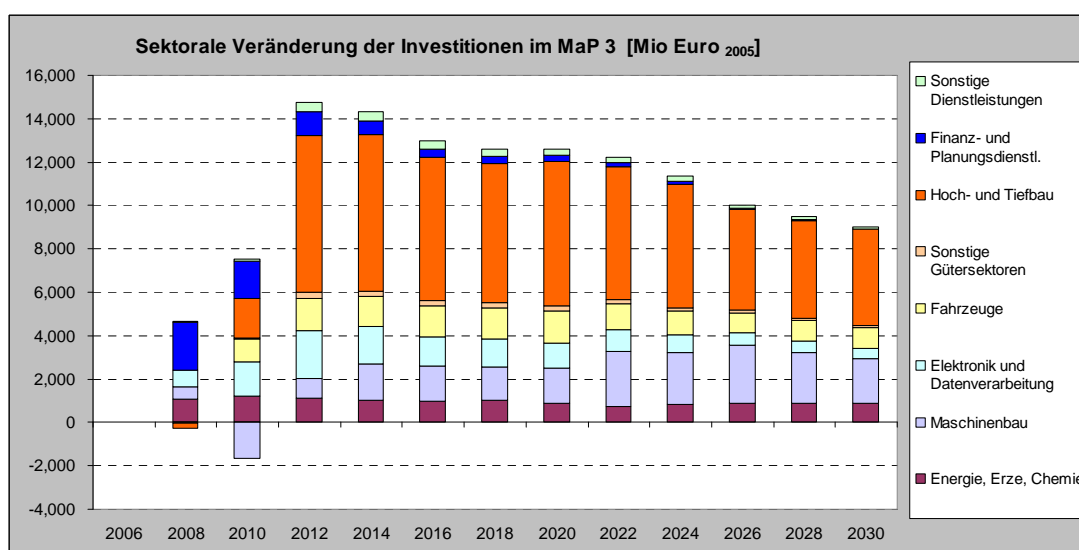
Abbildung 43: Beschäftigungswirkung durch Klimaeffizienz des Straßenverkehrs



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Bei den sektoralen Investitionswirkungen zeigt sich die anfängliche Fokussierung auf Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen bei der Zunahme im Sektor Finanz und Planungsdienstleistungen in Abbildung 44. Gleichzeitig werden geplante Investitionen in konventionelle Produktionsanlagen zurückgefahren (siehe negativer Wert des Maschinenbaus in 2010). Ab 2010 beginnt dann der Auf- und Umbau der Produktionsanlagen für die effizienten PKW und alternative Antriebe inklusive der Elektromobilität. Neben dem Hoch- und Tiefbau profitieren Elektronik und Datenverarbeitung sowie Maschinenbau von dieser Entwicklung. Investitionen in Fahrzeuge steigen an, da die Preise der effizienteren PKW auch für Geschäftswagen steigen, was durch Einsparungen bei den Kraftstoffkosten ausgeglichen bzw. ab ungefähr 2015 überkompensiert wird. Insgesamt sinkt die Zunahme der Investitionen von ihrem Höhepunkt von rund 14 Mrd. € in 2012 bis 2030 um rund ein Drittel ab.

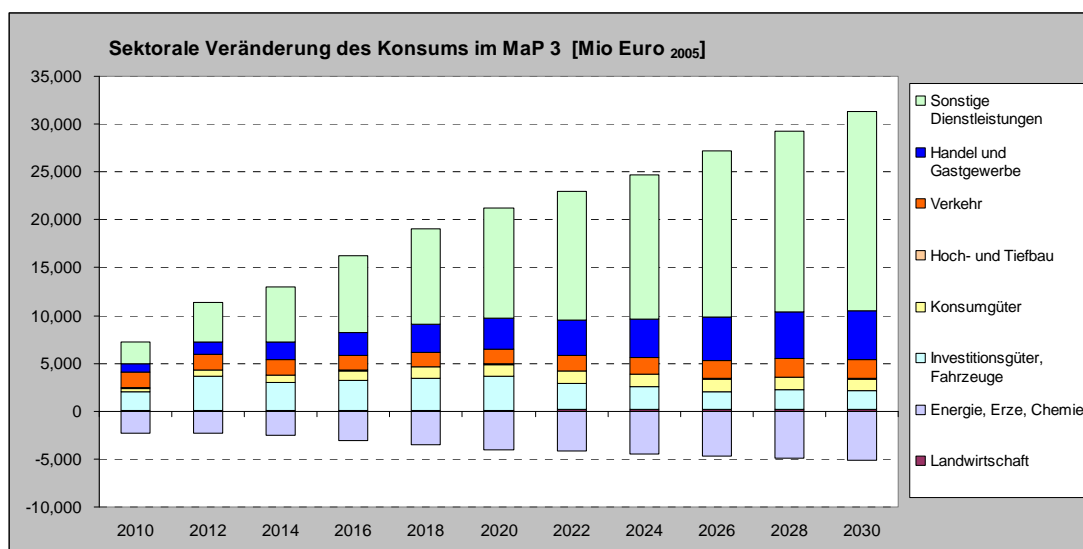
Abbildung 44: Investitionswirkung durch Klimaeffizienz des Straßenverkehrs



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

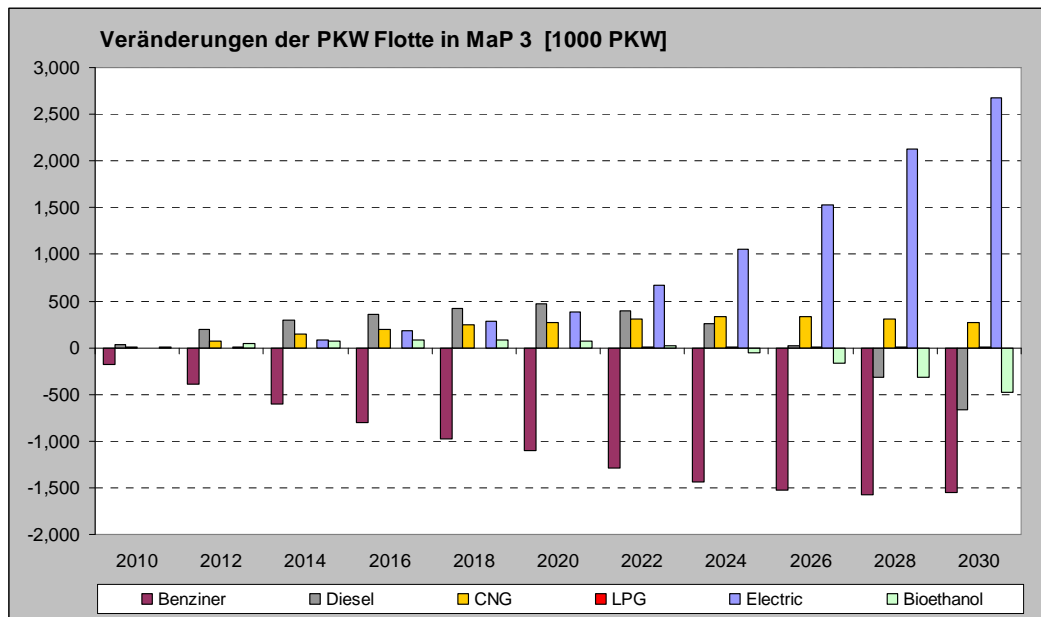
Die Veränderungen des Konsums sind in Abbildung 45 dargestellt. Die Einsparungen bei den Kraftstoffen wird an der Verringerung des Sektors Energie, Erze, Chemie deutlich. Zu beachten ist, dass die abgebildete Reduktion z. B. in 2030 von 5 Mrd. € nur die tatsächlichen Netto-Kraftstoffkosten umfasst. Die gesamte Einsparung der Haushalte liegt mehr als doppelt so hoch, da sowohl noch Mineralölsteuer als auch Mehrwertsteuer eingespart wird. Beide werden jedoch nicht nachfragewirksam für die sektorale Betrachtung des Konsums, sondern finden als Veränderung des Staatshaushaltes im makroökonomischen Modell von ASTRA Berücksichtigung. Der Anstieg bei den Ausgaben für Fahrzeuge bildet das Pendant zur Kraftstoffeinsparung. Die PKW-Preise steigen, so dass die Ausgaben der Haushalte für den Kauf von PKW wachsen. Im Saldo ergibt sich aber eine deutliche Einsparung für den MIV der Haushalte. Die Dienstleistungssektoren profitieren sowohl von den Einsparungen beim MIV als auch von den Zweitrundeneffekten, d. h. dem Wachstum der Einkommen.

Abbildung 45: Änderung des Konsums durch Klimaeffizienz des Straßenverkehrs



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Als Ergänzung soll hier noch die Veränderung der Zusammensetzung der PKW-Flotte dargestellt werden (siehe Abbildung 46). Die Maßnahmen führen zu einer deutlichen Verringerung der Nachfrage nach Benzinern, da hier der Preisanstieg zur Umsetzung der Effizienzmaßnahmen am größten ausfällt. Diesel-PKW profitieren bis nach 2020 leicht, werden dann aber zunehmend von Elektro-PKW verdrängt. Ähnlich sieht es für PKW mit Bioethanol-Antrieb aus. Der Ausbau der Elektromobilität kommt erst nach 2020 richtig in Schwung. Bis 2020 erreicht die Flotte der reinen Elektromobile einen Bestand von unter 500 tausend PKW. Dieser wächst dann stark an bis 2030 auf 2.7 Mio. PKW.

Abbildung 46: Änderung der PKW-Flotte durch das MaP Klimaeffizienz Straßenverkehr

Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Insgesamt führt dieses Maßnahmenpaket zu einer deutlichen Verringerung der CO₂-Emissionen, leistet einen schnell wirkenden Wachstumsimpuls und verringert langfristig die Abhängigkeit von fossilen Kraftstoffimporten signifikant, während es diese durch nationale bzw. europäische Ingenieursleistungen ersetzt. Gleichzeitig entlastet es die Verkehrsbudgets der Haushalte spürbar.

