

Reihe KLIMOPASS-Berichte

Projektnr.: 4500188610/23

Energie- und gesamtwirtschaftliche Effekte des
Klimawandels in Baden-Württemberg
- Untersuchung der Auswirkungen des
Klimawandels auf die Ökonomie

von R. Beestermöller, U. Fahl

Finanziert mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg

Oktober 2015

KLIMOPASS

Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg

Grundlagenforschung zu regionalen Klimafolgen



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
KONTAKT KLIMOPASS	LUBW Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel; Dr. Kai Höpker, Tel.:0721/56001465, Kai.Hoepker@lubw.bwl.de Daniel Schulz-Engler, Tel.:0721/56001554, daniel.schulz-engler@lubw.bwl.de , klimopass@lubw.bwl.de
FINANZIERUNG	Gefördert im Rahmen des Forschungsprogramms KLIMOPASS - Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg aus Mitteln der Zukunftsoffensive III
BEARBEITUNG UND VERANTWORTLICH FÜR DEN INHALT	Dr. Ulrich Fahl, Robert Beestermöller Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, Abteilung Energiewirtschaft und Systemtechnische Analysen (ESA), Heß- brühlstr. 49a, 70565 Stuttgart http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/
BEZUG	ID Umweltbeobachtung U83-W03-N19
STAND	Januar 2015, Internetausgabe Oktober 2015

Verantwortlich für den Inhalt sind die Autorinnen und Autoren. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Nachdruck für kommerzielle Zwecke - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VII
Das Wichtigste in Kürze	IX
1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Grundlagen	3
2.1 Klimawandel und -anpassung in Baden-Württemberg	3
2.2 Politischer Rahmen für Klimaschutz und Klimaanpassung in Baden- Württemberg, Deutschland und der Europäischen Union.....	5
2.2.1 Klimaschutzpolitik.....	6
2.2.2 Strategien zur Klimaanpassung.....	8
2.3 Stand der Forschung zu den ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels	9
2.3.1 Die Kosten des Klimawandels	9
2.3.2 Minderung der Klimarisiken durch Klimaschutz und Klimaanpassung	12
2.4 Anforderungen an die modellbasierte Analyse	15
3 Modellentwicklung	17
3.1 Das Allgemeine Gleichgewichtsmodell NEWAGE.....	17
3.2 Implementierung Baden-Württembergs als eigenständige Modellregion in NEWAGE.....	21
3.3 Modellierung von Klimawandel, -schutz und -anpassung.....	24
3.4 Dynamisierung des Modells.....	26
4 Modellgestützte ökonomische Analyse	29
4.1 Referenzszenario bis 2050	29
4.2 Ökonomische Auswirkungen von Klimaschäden	32
4.2.1 Direkte Schadenskosten des Klimawandels.....	32
4.2.2 Indirekte Schadenskosten des Klimawandels	36
4.3 Ökonomische Auswirkungen eines globalen Emissionshandelssystems.....	39

4.4	Ökonomische Auswirkungen einer global abgestimmten Klimaschutz- und Klimaanpassungsstrategie.....	46
4.4.1	Globales Optimum zwischen Klimaschäden, Klimaschutz und Klimaanpassung.....	46
4.4.2	Bedarfs- und verursachungsgerechte Finanzierung über einen globalen Anpassungsfond.....	49
4.4.3	Die Bedeutung klimapolitischer Landesziele im internationalen Kontext	55
5	Schlussfolgerungen	59
	Literaturverzeichnis	61
	Anhang.....	69

Abkürzungsverzeichnis

AEEI	Index für autonome Energieeffizienzverbesserungen
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BReg	Deutsche Bundesregierung
CCS	Carbon Capture and Storage (CO ₂ -Abscheidung und -Speicherung)
CES	Constant Elasticity of Substitution
CO ₂	Kohlendioxid
COP	Conference of Parties
CPA	Statistische Güterklassifikation in Verbindung mit den Wirtschaftszweigen in der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie
De-IPPC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Deutsche Koordinierungs- stelle)
Destatis	Statistisches Bundesamt
DICE	Dynamic Integrated Climate-Economy Model (Modellname)
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
EEA	European Environment Agency
EIA	US-amerikanische Energiebehörde
EU	Europäische Union
EU-ETS	Emissionshandelssystem der Europäischen Union
EVS	Einkommens- und Verbrauchsstichprobe