H.4 Synthese: Vergleich der Maßnahmenpakete mit den Hauptszenarien

Die folgende Tabelle 21 liefert einen Überblick über die Treibhausgas-Einsparungen in den Maßnahmenpaketen. Hier soll ausdrücklich auf methodische Risiken bei der Aggregation der Treibhausgas-Einsparungen der Einzelmaßnahmen zu Paketen hingewiesen werden, da die einfache Aggregation weder potentielle Kompensationen noch Synergien berücksichtigt. In diesem Sinne soll die Tabelle eine Einschätzung über die Bedeutung der Maßnahmenpakete im Hinblick auf die Treibhausgas-Reduktionen liefern. Die eigentliche Aufgabe dieses Projektes ist die Einordnung der Hauptszenarien und Maßnahmenpakete hinsichtlich ihrer makroökonomischen Wirkungen. Für diese Einordnung wurden jedoch mögliche Kompensationen und Synergien auf der ökonomischen Ebene berücksichtigt.

Tabelle 21: Überblick der Treibhausgas-Einsparungen in Szenarien und Maßnahmenpaketen

[Mio. t CO ₂ eq]	2010	2020	2030	Kumuliert 2008-2030
Meseberg Szenario	50	196	303	3898
MesebergPlus Szenario	48	232	359	4363
Energieeffizienz Unternehmen MaP	1	12	24	257
Energieeffiziente Gebäude MaP	5	41	72	841
Klimaeffizienz Straßenverkehr MaP	8	31	34	574

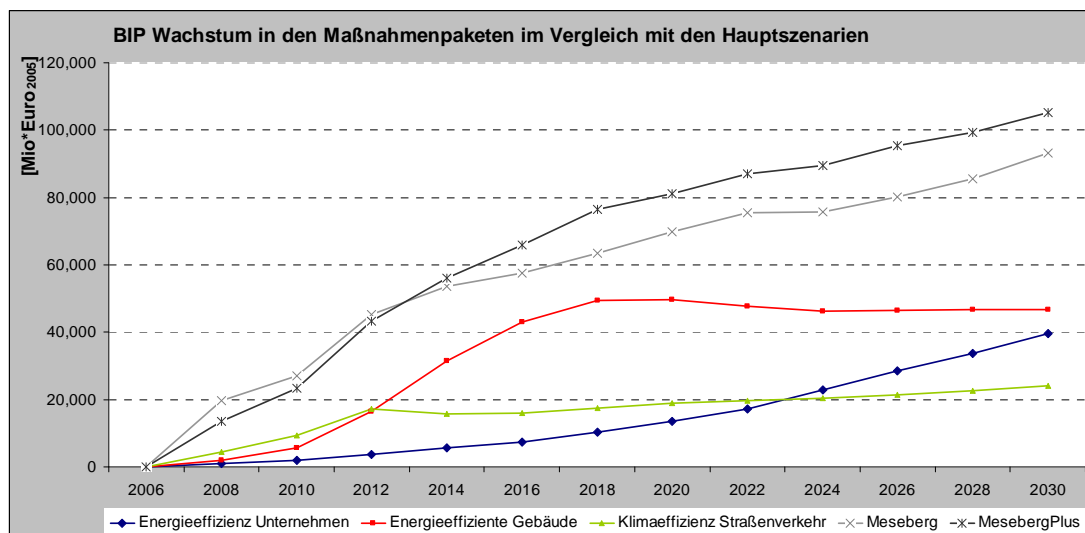
Quelle: Eigene Berechnungen und KlimInvest (Jochem et al. 2008).

Grundsätzlich wird eine positive ökonomische Entwicklung für alle Szenarien beobachtet. Beim Vergleich der drei Maßnahmenpakete mit den beiden Hauptszenarien fällt auf, dass das zusätzliche Wachstum des BIP in den beiden Hauptszenarien durchweg höher ausfällt (Abbildung 47). Außerdem kann für die beiden Hauptszenarien ein kontinuierliches zusätzliches Wachstum über den ganzen Analysezeitraum bis 2030 beobachtet werden, während die Maßnahmenpakete unterschiedliche Dynamiken aufweisen.

Die Steigerung der Klimaeffizienz im Straßenverkehr kann kurzfristig den größten ökonomischen Stimulus leisten. Voraussetzung ist hier allerdings, dass die entsprechenden Vorgaben der CO₂-Strategie für PKW, insbesondere der CO₂-Emissionsgrenzwerte, auch umgesetzt werden, d. h. die Anreize zu einem kurzfristigen umsteuern der Entwicklungslinien im Automobilsektor zeitnah und wirksam, d. h. mit den entsprechenden Sanktionsmechanismen versehen, gesetzt werden.

Mittelfristig bis 2020 ist der Wachstumsimpuls aus der Steigerung der Energieeffizienz der Gebäude am stärksten. Dies begründet sich in den hohen zusätzlichen Investitionen, die zur Sanierung benötigt werden, und dem notwendigen Zeitraum in dem die Anreiz- und Umsetzungsstrukturen im Wohnungsmarkt so gesetzt werden, dass auch die zahlenmäßig umfangreiche Akteursgruppen der Mietwohnungs- und Eigenheimbesitzer zum Handeln aktiviert werden kann.

Das Maßnahmenpaket Energieeffizienz in Unternehmen entfaltet vor allem langfristig, und das heißt bis 2030 und darüber hinaus, seine wachstumstreibende Wirkung. Dieses Maßnahmenpaket kommt mit geringen zusätzlichen Investitionen aus und führt vor allem über die kontinuierliche Verringerung der Energieausgaben der Unternehmen zu positiven Wachstumseffekten, die vor allem als Zweitrundeneffekte generiert werden.

Abbildung 47: Wachstum des Bruttoinlandsprodukts in den Maßnahmenpaketen

Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

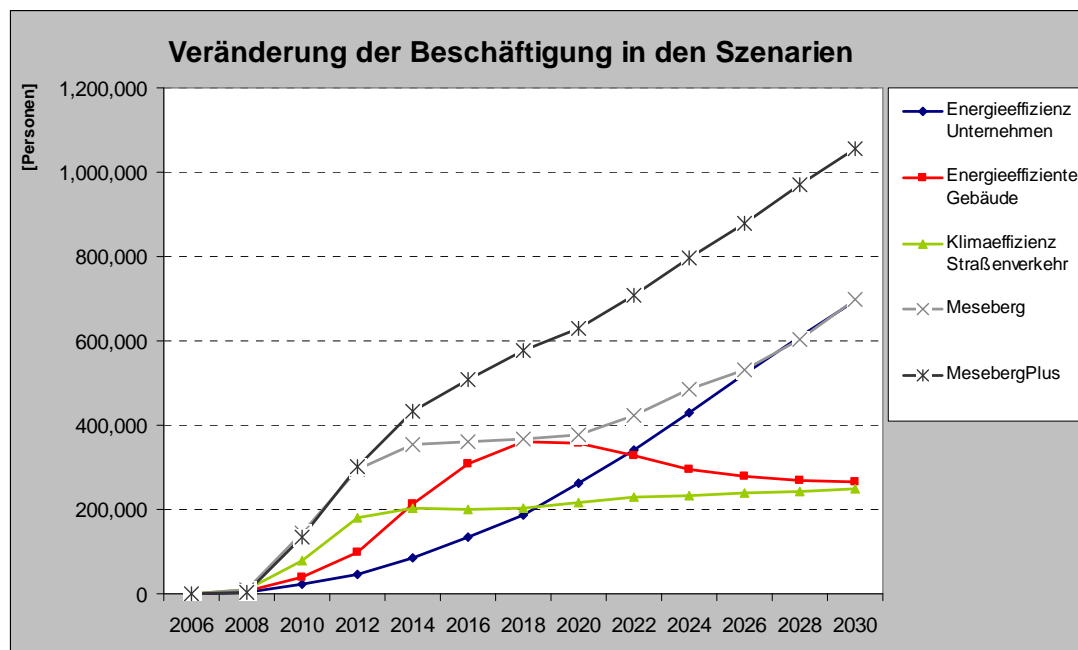
In Bezug zur kumulierten Einsparung der Treibhausgas-Emissionen leisten alle drei Maßnahmenpakete einen wichtigen Beitrag (siehe Tabelle 21) mit der größten Einsparung durch die energieeffizienten Gebäude gefolgt von den Einsparungen der Klimaeffizienz im Straßenverkehr. Vergleicht man nun den kumulierte BIP-Beitrag der Maßnahmenpakete mit den kumulierten Treibhausgas-Einsparungen fällt auf, dass über 90 % des Wachstums mit den drei untersuchten Maßnahmenpaketen erzielt wird, aber nur knapp 40 % der Treibhausgas-Einsparungen des MesebergPlus Szenarios. Dies zeigt, dass die Maßnahmenpakete zwar ökonomisch erfolgreich sind, aber nicht ausreichen würden, um die Treibhausgas-Einsparung in Deutschland von -40 % bis 2020 gegenüber 1990 zu erreichen, die mit MesebergPlus erzielt würden. Das bedeutet:

- (1) Zur Erreichung des deutschen Treibhausgas-Minderungsziels müssen zwingend auch die übrigen Maßnahmen ergriffen werden.
- (2) Ökonomisch neutrale Maßnahmen oder dämpfende Effekte einzelner Maßnahmen werden durch die Wachstumswirkungen der hier untersuchten Maßnahmenpakete im integrierten MesebergPlus Szenario ausgeglichen. Somit führt die Klimapolitik zu einem insgesamt positiven Wachstumsbeitrag für die deutsche Volkswirtschaft.

Betrachtet man die Beschäftigungswirkung der Szenarien und Maßnahmenpakete, so zeigt sich eine ähnliche Dynamik wie beim BIP-Wachstum, d. h. alle Szenarien weisen einen positiven Beschäftigungseffekt auf. Kurzfristig stammt der größte Impuls vom Maßnahmenpaket Klimaeffizienz des Straßenverkehrs, mittelfristig von den energieeffizienten Gebäuden und langfristig von der Energieeffizienz in Unternehmen. Zwei zentrale Unterschiede liegen in der langfristig überaus großen Bedeutung der Energieeffizienzsteigerung der Unternehmen, die im Jahr 2030 dieselbe Beschäftigungswirkung entfaltet, wie das Meseberg Szenario, und in dem deutlichen Unterschied zwischen Meseberg und MesebergPlus Szenario. Bei der Beschäftigungsstei-

gerung sind offensichtlich die ergriffenen Zusatzmaßnahmen sehr effektiv, insbesondere die Öko-Design Richtlinie für Industrie und Dienstleistungen. Bei den energieeffizienten Gebäuden zeigt sich, dass während der Durchführung der Maßnahmen zusätzliche Beschäftigung im Hoch- und Tiefbau ausgelöst wird, die aber nach Erreichen des Höhepunktes der Sanierungsaktivitäten wieder leicht zurückgeht.

Abbildung 48: Vergleich der Beschäftigungswirkung der Maßnahmenpakete

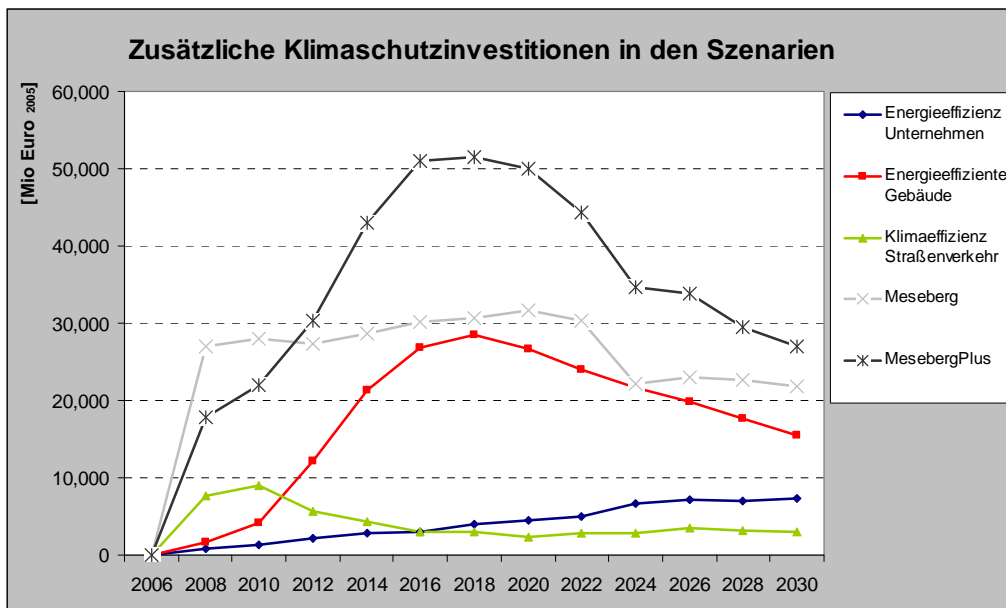


Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Betrachtet man die zusätzlichen Klimaschutzinvestitionen, die in den Szenarien ausgelöst werden (Abbildung 49), dann zeigt sich der große Anteil der Investitionen der auf den Gebäudebereich entfällt. Dies lässt sich durch die Tatsache nachvollziehen, dass der Kapitalstock in Deutschland von den Gebäuden dominiert wird, d. h. über 80 % des Kapitalstocks entfallen auf Gebäude. Dadurch müssen Maßnahmen, die auf diesen Sektor abzielen auch entsprechend hohe Investitionssummen vorsehen. Andererseits bieten sich hier auch große Einsparpotenziale sowie die Notwendigkeit Treibhausgas Einsparungen in diesem Sektor zu erzielen, wenn Deutschland Klimaziele von -40 % und bis 2050 dann bis zu -80 % erzielen will.

Die zusätzlichen Investitionen im Maßnahmenpaket Klimaeffizienz des Straßenverkehrs spiegeln die kurzfristig notwendigen und möglichen Investitionen wieder, um den MIV auf einen klimafreundlichen Pfad zu setzen, der die Entwicklung von hoch-effizienten PKW und alternative Antrieben als Kernelemente enthält. Energieeffizienz in Unternehmen spiegelt einen langfristigen Pfad wieder, der eher durch viele kleine organisatorische und technische Verbesserungen der Energieeffizienz in Unternehmen gekennzeichnet ist, als durch große Investitionsvorhaben.

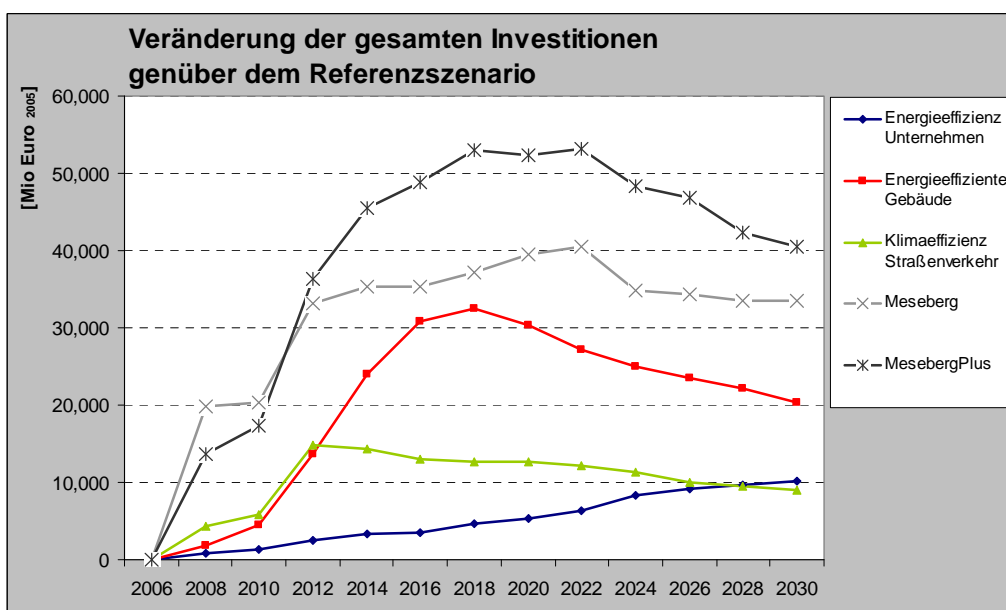
Abbildung 49: Investitionen in den Klimaschutz in den Maßnahmenpaketen



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA basierend auf KlimInvest (Jochem et al. 2008).

Abbildung 50 präsentiert die Steigerung der gesamten Investitionen, d. h. der Klimaschutzinvestitionen plus durch Zweitrundeneffekte induzierte Investitionen. Hier zeigt sich, dass alle Szenarien zusätzliche Investitionen induzieren, dass aber mit Ausnahme des Paketes Energieeffizienz in Unternehmen die Investitionen langfristig wieder abnehmen, und dass das beobachtete Wachstum nach 2020 auf andere Faktoren als die Investitionen zurückzuführen ist. Eine besonders hohe Steigerung der induzierten Investitionen wird bei der Klimaeffizienz des Straßenverkehrs beobachtet. Hier profitiert die Autoindustrie von den höheren PKW-Preisen, die sich für hocheffiziente PKW durchsetzen lassen, da diese noch wesentlich höhere Kraftstoffeinsparungen realisieren.

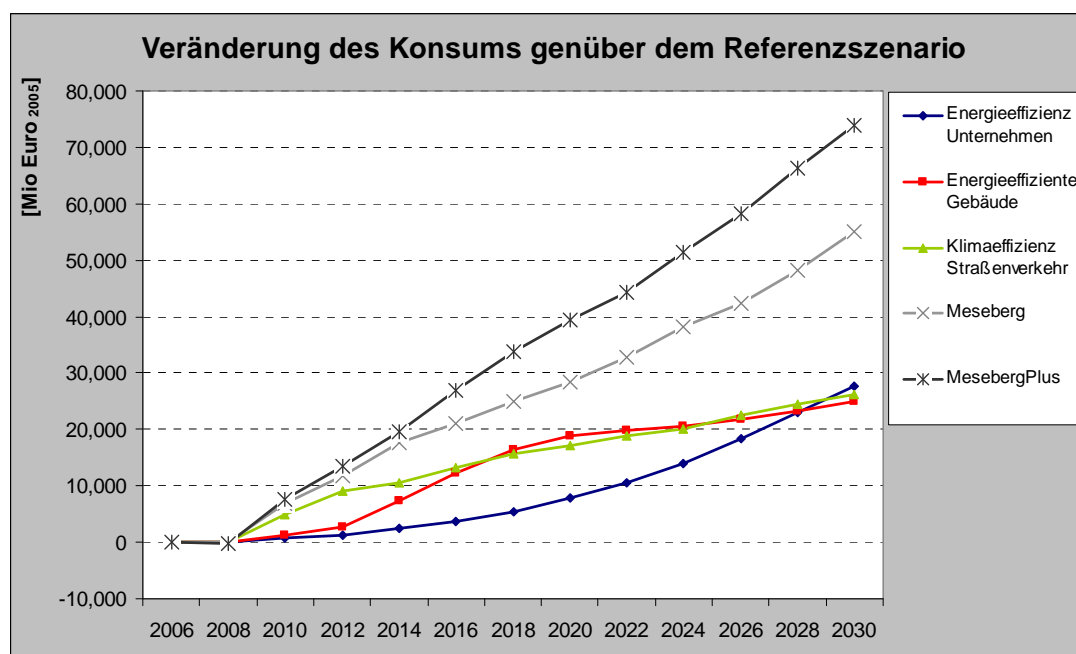
Abbildung 50: Gesamtinvestitionen in den Maßnahmenpaketen



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Auch für den Konsum kann ein Anstieg in allen Szenarien beobachtet werden (Abbildung 51). Der stärkste kurzfristige Impuls geht hierbei vom Maßnahmenpaket Klimateffizienz des Straßenverkehrs aus. Dies resultiert von den kurzfristig erzielbaren Einsparungen im Personenverkehr, die zum Einen durch den Kauf effizienterer PKW erzielt werden und zum Anderen durch den Umstieg auf den öffentlichen Verkehr bzw. den nicht-motorisierten Verkehr. Zwei wesentliche Effekte tragen zum Konsumwachstum in den Szenarien bei. Zum Einen die Einsparung an Energie, insbesondere Kraftstoffe, die zu einer höheren Nachfrage nach niedriger besteuerten Gütern und Dienstleistungen führt und so das Netto-Konsumbudget vergrößert, und zum Anderen die Zweitrundeneffekte der Einkommenssteigerung aufgrund des BIP-Wachstums und der höheren Beschäftigung.