Fall A	Globales Emissionsoptimum <u>ohne</u> Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten
Fall B	Globales Emissionsoptimum <u>mit</u> Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten
FUND	The Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution (Modellname)
GEM-E3	General Equilibrium Model for studying Economy-Energy-Environment interactions (Modellname)
GTAP	Global Trade Analysis Project
IAM	Integrated Assessment Model
IEA	Internationale Energieagentur
IEKK	Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaschutzpaket
IER	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
ILO	International Labor Organization
IMPACT	Study on Internalisation Measures and Policies for All External Costs of Transport
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IWF	Internationaler Währungsfond
JRC	Joint Research Centre
KLIMOPASS	Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg
KLIMZUG	Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
MaGE	Macroeconometrics of the Global Economy (Modellname)
MCP	Mixed Complementarity Programming
NEWAGE	National European Worldwide Applied General Equilibrium (Modellname)
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
PAGE	Policy Analysis of the Greenhouse Effect (Modellname)
POLES	Prospective Outlook on Long-term Energy Systems (Modellname)
REF	Referenzszenario
SCC	Social Cost of Carbon
SEA	Systematisches Verzeichnis der Einnahmen und Ausgaben der privaten Haushalte

SuE	Schwellen- und Entwicklungsländer
TFP	Totale Faktorproduktivität
THG	Treibhausgase
UBA	Umweltbundesamt
UM	Umweltministerium Baden-Württemberg
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
USA	United States of America
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen
WIAGEM	World Integrated Assessment General Equilibrium Model (Modellname)
UN	Vereinte Nationen (englisch: United Nations)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Jahresmitteltemperaturen in Baden-Württemberg im Zeitraum 1901-2012 (Quelle: LUBW 2013).....	4
Abbildung 2-2:	In der Literatur ermittelte Spannbreite für Schätzungen der globalen klimawandelbedingten Schäden (in % des BIP, in Abhängigkeit der Temperaturerhöhung).....	12
Abbildung 3-1:	Aufbau und Struktur von NEWAGE.....	17
Abbildung 3-2:	Arbeitslosenrate in den NEWAGE-Regionen im Basisjahr 2007.....	20
Abbildung 3-3:	CES-Schachtelung in NEWAGE	20
Abbildung 3-4:	CES-Schachtelung der Stromerzeugungstechnologien in NEWAGE.....	21
Abbildung 3-5:	Schematische Darstellung einer Input-Output-Tabelle (Bleses 2007)	22
Abbildung 4-1:	CO ₂ -Emissionspfade im Zeitraum 2010-2050 in den Mitgliedsstaaten der EU-28 im NEWAGE-Referenzszenario (in % von 2010)	30
Abbildung 4-2:	Globale CO ₂ -Emissionsentwicklung nach Ländern/Regionen im Zeitraum 2010-2050 im NEWAGE-Referenzszenario (in Mrd. tCO ₂).....	30
Abbildung 4-3:	Globale Grenzschadenskostenkurve (GSK) im Jahr 2050 in €/tCO ₂ in Abhängigkeit des globalen CO ₂ -Emissionsniveaus in Mrd. tCO ₂	33
Abbildung 4-4:	Veränderung des BIP ausgewählter Länder und weltweit im Zeitraum 2020-2050 infolge eines Produktivkapitaleinbruchs im Vergleich zum Referenzszenario (in %)	35