Abbildung 51: Konsumänderung in den Maßnahmenpaketen



Quelle: Eigene Berechnungen in ASTRA.

Tabelle 22 fasst die erarbeiteten Ergebnisse zusammen indem für die vier wichtigsten makroökonomischen Größen ein Ranking der Szenarien und Maßnahmenpakete für die drei Zeitpunkte 2010, 2020 und 2030 dargestellt wird. Die bereits beschriebene Dynamik lässt sich auch hier feststellen. Das MesebergPlus Szenario fällt außer bzgl. des kurzfristigen Zeithorizonts 2010 immer am besten aus. Das Maßnahmenpaket Energieeffizienz in Unternehmen entfaltet vor allem langfristig eine große Dynamik und verbessert sich in 2030 für alle Indikatoren vom letzten Rang auf einen der vorderen Ränge. Das Maßnahmenpaket Klimateffizienz des Straßenverkehrs wiederum wirkt kurzfristig am stärksten der drei Pakete, wird aber mittel- und langfristig von den beiden anderen Paketen überholt.

Tabelle 22: Ranking der Szenarien und Maßnahmenpakete bzgl. der makroökonomischen Variablen

	BIP			Beschäftigung			Investition			Konsum		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Meseberg Szenario	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2
MesebergPlus Szenario	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
Energieeffizienz in Unternehmen MaP	5	5	4	5	4	2	5	5	4	5	5	3
Energieeffiziente Gebäude MaP	4	3	3	4	3	4	4	3	3	4	3	5
Klimaeffizienz Straßenverkehr MaP	3	4	5	3	5	5	3	4	5	3	4	4

Quelle: Eigene Darstellung. Rang 1 bedeutet bestes Szenario.

I Schlussfolgerungen

Die gesamtwirtschaftliche Analyse des IEKP - in dieser Studie durch die Szenarien Meseberg und MesebergPlus repräsentiert – zeigt die positive ökonomische Wirkung des integrierten Energie- und Klimaschutzprogrammes für Deutschland. Für das Jahr 2020 kann ein Wachstumsimpuls des BIP von 70 bis 81 Mrd. Euro ausgelöst werden. Die Beschäftigung lässt sich dadurch im Saldo um 380.000 bis 630.000 Personen steigern bei gleichzeitiger Reduktion der Treibhausgasemissionen um -35 bis -40 %. Bei Fortsetzung und Intensivierung der Maßnahmen bis 2030 lassen sich die positiven ökonomischen Effekte der Klimapolitik sogar noch verstärken.

Durch themenspezifische Bündelung von Maßnahmen des IEKP wurden drei thematisch fokussierte Maßnahmenpakete gebildet, um für diese eine tiefere Analyse der ökonomischen Wirkungen und Dynamiken durchzuführen. Die Themen der Maßnahmenpakete beziehen sich auf: Energieeffizienz in Unternehmen, energieeffiziente Gebäude und Klimaeffizienz des Straßenverkehrs.

Die Analyse der drei thematischen Maßnahmenpakete ergibt, dass keines der Pakete für sich alleine so umfangreiche positive Wirkungen auslöst wie die Meseberger Szenarien. Die integrative Umsetzung der Maßnahmen des IEKP führt also zu den deutlich positiven Effekten, da sich die positiven Effekte der Pakete verstärken und ökonomische Schwächen einzelner Maßnahmen durch Maßnahmen in anderen Paketen überkompensiert werden. Dies gilt z. B. für Maßnahmen, die zu einem Anstieg der Energiekosten pro Energieeinheit führen können. Dieser Kostenanstieg lässt sich aber durch nachfrageseitige Maßnahmen, die zu Energieeinsparungen führen, überkompensieren, so dass im Saldo der Maßnahmen die Energieausgaben sowohl bei Haushalten als auch bei Unternehmen sinken.

Die wichtigsten Treiber der positiven Entwicklung, die durch die Klimaschutzpolitik ausgelöst werden, sind die zusätzlichen Investitionen und die Reduzierung der Energienachfrage durch Effizienzmaßnahmen. Zu den Investitionen gehören z. B. die energetische Sanierung von Wohngebäuden, der Bau alternativer Energieanlagen oder die Entwicklung von und die Investition in effiziente PKW. Diese Investitionen ermöglichen eine Senkung der Energieausgaben, die sich aus zwei Komponenten zusammensetzt: zum Einen der Veränderung der spezifischen Kosten, die die Investitionstätigkeit widerspiegelt und in der Analyse eher geringfügig ins Gewicht fällt, und zum Anderen der Senkung der Energieausgaben durch eine geringere Energienachfrage. Letztere spielt eine zentrale Rolle und wird durch die Effizienzmaßnahmen im weiteren Sinne erzielt. Dazu gehören z. B. die energieeffiziente Sanierung von Wohngebäuden im Bestand, der Neubau von Niedrigenergie- und Passivhäusern, die Markteinführung von hocheffizienten PKW und Elektromobilen, effiziente Kraftwerke, Energiemanagementsysteme und Öko-Design Richtlinie für Industrie- und Dienstleistungssektoren.

Sowohl die Treiber als auch die Dynamiken unterscheiden sich deutlich in den drei untersuchten Maßnahmenpaketen. Kurzfristig entfaltet die Klimateffizienz im Straßenverkehr die größte Dynamik und damit das größte Wachstum bei BIP und Beschäftigung. Dies resultiert vor allem aus dem Investitionsimpuls, der durch die Regulierung der CO₂-Emissionen neuer PKW ausgelöst wird und die Autoindustrie und ihre Zulieferer zur Erhöhung ihrer Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen antreibt sowie den Bau bzw. die Umstellung von Produktionsanlagen erfordert. Mittelfristig ist die Wachstumsdynamik bei der Energieeffizienz der Gebäude am größten. Hier stimuliert der mit Abstand größte Investitionsimpuls zur Verbesserung der Dämm- und Heiztechnik von Gebäuden das Wachstum und die Beschäftigung vor allem im Hoch- und Tiefbau. Die Steigerung der Energieeffizienz der Unternehmen entfaltet die langfristige Dynamik. Sie setzt weniger auf den Investitionsimpuls als auf die kontinuierliche Steigerung der Energieeffizienz durch eine Vielzahl technologischer und organisatorischer Verbesserungen der Energienutzung.

In allen drei Maßnahmenpaketen entstehen kontinuierlich zunehmende Einsparungen der Energieausgaben durch Diffusion der effizienteren Technologien und Organisationsformen in Unternehmen und Haushalten. Dies führt auch zu kontinuierlich sinkenden fossilen Energieträgerimporten und liefert dadurch einen weiteren volkswirtschaftlich positiven Impuls.

Im MesebergPlus Szenario überlagern sich die Dynamiken der drei Maßnahmenpakete und führen so zu einem kontinuierlichen zusätzlichen Wachstum des Bruttoinlandsproduktes, der Einkommen und der Beschäftigung.

Neben den dargestellten positiven ökonomischen Wirkungen müssen zwei weitere Effekte bei der Bewertung der Meseberger Szenarien berücksichtigt werden: zum Einen führen sie zu einer Senkung der deutschen CO₂-Emissionen um -35 bis -40 % bis zum Jahr 2020 und zum Anderen wird die Energiesicherheit in Deutschland deutlich verbessert, da sowohl die Abhängigkeit von fossilen Energieimporten verringert wird als auch die Gesamtnachfrage nach Energie gedämpft wird.

Anhang

Anhang 1: Liste der ökonomischen Sektoren in ASTRA (NACE-CLIO)

Industriesektoren

- Energie, Gas, Wasser
- Eisen- und Nichteisenmetalle
- Nichtmetallische Mineralstoffe
- Chemikalien
- Metall-Produkte außer Maschinen
- Landwirtschafts- und Industriemaschinen
- Optische Instrumente, Bürogeräte und Computer
- Elektronik
- Fahrzeugbau
- Nahrungsmittel, Getränke, Tabak
- Textilien, Lederwaren, Schuhe
- Papier und Printprodukte
- Gummi- und Plastikprodukte
- Sonstige Güter

Dienstleistungssektoren

- Wartung- und Reparaturdienstleistungen., Groß- u. Einzelhandel
- Hotels und Restaurants
- Inlandverkehr
- Seeschifffahrt und Luftverkehr
- Sonstige Verkehrsdienstleistungen. inkl. Logistik und Reisebüro
- Kommunikationsdienstleistungen
- Bank- und Kreditdienstleistungen., Versicherungen
- Sonstige marktbestimmte Dienstleistungen
- Nicht-marktbestimmte Dienstleistungen

Sonstige Sektoren

- Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei
- Hoch- und Tiefbau

Anhang 2: Ergebnistabellen

In den folgenden Ergebnistabellen sind alle Angaben als Veränderung gegenüber dem Referenzszenario dargestellt. Monetäre Angaben sind in konstanten Euro des Bezugsjahres 2005 angegeben.