Abbildung 4-5:	Veränderung der Bruttowertschöpfung ausgewählter Sektoren Baden-Württembergs im Zeitraum 2020-2050 infolge eines Produktivkapital-Einbruchs im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in %)	36
Abbildung 4-6:	Veränderungen der Exporte Baden-Württembergs zu ausgewählten Handelspartnern infolge des Importzolls auf Fahrzeuge in Schwellen- und Entwicklungsländern im Zeitraum 2020-2050 im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in Mrd. €)	37
Abbildung 4-7:	Veränderung der Nettoexporte ausgewählter Branchen in Baden-Württembergs infolge des Importzolls auf Fahrzeuge in Schwellen- und Entwicklungsländern im Zeitraum 2020-2050 im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in Mrd. €)	38
Abbildung 4-8:	Veränderung des BIP ausgewählter Länder und weltweit im Zeitraum 2020-2050 infolge des Importzolls auf Fahrzeuge in Schwellen- und Entwicklungsländern im Zeitraum 2020-2050 im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in %)	38
Abbildung 4-9:	Verlauf und Schnittpunkt der globalen Grenzschadens- und Grenzvermeidungskostenfunktion (GSK bzw. GVK) im Jahr 2050 in €/tCO ₂ in Abhängigkeit des globalen CO ₂ -Emissionsniveaus in Mrd. tCO ₂	40
Abbildung 4-10:	Relative Emissionspfade bis 2050 im Vergleich zu 2005 in einem Zwei-Grad-Szenario (2DS) gemäß ETP 2014	42
Abbildung 4-11:	Veränderungen der CO ₂ -Emissionen ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 im Falle eines globalen Emissionshandelssystems im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in %)	43
Abbildung 4-12:	Veränderungen der CO ₂ -Emissionen aller Länder und Regionen im Falle eines globalen Emissionshandelssystems im Jahr 2050 im Vergleich zum Niveau von 2005 (in %)	44
Abbildung 4-13:	Veränderungen des BIP ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 im Falle eines globalen Emissionshandelssystems im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in %)	45
Abbildung 4-14:	Veränderungen der Bruttowertschöpfung ausgewählter Sektoren in Baden-Württemberg im Zeitraum 2020-2050 im Falle eines globalen Emissionshandelssystems im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in %)	45

Abbildung 4-15: Schematische Darstellung des IPCC zum Zusammenhang zwischen Anpassungskosten und Kosten nicht vermiedener Klimaschäden	47
Abbildung 4-16: Verlauf und Schnittpunkte der globalen Grenzvermeidungs- mit der Grenzschadenskostenfunktion jeweils mit (GSK mit Anp.) und ohne Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten (GSK mit Anp.) im Jahr 2050 in €/tCO ₂ in Abhängigkeit des globalen CO ₂ -Emissionsniveaus in Mrd. tCO ₂	48
Abbildung 4-17: Veränderungen der CO ₂ -Emissionen ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 in Fall B im Vergleich zu Fall A (in %).....	51
Abbildung 4-18: Länderspezifische relative Emissionsausweitung im Jahr 2050 in Fall B im Vergleich zu Fall A (globaler Durchschnitt = 13 %)	51
Abbildung 4-19: Geber- und Empfängeranteile der drei Gruppen im globalen Anpassungsfond im Jahr 2050 (in %)	52
Abbildung 4-20: Netto-Fondsbezug der einzelnen Länder im Jahr 2050 (in Mrd. €)	52
Abbildung 4-21: Veränderungen der allgemeinen Investitionstätigkeit ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 in Fall B im Vergleich zu Fall A (in %).....	53
Abbildung 4-22: Veränderungen des Bruttoinlandsprodukts ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 in Fall B im Vergleich zu Fall A (in %).....	54
Abbildung 4-23: Veränderungen der Bruttowertschöpfung ausgewählter Branchen Baden-Württembergs im Zeitraum 2020-2050 in Fall B im Vergleich zu Fall A (in %).....	54
Abbildung 4-24: Veränderungen des BIP ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 im Fall B mit Berücksichtigung des baden-württembergischen Landesziels im Vergleich zu Fall B ohne Berücksichtigung des baden-württembergischen Landesziels (in %).....	56
Abbildung 4-25: Veränderungen der Bruttowertschöpfung in Baden-Württemberg im Zeitraum 2020-2050 im Fall B mit Berücksichtigung des baden-württembergischen Landesziels im Vergleich zu Fall B ohne Berücksichtigung des baden-württembergischen Landesziels (in %).....	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Beispiele für mögliche Anpassungsmaßnahmen in unterschiedlichen Sektoren (vgl. IPCC 2007, BReg 2008a).....	5
Tabelle 2-2:	Energie- und klimapolitische Ziele der deutschen Energiewende (BReg 2010).....	7
Tabelle 2-3:	Studienübersicht zu den volkswirtschaftlichen Kosten des Klimawandels	11
Tabelle 2-4:	Anteil der geschätzten jährlichen Anpassungskosten bis 2050 am BIP (in %)	14
Tabelle 2-5:	BIP, Investitionen und der zu veranschlagende Anteil der jährlichen Anpassungskosten an den Investitionen im Jahr 2007 gemäß GTAP8-Datenbank	15
Tabelle 3-1:	Regionale und sektorale Modelleinteilung in NEWAGE.....	19
Tabelle 3-2:	Die bedeutendsten Wirtschaftszweige Baden-Württembergs im Jahr 2007 unter Berücksichtigung unterschiedlicher Indikatoren	24
Tabelle 3-3:	Modellierungsstrategie.....	25
Tabelle 3-4:	Projizierte, durchschnittliche Veränderungsrate der Haupt-Wachstumstreiber zwischen 2007 und 2050 (p.a. in %, vgl. Fouré et al. 2012)	27
Tabelle 4-1:	Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts ausgesuchter Länder und weltweit im NEWAGE-Referenzszenario im Zeitraum 2010-2050 (in Mrd. € ₂₀₁₀).....	31
Tabelle 4-2:	Entwicklung der Bruttowertschöpfung ausgewählter Branchen Baden-Württembergs im NEWAGE-Referenzszenario im Zeitraum 2010-2050 (in Mrd. € ₂₀₁₀)	31
Tabelle 4-3:	Ländereinteilung in 3 Gruppen nach Klimawandelbetroffenheit	34
Tabelle 4-4:	Zentrale Ergebnisse der Herleitung eines globalen Emissionsoptimum unter Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten.....	49
Tabelle 4-5:	CO ₂ -Emissionen Baden-Württembergs in den unterschiedlichen Szenarien im Zeitraum 2020-2050 (in Mio. tCO ₂)	55
Tabelle A - 1:	Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen - Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 1/8)	69