1. Meseberg Szenario

Tabelle 23: Ergebnistabelle Meseberg Szenario

BIP Komponenten		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Investition	Mio. €	20,282	33,214	35,389	35,382	37,191	39,478	40,463	34,840	34,387	33,495	33,484
Konsum	Mio. €	6,755	11,876	17,651	21,125	24,878	28,485	32,771	38,110	42,298	48,133	55,167
Export	Mio. €	1	137	510	956	1,373	1,807	2,282	2,835	3,476	4,056	4,624

Sektorale Beschäftigung		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	1000 Pers.	-13	-16	-20	-23	-24	-26	-21	-14	-7	1	8
Energie, Erze, Chemie	1000 Pers.	8	32	49	66	78	90	86	71	56	34	11
Investitionsgüter	1000 Pers.	-13	6	12	16	11	8	16	24	37	64	95
Hoch- und Tiefbau	1000 Pers.	32	97	101	92	85	80	81	87	91	97	112
Verkehrsdienstleistungen	1000 Pers.	9	9	9	7	7	6	8	9	10	12	13
Dienstleistungen	1000 Pers.	130	182	228	238	252	265	300	346	375	419	470
Gesamt ⁽¹⁾	1000 Pers.	144	294	353	362	368	377	424	486	531	604	697

Sektoraler Konsum		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	Mio. €	31	66	110	143	172	196	242	286	323	367	418
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	-124	-1,082	-1,504	-2,377	-3,218	-3,779	-5,622	-6,487	-7,242	-8,257	-8,939
Investitionsgüter, Fahrzeuge	Mio. €	2,239	3,921	4,211	3,910	4,040	4,306	3,810	3,819	3,202	3,677	3,902
Konsumgüter	Mio. €	1,070	1,949	3,009	3,839	4,454	4,943	5,232	5,040	4,736	4,345	3,975
Verkehrsdienstleistungen	Mio. €	91	56	61	27	49	69	141	212	272	300	347
Handel und Gastgewerbe	Mio. €	1,446	2,278	3,367	4,167	4,894	5,490	6,605	7,668	8,572	9,543	10,638
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	2,007	4,685	8,403	11,423	14,483	17,253	22,368	27,571	32,427	38,158	44,820
Gesamt	Mio. €	6,760	11,873	17,657	21,131	24,875	28,478	32,777	38,108	42,290	48,133	55,160

Sektorale Investitionen		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	4,151	4,235	4,099	3,970	4,181	4,337	4,380	3,086	3,157	3,158	3,099
Maschinenbau	Mio. €	1,646	4,690	5,602	5,419	6,330	7,461	9,274	7,864	8,258	7,812	7,357
Elektronik, Datenverarbeitung	Mio. €	3,281	4,296	4,161	4,106	4,331	4,146	3,908	2,711	2,527	2,359	2,240
Fahrzeuge	Mio. €	1,411	1,446	1,646	1,677	1,637	1,842	1,467	1,072	837	771	625
Sonstige Gütersektoren	Mio. €	782	1,041	1,021	1,012	1,002	1,021	1,081	557	537	517	526
Hoch- und Tiefbau	Mio. €	6,365	14,677	16,217	16,680	16,950	17,912	17,778	17,302	16,930	16,832	17,607
Finanz- und Planungsdienstl.	Mio. €	2,037	1,447	945	560	667	694	782	766	724	679	677
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	610	1,382	1,697	1,958	2,093	2,065	1,794	1,482	1,417	1,366	1,354
Gesamt	Mio. €	20,283	33,215	35,389	35,382	37,191	39,477	40,463	34,841	34,386	33,495	33,485

Sektorale Bruttowertschöpfung		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	Mio. €	-356	-386	-454	-521	-573	-622	-510	-298	-139	47	219
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	3,740	7,040	9,644	12,447	15,109	17,558	16,306	11,795	8,497	3,952	-462
Investitionsgüter, Fahrzeuge	Mio. €	-1,372	172	-452	-970	-1,981	-2,753	-2,724	-1,899	-863	1,518	4,150
Konsumgüter	Mio. €	1,102	1,440	1,841	2,043	2,383	2,714	3,351	3,782	4,304	4,791	5,230
Hoch- und Tiefbau	Mio. €	2,201	6,014	6,129	5,690	5,567	5,527	5,676	5,697	6,073	6,384	7,166
Verkehrsdienstleistungen	Mio. €	-113	-438	-965	-1,615	-2,103	-2,561	-2,448	-1,759	-1,295	-603	127
Handel und Gastgewerbe	Mio. €	1,222	1,919	2,455	2,616	2,910	3,150	3,865	4,601	5,488	6,376	7,254
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	11,281	13,857	16,870	17,939	20,233	22,676	25,937	27,708	30,428	33,645	37,396
Gesamt	Mio. €	17,706	29,617	35,067	37,630	41,544	45,689	49,451	49,627	52,493	56,110	61,081

Staatshaushalt		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Programmkosten	Mio. €	1,115	1,269	1,424	1,412	1,229	1,045	997	943	895	847	799
Mineralölsteuereinnahmen	Mio. €	-799	-2,082	-2,840	-3,609	-4,124	-4,633	-5,020	-5,495	-5,940	-6,353	-6,783
Indirekte Steuern	Mio. €	161	-349	-240	-462	-378	-298	18	384	602	1,109	1,752
Einkommenssteuern	Mio. €	952	1,754	2,455	3,002	3,571	4,155	4,798	5,451	5,972	6,532	7,064
Transfers an Haushalte	Mio. €	-1,416	-2,980	-3,137	-2,621	-2,020	-1,444	-1,298	-1,286	-1,131	-1,225	-1,511
Saldo Staatshaushalt	Mio. €	1,414	3,117	3,928	3,749	3,985	4,256	5,117	6,178	6,809	8,019	9,527

Energieausgaben		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Haushalte												
Strom	%	-2.3	-5.3	-7.4	-10.7	-12.3	-13.3	-21.7	-24.1	-26.2	-28.0	-29.2
Heizung	%	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0	0.5	-0.5	-1.4	-2.3	-3.3	-4.2
Kraftstoffe	%	-3.4	-8.0	-10.6	-12.9	-14.6	-16.2	-16.9	-17.8	-18.6	-19.4	-20.1
Industrie												
Strom	%	6.1	6.3	6.6	7.6	6.7	5.3	7.7	-6.9	-8.1	-10.0	-11.1
Heizung	%	-0.1	-0.5	-1.3	-2.3	-3.4	-4.5	-5.6	-6.2	-6.7	-7.2	-7.6

Quelle: eigene Berechnungen. Angaben als Veränderung gegenüber dem Referenzszenario in ASTRA.
 (1) Inklusive des Sektors der nicht-marktbestimmten Dienstleistungen z.B. durch die öffentliche Hand.

2. MesebergPlus Szenario

Tabelle 24: Ergebnistabelle MesebergPlus Szenario

BIP Komponenten		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Investition	Mio. €	17,343	36,295	45,486	48,889	53,080	52,362	53,149	48,397	46,880	42,295	40,513
Konsum	Mio. €	7,542	13,571	19,588	26,839	33,873	39,308	44,368	51,426	58,278	66,329	73,847
Export	Mio. €	-1,445	-6,647	-8,926	-9,916	-10,364	-10,567	-10,535	-10,194	-9,639	-9,285	-9,007
Sektorale Beschäftigung		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	1000 Pers.	-9	-15	-25	-31	-30	-25	-13	1	13	26	39
Energie, Erze, Chemie	1000 Pers.	11	19	11	7	4	6	-4	-23	-44	-74	-104
Investitionsgüter	1000 Pers.	-5	19	29	50	52	66	80	89	109	140	166
Hoch- und Tiefbau	1000 Pers.	12	92	130	146	153	147	144	148	154	160	172
Verkehrsdienstleistungen	1000 Pers.	27	27	33	36	38	38	39	40	39	39	39
Dienstleistungen	1000 Pers.	108	173	274	326	388	426	482	554	607	665	718
Gesamt ⁽¹⁾	1000 Pers.	136	301	433	508	578	630	707	798	879	970	1,055
Sektoraler Konsum		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	Mio. €	57	94	133	174	214	246	305	369	430	496	561
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	-2,862	-2,914	-1,565	-47	1,166	1,522	-528	-2,150	-3,930	-5,752	-7,239
Investitionsgüter, Fahrzeuge	Mio. €	2,260	4,116	3,827	4,154	4,438	4,775	3,964	4,006	3,596	4,276	4,359
Konsumgüter	Mio. €	1,315	2,020	2,688	3,241	3,429	3,270	2,837	2,003	1,022	-245	-1,708
Verkehrsdienstleistungen	Mio. €	1,751	1,669	1,639	1,628	1,708	1,782	1,920	2,086	2,372	2,582	2,728
Handel und Gastgewerbe	Mio. €	1,352	2,149	3,084	4,065	5,034	5,849	7,267	8,828	10,458	12,034	13,477
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	3,677	6,441	9,782	13,632	17,876	21,855	28,607	36,288	44,328	52,940	61,666
Gesamt	Mio. €	7,550	13,574	19,589	26,845	33,866	39,298	44,372	51,429	58,277	66,333	73,845
Sektorale Investitionen		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	3,430	4,862	6,370	7,231	7,877	7,663	7,329	5,785	5,521	5,109	4,651
Maschinenbau	Mio. €	645	4,546	5,813	5,303	7,091	7,436	10,330	10,048	10,370	8,972	8,462
Elektronik, Datenverarbeitung	Mio. €	3,587	4,983	5,395	5,503	6,130	5,901	5,896	5,168	5,049	4,418	4,343
Fahrzeuge	Mio. €	1,841	2,522	3,057	3,009	2,689	2,380	1,837	1,482	1,186	988	509
Sonstige Gütersektoren	Mio. €	663	1,121	1,352	1,512	1,549	1,516	1,492	900	829	754	692
Hoch- und Tiefbau	Mio. €	4,582	15,225	20,551	23,457	24,325	24,319	23,015	21,861	20,913	19,246	19,144
Finanz- und Planungsdienstl.	Mio. €	1,997	1,454	748	239	584	457	839	1,042	994	917	891
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	598	1,584	2,198	2,634	2,835	2,691	2,412	2,111	2,018	1,891	1,821
Gesamt	Mio. €	17,343	36,296	45,485	48,888	53,080	52,362	53,150	48,397	46,880	42,295	40,513
Sektorale Bruttowertschöpfung		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	Mio. €	-234	-428	-589	-666	-638	-523	-256	45	288	523	754
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	3,863	5,384	3,873	2,748	1,418	198	-3,101	-7,001	-10,991	-15,809	-20,817
Investitionsgüter, Fahrzeuge	Mio. €	-814	1,449	462	1,053	395	994	1,707	2,432	4,050	6,599	9,086
Konsumgüter	Mio. €	988	1,752	2,455	2,830	3,403	3,972	4,730	5,060	5,499	5,870	6,234
Hoch- und Tiefbau	Mio. €	850	6,531	8,056	8,454	8,804	8,707	8,586	8,094	8,323	8,573	9,262
Verkehrsdienstleistungen	Mio. €	144	98	-247	-647	-633	-507	81	879	1,522	2,264	3,085
Handel und Gastgewerbe	Mio. €	1,083	2,201	3,070	3,465	4,136	4,874	5,997	6,795	7,851	8,931	10,113
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	9,130	14,846	20,612	23,210	27,769	31,395	35,411	37,039	39,881	43,360	47,936
Gesamt	Mio. €	15,011	31,834	37,692	40,447	44,655	49,109	53,153	53,343	56,423	60,310	65,654
Staatshaushalt		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Programmkosten	Mio. €	1,115	1,269	1,424	1,412	1,229	1,045	997	943	895	847	799
Mineralölsteuererinnahmen	Mio. €	-3,683	-4,768	-5,298	-5,977	-6,356	-6,800	-7,164	-7,632	-8,075	-8,490	-8,953
Indirekte Steuern	Mio. €	-2,723	-2,881	-2,425	-1,981	-1,249	-817	-341	303	887	1,684	2,358
Einkommenssteuern	Mio. €	781	1,663	2,691	3,539	4,421	5,174	5,939	6,784	7,517	8,209	8,791
Transfers an Haushalte	Mio. €	-1,447	-3,171	-4,133	-4,313	-4,278	-4,035	-4,056	-4,109	-4,058	-4,080	-4,045
Saldo Staatshaushalt	Mio. €	-1,610	684	2,975	4,460	6,221	7,347	8,656	10,252	11,567	13,126	14,395
Energieausgaben		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Haushalte												
Strom	%	-1.1	-3.5	-4.5	-7.5	-9.4	-9.8	-16.5	-17.5	-19.2	-19.6	-20.4
Heizung ⁽²⁾	%	-7.8	-2.5	12.8	33.7	51.9	58.0	50.4	36.9	24.4	13.8	4.0
Kraftstoffe	%	-14.0	-17.8	-19.9	-21.6	-22.9	-24.2	-24.5	-25.2	-25.4	-25.7	-26.1
Industrie												
Strom	%	6.0	6.2	5.8	6.7	4.6	0.0	1.4	-12.5	-14.0	-17.7	-19.5
Heizung	%	-0.1	-1.2	-2.9	-5.4	-8.0	-10.4	-13.0	-14.5	-15.7	-17.1	-18.0