Tabelle A - 2:	Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen - Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 2/8).....	70
Tabelle A - 3:	Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen - Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 3/8).....	71
Tabelle A - 4:	Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen - Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 4/8).....	72
Tabelle A - 5:	Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen - Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 5/8).....	73
Tabelle A - 6:	Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen - Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 6/8).....	74
Tabelle A - 7:	Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen - Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 7/8).....	75
Tabelle A - 8:	Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen - Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 8/8).....	76
Tabelle A - 9:	Key characteristics of the scenarios collected and assessed for WGIII AR5 (IPCC 2014a, S. 23).....	77

Das Wichtigste in Kürze

Das IER-Verbundvorhaben „Energie- und gesamtwirtschaftliche Effekte des Klimawandels in Baden-Württemberg - Auswirkungen auf Energienachfrage und -angebot und die Ökonomie“ besteht aus den beiden Teilvorhaben „Energie“ und „Ökonomie“. Im vorliegenden Ökonomie-Teilvorhaben werden die ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels auf Baden-Württemberg untersucht. Dazu wird ein Allgemeines Gleichgewichtsmodell entwickelt, das das Land Baden-Württemberg als Teilregion Deutschlands im Kontext der Weltwirtschaft beschreibt und in einem Szenariovergleich sektorale und regionale Veränderungen in Produktion und Konsum infolge des Klimawandels und der daraus resultierenden Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen berechnet. Im Ergebnis werden die ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels inklusive Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen in Baden-Württemberg anhand makroökonomischer Kennzahlen quantifiziert (Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung, Exporte, etc.).

Die Analyse ökonomischer Auswirkungen zeigt, dass bei der Analyse von Schadenskosten auch indirekte (weltwirtschaftliche) Effekte des Klimawandels, die beispielsweise durch Außenhandel oder Migration hervorgerufen werden, mit zu berücksichtigen sind. Dies gilt insbesondere für eine exportorientierte Ökonomie mit Zuwanderungspotential, wie die Baden-Württembergs. Des Weiteren hängen die konkreten Auswirkungen des Klimawandels und damit verbundener Schadensvermeidungsaktivitäten auf die Ökonomie Baden-Württembergs davon ab, wie sich das internationale politische Umfeld und die globale Wirtschaft entwickeln wird und welche Position Baden-Württemberg in der internationalen Klimaschutz- und Klimaanpassungspolitik einnimmt. Aus der modellgestützten Analyse leitet sich außerdem die Erkenntnis ab, dass die Ökonomie Baden-Württembergs von einem globalen Emissionshandelssystem profitieren würde, weil globale CO₂-Emissionsminderungskosten in dieser Situation weltweit optimal verteilt würden. Bei einer globalen Ausschöpfung kostengünstiger Klimaanpassungsmaßnahmen dürfte eine Lockerung des globalen 2-Grad-Ziels (z. B. 2,5 °C) aus ökonomischen Gründen, das heißt vor dem Hintergrund einer Minimierung der Summe aus Klimaschadens-, Klimaschutz- und Klimaanpassungskosten, rational sein. Im Sinne einer internationalen Klimaanpassungsstrategie kann ein internationaler Anpassungsfond dazu beitragen, die global unterschiedlichen Lasten der Klimaanpassung bedarfs- und verursachungsgerecht zu verteilen.