Quelle: eigene Berechnungen. Angaben als Veränderung gegenüber dem Referenzszenario in ASTRA

(1) Inklusive des Sektors der nicht-marktbestimmten Dienstleistungen z.B. durch die öffentliche Hand.

(2) Angaben inklusive der vollen Finanzierungskosten für energetische Gebäudesanierungsmaßnahmen.

3. Maßnahmenpaket Energieeffizienz in Unternehmen

Tabelle 25: Ergebnistabelle Maßnahmenpaket Energieeffizienz in Unternehmen (MaP 1)

BIP Komponenten		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Investition	Mio. €	1,401	2,499	3,286	3,523	4,741	5,391	6,253	8,346	9,247	9,601	10,196
Konsum	Mio. €	642	1,295	2,433	3,813	5,387	7,845	10,593	13,958	18,341	22,941	27,783
Export	Mio. €	-1	12	38	73	117	185	314	550	849	1,174	1,501
Sektorale Beschäftigung		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	1000 Pers.	0	2	4	8	13	19	26	34	42	50	58
Energie, Erze, Chemie	1000 Pers.	-2	-5	-11	-20	-32	-48	-67	-89	-113	-139	-169
Investitionsgüter	1000 Pers.	1	5	11	21	34	49	67	87	107	128	144
Hoch- und Tiefbau	1000 Pers.	2	5	9	16	24	34	47	62	79	98	117
Verkehrsdienstleistungen	1000 Pers.	1	3	4	6	7	10	12	14	16	17	18
Dienstleistungen	1000 Pers.	17	34	61	92	126	174	223	280	341	398	457
Gesamt ⁽¹⁾	1000 Pers.	22	47	86	134	188	262	340	428	521	611	696
Sektoraler Konsum		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	Mio. €	8	16	29	43	60	83	108	137	173	213	256
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	51	80	95	74	11	-53	-128	-184	-202	-267	-321
Investitionsgüter, Fahrzeuge	Mio. €	60	145	201	235	294	404	501	577	751	941	1,107
Konsumgüter	Mio. €	72	45	-109	-450	-998	-1,674	-2,529	-3,504	-4,561	-5,762	-7,127
Verkehrsdienstleistungen	Mio. €	11	22	49	84	127	209	285	374	478	518	558
Handel und Gastgewerbe	Mio. €	104	219	472	811	1,220	1,787	2,426	3,168	4,044	4,905	5,783
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	346	771	1,701	3,011	4,673	7,081	9,925	13,387	17,653	22,387	27,524
Gesamt	Mio. €	651	1,298	2,437	3,810	5,387	7,836	10,589	13,955	18,336	22,937	27,780
Sektorale Investitionen		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	89	151	204	211	283	322	367	502	546	546	581
Maschinenbau	Mio. €	539	953	1,274	1,320	1,761	1,979	2,272	3,092	3,349	3,342	3,534
Elektronik, Datenverarbeitung	Mio. €	456	717	939	997	1,381	1,532	1,714	2,278	2,508	2,545	2,627
Fahrzeuge	Mio. €	-8	-28	-98	-204	-331	-432	-637	-858	-1,121	-1,435	-1,771
Sonstige Gütersektoren	Mio. €	1	7	9	13	17	19	27	33	42	52	58
Hoch- und Tiefbau	Mio. €	145	392	548	748	1,036	1,301	1,736	2,263	2,773	3,368	3,910
Finanz- und Planungsdienstl.	Mio. €	69	120	159	170	229	256	296	397	439	451	476
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	110	188	251	268	365	413	476	641	710	732	780
Gesamt	Mio. €	1,401	2,500	3,285	3,522	4,742	5,391	6,252	8,347	9,246	9,601	10,197
Sektorale Bruttowertschöpfung		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	Mio. €	13	42	91	149	249	343	454	603	736	863	996
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	-505	-1,450	-2,671	-4,046	-6,524	-8,868	-11,735	-15,682	-19,260	-23,065	-27,339
Investitionsgüter, Fahrzeuge	Mio. €	48	251	604	1,098	1,982	2,834	3,955	5,493	6,990	8,574	10,125
Konsumgüter	Mio. €	144	311	515	705	1,025	1,334	1,666	2,122	2,495	2,775	3,016
Hoch- und Tiefbau	Mio. €	127	318	543	787	1,221	1,658	2,239	3,058	3,860	4,711	5,654
Verkehrsdienstleistungen	Mio. €	180	411	631	841	1,234	1,578	2,006	2,621	3,190	3,788	4,443
Handel und Gastgewerbe	Mio. €	341	709	1,089	1,422	2,018	2,581	3,235	4,183	5,041	5,858	6,742
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	1,209	2,312	3,589	4,696	6,610	8,778	11,269	15,034	18,640	22,216	26,478
Gesamt	Mio. €	1,557	2,903	4,391	5,652	7,815	10,238	13,089	17,433	21,691	25,720	30,116
Staatshaushalt		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Programmkosten	Mio. €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineralölsteuereinnahmen	Mio. €	0	0	-5	-15	-32	-60	-93	-136	-189	-254	-332
Indirekte Steuern	Mio. €	107	209	380	576	792	1,127	1,501	1,960	2,558	3,188	3,841
Einkommenssteuern	Mio. €	99	182	294	420	538	715	916	1,174	1,494	1,788	2,079
Transfers an Haushalte	Mio. €	-259	-565	-1,042	-1,603	-2,221	-2,999	-3,744	-4,477	-5,139	-5,683	-6,097
Saldo Staatshaushalt	Mio. €	465	956	1,717	2,599	3,551	4,841	6,162	7,611	9,191	10,658	12,016
Energieausgaben		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Haushalte												
Strom	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Heizung	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kraftstoffe	%	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1
Industrie												
Strom	%	-0.2	-0.2	-1.5	-3.0	-4.2	-6.4	-7.9	-10.3	-12.9	-15.6	-17.9
Heizung	%	-0.1	-1.2	-3.0	-5.4	-8.0	-10.5	-13.1	-14.7	-16.0	-17.4	-18.4

Quelle: eigene Berechnungen. Angaben als Veränderung gegenüber dem Referenzszenario in ASTRA.

(1) Inklusive des Sektors der nicht-marktbestimmten Dienstleistungen z.B. durch die öffentliche Hand.

4. Maßnahmenpaket energieeffiziente Gebäude

Tabelle 26: Ergebnistabelle Maßnahmenpaket energieeffiziente Gebäude (MaP 2)

BIP Komponenten		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Investition	Mio. €	4,548	13,721	24,035	30,763	32,551	30,404	27,239	25,004	23,551	22,092	20,292
Konsum	Mio. €	1,150	2,796	7,348	12,167	16,488	18,813	19,818	20,508	21,803	23,280	24,938
Export	Mio. €	-1	17	58	148	271	419	588	824	1,067	1,283	1,477
Sektorale Beschäftigung		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	1000 Pers.	-3	-8	-15	-20	-22	-21	-19	-16	-15	-13	-11
Energie, Erze, Chemie	1000 Pers.	-1	5	12	21	29	26	20	16	15	15	19
Investitionsgüter	1000 Pers.	2	4	8	12	13	13	11	11	11	14	24
Hoch- und Tiefbau	1000 Pers.	16	42	84	114	126	116	101	86	77	70	61
Verkehrsdienstleistungen	1000 Pers.	2	6	14	19	21	20	17	14	12	11	9
Dienstleistungen	1000 Pers.	21	49	110	162	195	207	202	193	187	183	176
Gesamt ⁽¹⁾	1000 Pers.	39	98	213	309	362	358	328	297	278	269	265
Sektoraler Konsum		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	Mio. €	20	29	51	68	83	92	101	112	127	144	159
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	-1,107	-847	716	2,904	4,880	5,602	5,101	3,791	2,331	966	-339
Investitionsgüter, Fahrzeuge	Mio. €	132	326	664	858	926	893	776	807	972	1,151	1,294
Konsumgüter	Mio. €	307	460	792	1,068	1,302	1,444	1,582	1,754	1,990	2,251	2,496
Verkehrsdienstleistungen	Mio. €	47	64	103	123	169	213	238	267	305	277	300
Handel und Gastgewerbe	Mio. €	448	677	1,178	1,606	1,959	2,165	2,362	2,601	2,936	3,231	3,562
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	1,311	2,091	3,853	5,536	7,164	8,398	9,665	11,176	13,143	15,265	17,459
Gesamt	Mio. €	1,156	2,801	7,356	12,164	16,484	18,807	19,824	20,507	21,803	23,284	24,932
Sektorale Investitionen		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	781	2,323	4,062	5,135	5,455	5,139	4,627	4,201	3,845	3,444	3,018
Maschinenbau	Mio. €	625	1,927	3,361	4,370	4,654	4,354	3,856	3,493	3,246	3,004	2,731
Elektronik, Datenverarbeitung	Mio. €	251	800	1,394	1,853	1,974	1,833	1,596	1,435	1,342	1,266	1,171
Fahrzeuge	Mio. €	310	766	1,360	1,246	967	639	666	757	871	909	802
Sonstige Gütersektoren	Mio. €	124	378	661	851	904	846	752	680	626	572	511
Hoch- und Tiefbau	Mio. €	2,165	6,622	11,616	15,244	16,390	15,525	13,909	12,773	12,064	11,446	10,727
Finanz- und Planungsdienstl.	Mio. €	84	266	464	618	660	614	537	485	456	432	403
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	210	640	1,117	1,448	1,546	1,454	1,298	1,181	1,101	1,020	930
Gesamt	Mio. €	4,549	13,722	24,035	30,763	32,551	30,404	27,238	25,004	23,551	22,093	20,293
Sektorale Bruttowertschöpfung		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	Mio. €	-81	-243	-429	-529	-554	-501	-435	-379	-332	-285	-226
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	-221	-1,481	-3,581	-5,164	-6,139	-5,934	-5,173	-4,181	-3,132	-2,129	-935
Investitionsgüter, Fahrzeuge	Mio. €	136	15	184	200	-65	-240	-243	-129	69	425	1,261
Konsumgüter	Mio. €	294	809	1,463	1,917	2,133	2,093	1,966	1,881	1,854	1,809	1,712
Hoch- und Tiefbau	Mio. €	1,106	3,446	6,088	7,798	8,355	7,664	6,693	5,886	5,344	4,860	4,191
Verkehrsdienstleistungen	Mio. €	-10	-22	-20	62	130	167	158	117	71	46	57
Handel und Gastgewerbe	Mio. €	431	1,096	1,934	2,591	2,950	2,967	2,847	2,768	2,765	2,727	2,621
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	1,983	6,938	14,439	20,633	24,679	25,479	24,612	23,626	23,005	22,341	21,144
Gesamt	Mio. €	3,638	10,559	20,078	27,508	31,489	31,696	30,425	29,589	29,643	29,793	29,826
Staatshaushalt		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Programmkosten	Mio. €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineralölsteuereinnahmen	Mio. €	37	94	224	337	386	380	359	330	301	276	251
Indirekte Steuern	Mio. €	231	571	1,447	2,344	3,094	3,480	3,660	3,787	4,005	4,267	4,526
Einkommenssteuern	Mio. €	197	505	1,157	1,850	2,448	2,818	3,087	3,341	3,628	3,897	4,120
Transfers an Haushalte	Mio. €	-441	-1,071	-2,197	-2,896	-2,968	-2,407	-1,579	-775	-136	364	751
Saldo Staatshaushalt	Mio. €	869	2,148	4,801	7,089	8,511	8,705	8,325	7,903	7,768	7,800	7,896
Energieausgaben		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Haushalte												
Strom	%	-1.8	-2.9	-4.0	-5.7	-6.8	-7.9	-9.1	-10.2	-11.3	-12.4	-13.6
Heizung	%	-8.5	-10.8	-14.2	-18.5	-23.5	-28.7	-33.6	-38.4	-42.5	-46.0	-49.3
Heizung inkl. volle Finanzierung	%	-7.8	-2.5	12.7	33.6	51.6	57.7	49.9	36.4	23.7	13.0	3.1
Kraftstoffe	%	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	-0.1	-0.1
Industrie												
Strom	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Heizung	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Quelle: eigene Berechnungen. Angaben als Veränderung gegenüber dem Referenzszenario in ASTRA.

(1) Inklusive des Sektors der nicht-marktbestimmten Dienstleistungen z.B. durch die öffentliche Hand.

5. Maßnahmenpaket Klimaeffizienz Straßenverkehr

Tabelle 27: Ergebnistabelle Maßnahmenpaket Klimaeffizienz Straßenverkehr (MaP 3)

BIP Komponenten		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Investition	Mio. €	5,845	14,773	14,318	12,966	12,611	12,619	12,217	11,343	10,037	9,474	9,021
Konsum	Mio. €	5,012	9,031	10,423	13,147	15,568	17,227	18,752	20,156	22,457	24,369	26,209
Export	Mio. €	-1,442	-6,669	-9,000	-10,083	-10,657	-11,018	-11,214	-11,196	-11,056	-11,113	-11,246

Sektorale Beschäftigung		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	1000 Pers.	1	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9
Energie, Erze, Chemie	1000 Pers.	4	11	12	11	11	11	10	8	7	4	2
Investitionsgüter	1000 Pers.	0	18	22	24	26	29	30	32	33	35	33
Hoch- und Tiefbau	1000 Pers.	2	56	57	51	49	48	44	38	33	28	27
Verkehrsdienstleistungen	1000 Pers.	22	18	16	15	14	14	14	14	14	14	14
Dienstleistungen	1000 Pers.	52	77	97	101	104	113	129	138	151	158	167
Gesamt ⁽¹⁾	1000 Pers.	80	181	203	201	203	215	229	232	241	244	250

Sektoraler Konsum		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	Mio. €	33	54	73	97	116	128	143	152	167	175	187
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	-2,269	-2,316	-2,532	-3,075	-3,510	-4,005	-4,199	-4,500	-4,717	-4,933	-5,108
Investitionsgüter, Fahrzeuge	Mio. €	2,016	3,628	2,978	3,125	3,362	3,537	2,771	2,463	1,937	2,164	2,081
Konsumgüter	Mio. €	375	600	773	1,037	1,207	1,253	1,333	1,304	1,343	1,252	1,167
Verkehrsdienstleistungen	Mio. €	1,706	1,609	1,545	1,519	1,503	1,558	1,610	1,714	1,884	1,962	1,983
Handel und Gastgewerbe	Mio. €	875	1,390	1,861	2,457	2,926	3,265	3,676	4,031	4,565	4,853	5,124
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	2,282	4,062	5,725	7,995	9,964	11,489	13,419	14,994	17,269	18,893	20,770
Gesamt	Mio. €	5,018	9,027	10,423	13,155	15,567	17,225	18,753	20,158	22,449	24,367	26,204

Sektorale Investitionen		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	1,215	1,123	1,027	968	1,023	894	743	817	873	876	877
Maschinenbau	Mio. €	-1,676	890	1,650	1,631	1,545	1,618	2,544	2,406	2,678	2,352	2,077
Elektronik, Datenverarbeitung	Mio. €	1,592	2,220	1,730	1,346	1,284	1,159	978	829	600	529	479
Fahrzeuge	Mio. €	1,057	1,470	1,389	1,416	1,437	1,487	1,219	1,080	890	950	918
Sonstige Gütersektoren	Mio. €	44	277	273	243	231	221	185	163	123	111	102
Hoch- und Tiefbau	Mio. €	1,806	7,226	7,198	6,633	6,405	6,633	6,105	5,684	4,658	4,495	4,444
Finanz- und Planungsdienstl.	Mio. €	1,735	1,111	634	363	340	283	185	145	68	42	22
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	71	456	418	365	346	324	259	220	144	120	105
Gesamt	Mio. €	5,845	14,773	14,317	12,965	12,611	12,620	12,218	11,344	10,035	9,474	9,023

Sektorale Bruttowertschöpfung		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Landwirtschaft	Mio. €	15	22	31	50	72	90	107	125	149	174	200
Energie, Erze, Chemie	Mio. €	902	1,091	785	681	555	386	86	-275	-645	-1,195	-1,793
Investitionsgüter, Fahrzeuge	Mio. €	158	2,171	1,440	1,303	1,458	1,624	1,374	1,417	1,251	1,410	1,272
Konsumgüter	Mio. €	528	654	768	928	1,111	1,254	1,403	1,521	1,688	1,850	2,024
Hoch- und Tiefbau	Mio. €	138	2,963	2,627	2,510	2,619	2,640	2,410	2,168	1,944	1,784	1,796
Verkehrsdienstleistungen	Mio. €	376	399	199	-41	-207	-360	-431	-531	-644	-673	-629
Handel und Gastgewerbe	Mio. €	675	1,027	1,205	1,427	1,683	1,877	2,091	2,252	2,504	2,737	2,952
Sonstige Dienstleistungen	Mio. €	4,306	4,589	4,811	5,225	5,919	6,681	7,853	8,629	9,914	11,048	12,260
Gesamt	Mio. €	7,097	12,917	11,866	12,083	13,209	14,193	14,892	15,306	16,160	17,135	18,080

Staatshaushalt		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Programmkosten	Mio. €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineralölsteuereinnahmen	Mio. €	-3,803	-4,969	-5,648	-6,456	-6,877	-7,313	-7,633	-8,027	-8,368	-8,674	-9,014
Indirekte Steuern	Mio. €	-3,282	-3,868	-4,329	-4,750	-4,824	-5,018	-5,104	-5,310	-5,354	-5,396	-5,463
Einkommenssteuern	Mio. €	301	797	1,105	1,298	1,499	1,719	1,960	2,174	2,402	2,583	2,738
Transfers an Haushalte	Mio. €	-1,001	-2,096	-2,092	-1,806	-1,550	-1,426	-1,276	-1,010	-792	-545	-351
Saldo Staatshaushalt	Mio. €	-1,979	-976	-1,132	-1,646	-1,776	-1,873	-1,868	-2,126	-2,161	-2,267	-2,374

Energieausgaben		2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	2030
Haushalte												
Strom	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Heizung	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kraftstoffe	%	-14.0	-17.9	-20.0	-21.8	-23.1	-24.2	-24.5	-24.9	-25.1	-25.4	-25.8
Industrie												
Strom	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Heizung	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Quelle: eigene Berechnungen. Angaben als Veränderung gegenüber dem Referenzszenario in ASTRA.

(1) Inklusive des Sektors der nicht-marktbestimmten Dienstleistungen z.B. durch die öffentliche Hand.

Literaturverzeichnis

- Adger W. (2006): "Vulnerability". In: *Global Environmental Change*, Elsevier, Band 16, Heft 3, S. 268-281.
- Aghion P. und Howitt P. (1998): "Endogenous Growth Theory". MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- BMVBS, BBR (2007): "Grundlagen für die Entwicklung von Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudebestand. Untersuchung über die bautechnische Struktur und den Ist-Zustand des Gebäudebestandes in Deutschland". Bundesamt für Bauordnung und Raumwesen (BBR), http://www.bbr.bund.de/cIn_007/nn_23582/DE/Veroeffentlichungen/BBR-Online/2007/DL_ON222007,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/DL_ON222007.pdf, 30.04.2008.
- Bundesregierung (2007): "Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm". Beschluss der Bundesregierung auf der Klausurtagung in Meseberg.
- Dekra (2008): "Auswertung Immobilienwirtschaftlicher Daten zu Einfamilienhäusern", Saarbrücken.
- Destatis (2006): "Die Nutzung von Umweltressourcen durch die Konsumaktivitäten der privaten Haushalte". Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnung.
- Diefenbach N., Enseling A., Loga T., Hertle H., Jahn D., Duscha M. (2005): "Beiträge der EnEV und des KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramms zum Nationalen Klimaschutzprogramm". Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- Dietz S. und Stern N. (2008): "Why Economy Analysis Supports Strong Action on Climate Change: A Response to the Stern Review's Critique". *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 2, Issue 1, pp. 94-113.
- EUtech Energie & Management GmbH (2008): "NRW-Klima2020 – Beitrag Nordrhein-Westfalens zur Erreichung des nationalen Klimaschutzziels".
- EWI, Prognos (2006): "Auswirkungen höherer Ölpreise auf Energieangebot und -nachfrage. Ölpreisvariante der Energiewirtschaftlichen Referenzprognose 2030". Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Köln, Basel.
- Fischer H., Lichtblau K., Meyer B., Scheelhaase J. (2004): "Wachstums- und Beschäftigungsimpulse rentabler Materialeinsparungen". Wirtschaftsdienst, Heft Nr. 4, S. 247-254.
- Fraunhofer-ISI (2006): "Energieverluste im Energieflussdiagramm Deutschland". 2004, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe.
- Foley D. (2007): "The economic fundamentals of global warming". Workshop on the economic analysis of global warming.
- Giljum S. (2007): "Modelling Scenarios towards a sustainable use of natural resources". SERI Working Paper No. 4.

- Heal G. (2008): "Climate Economics: a meta-review and some suggestions". NBER Working Paper Series, No. 13927.
- Hillebrand B., Buttermann H. G., Behringer J. M., Bleuel M. (2005): "The expansion of renewable energies and employment effects in Germany". Energy Policy, Vol. 34, pp. 3484-3494.
- IEA (2006): "World energy outlook 2006". International Energy Agency (IEA), Paris.
- IPCC SRES (2000): "Special Report on Emissions Scenarios". The Hague, COP 6.
- IPCC WGII (2007): "Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability".. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC WGIII (2007): "Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change". Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- ISI, FZJ, ÖI, CEPE (2008) IEKP-Mikro: "Wirtschaftlicher Nutzen des Klimaschutzes". Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Forschungszentrum Jülich, Öko-Institut, Centre for Energy Policy and Economics an der ETH Zürich, Karlsruhe, Jülich, Berlin, Zürich.
- Jochem E., Jäger C., Battaglini A., Köwener D., Schade W. et al. (2008): "Investitionen für ein klimafreundliches Deutschland." Endbericht des KlimInvest 2020 Projektes im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Karlsruhe, Berlin.
- Kammen D., Kapadia K., Fripp M. (2004): "Putting renewables to work: How many jobs can the clean energy industry create?" RAEL Report, University of California, Berkeley.
- Kemfert C. und Tol R. (2001): "Equity, International Trade and Climate Policy". Working Papers, Universität Hamburg.
- Kleemann M. und Hansen P. (2005): "Evaluierung der CO₂- Minderungsmaßnahmen im Gebäudebereich". Forschungszentrum Jülich GmbH für das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR).
- Kleemann M. (2006): „Verdopplung des Modernisierungstempos bis 2020“ im Auftrag des BDH.
- Kleißmann C. (2008): "Erreicht das integrierte Klima- und Energiepaket der Bundesregierung die gesetzten Einsparziele?". Kurzgutachten, Bundestagsfraktion Bündnis '90/DIE GRÜNEN.
- Krail M., Schade W., Fiorello D., Fermi F., Martino A., Christidis P., Schade B., Purwanto J., Helfrich N., Scholz A., Kraft M. (2007): "Outlook for Global Transport and Energy Demand". Deliverable 3 des Forschungsprojektes TRIAS (Sustainability Impact Assessment of Strategies Integrating Transport, Technology and Energy Scenarios) im Auftrag der Europäischen Kommission, Karlsruhe, Deutschland.
- Laughlin P. und Dietz T. (2008): "Structure, agency and environment: Toward an integrated perspective on vulnerability", Global Environmental Change: Elsevier, 99-111.

- Lutz C. und Meyer B. (2008): "Beschäftigungseffekte des Klimaschutzes in Deutschland". Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS), Bericht zum Ufoplan-Vorhaben 205 46 343 (FKZ) des Umweltbundesamtes.
- Meyer-Krahmer F. (2004): „Vorreiter-Märkte und Innovation“. in: Steinmeier, F.W.; Machnig, M. (Hrsg.): *Made in Deutschland 21*, Hamburg, S. 95-110.
- Öl, FZJ, DIW, ISI (2008) PSz-IV: "Politiksznarien für den Klimaschutz IV - Szenarien bis 2030 für den Projektionsbericht 2007". Öko-Institut, Forschungszentrum Jülich, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Berlin, Jülich, Karlsruhe.
- Prognos (1999): "Mehr Arbeitsplätze durch ökologisches Wirtschaften? Eine Untersuchung für Deutschland, die Schweiz und Österreich". Gutachten im Auftrag von Greenpeace, Hamburg.
- Schade W. (2005): "Strategic Sustainability Analysis: Concept and application for the assessment of European Transport Policy". Nomos Verlag, Baden-Baden.
- Schade W., Helfrich N., Wietschel M., Krail M., Scholz A., Kraft M., Fiorello D., Fermi F., Martino A., Schade B., Purwanto J., Wiesenthal T., Christidis P. (2008): "Alternative Pathways for Transport, Technology and Energy to promote sustainability in the EU". Deliverable 4 des TRIAS Projektes (Sustainability Impact Assessment of Strategies Integrating Transport, Technology and Energy Scenarios), gefördert durch die Europäische Kommission im 6. Forschungsrahmenprogramm, Karlsruhe. <http://www.isi.fraunhofer.de/trias/deliverables.htm>.
- Smit B. und Wandel J. (2006): "Adaptation, adaptive capacity and vulnerability". *Global Environmental Change*: Elsevier, 282-292.
- Stern N. (2007): "The Economics of Climate Change". The Stern Review, Cambridge University Press, Cambridge.
- Stern N. (2008): "The Economics of Climate Change". *American Economic Review*, Vol. 98:2, pp. 1-37.
- TNO Science and Industry (2006): "Review and analysis of the reduction potential and costs of technological and other measures to reduce CO₂-emissions from passenger cars". Studie im Auftrag der Europäischen Kommission, Delft.
- Walz R. (2006): "Increasing Renewable Energy in Europe – Impacts on Competitiveness and Lead Markets". In: *Energy & Environment*, Vol. 17 (2006), Nr. 6, S. 951-975.
- Walz R. und Schleich J. (2008): "The Economics of Climate Change Policies Macroeconomic Effects, Structural Adjustments and Technological Change". Springer Verlag, Berlin.
- Walz R., Ostertag K., Doll C., Eichhammer W., Frietsch, R., Helfrich N., Marscheider-Weidemann F., Sartorius C., Fichter K., Beucker S., Schug H., Eickenbusch H., Zweck A., Grimm V., Luther W. (2008): "Zukunftsmarkt Umwelt. Innovative Umweltpolitik in wichtigen Handlungsfeldern". Schriftenreihe Umwelt - Innovation - Beschäftigung, Band 3-2008, Berlin.

Weyant J. (2008): "A Critique of the Stern Review's Mitigation Cost Analyses and Integrated Assessment". *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 2:1, pp. 77-93.

ZSW, DLR, DIW, GSW (2006): "Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte – Wirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt". Studie im Auftrag des BMU, Berlin, Darmstadt.