Auf Branchenebene sind unterschiedliche Auswirkungen zu erwarten. Indirekte Klimawandelkosten betreffen vor allem exportorientierte Branchen, wie beispielsweise die Automobilindustrie. Dagegen sind Klimaschutzkosten vor allem für die Energiewirtschaft und energieintensive Industrie von wesentlicher Bedeutung. Von zusätzlichen Klimaanpassungsmaßnahmen profitieren vor allem der Transportsektor, die Baustoffindustrie und sowie Investitionsgüter produzierende Branchen, wie beispielsweise der Maschinenbau.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Auswirkungen des globalen Klimawandels, wie verstärkt auftretende Überschwemmungen, Stürme oder Dürren, können beträchtliche gesellschaftliche und volkswirtschaftliche Schäden auslösen, die lokal und regional in Art und Ausmaß sehr unterschiedlich auftreten können. Zur Minderung derartiger Klimarisiken reichen Klimaschutzmaßnahmen nicht mehr aus, da der Klimawandel bereits stattfindet. In Anbetracht dessen rückt die Klimaanpassung verstärkt in den Fokus politischer Entscheidungsträger. Baden-Württemberg hat im Juli 2015 eine Anpassungsstrategie auf Landesebene verabschiedet, um den unvermeidbaren lokalen und regionalen Folgen des Klimawandels Rechnung zu tragen.

Das vom Ministerrat im Mai 2010 beschlossene Forschungsprogramm "Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg (KLIMOPASS)" verfolgt das Ziel, den Klimawandel mit seinen Folgen und die Möglichkeiten für Anpassungsmaßnahmen für Baden-Württemberg zu untersuchen. Der erste Teil wendet sich dabei der „Grundlagenforschung regionaler Klimafolgen“ zu. Der vorliegende Bericht beschäftigt sich mit der zu diesem Teil gehörenden Frage nach den Auswirkungen des Klimawandels und der damit verbundenen Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen auf die Ökonomie Baden-Württembergs. Er beschreibt die Ergebnisse eines der zwei Teile im Verbundvorhaben „Energie- und gesamtwirtschaftliche Effekte des Klimawandels in Baden-Württemberg: Auswirkungen auf Energienachfrage und -angebot und die Ökonomie“ des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart.

Das Ökonomie-Teilvorhaben betrachtet Baden-Württemberg als einzelne Volkswirtschaft in einem globalen volkswirtschaftlichen Kreislauf und erfasst dadurch wirtschaftliche Anpassungsprozesse, die durch Auswirkungen von Klimawandel, -schutz und -anpassung hervorgerufen werden. Dies berücksichtigt die Tatsache, dass sich wirtschaftliche Geschehnisse in und außerhalb Baden-Württembergs, in Deutschland, Europa und dem Rest der Welt, durch den globalen Handel mit Waren und Dienstleistungen auf die Ökonomie Baden-Württembergs auswirken können. Durch modellgestützte Szenarioanalysen werden volkswirtschaftliche Auswirkungen in ihrem Ausmaß quantifiziert und besonders betroffene Wirtschaftsbereiche identifiziert. Dabei wird die Rückkopplung des Energiesystems mit den restlichen Wirtschaftssektoren durch preisinduzierte Angebots- und Nachfrageverschiebungen mit berücksichtigt. Aus volkswirtschaftlicher Sicht werden die Auswirkungen des Klimawandels sowie von aktuell implementierten und diskutierten Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen beurteilt.

Der vorliegende Bericht ist wie folgt aufgebaut. Zunächst wird in Kapitel 2 die relevante Literatur zu den ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels zusammengefasst. Anschließend werden die für Baden-Württemberg relevanten Aspekte identifiziert und die aktuelle Politik im Bereich Klimaschutz und Klimaanpassung dargestellt. In Kapitel 3 wird die dem vorliegenden Bericht zugrunde liegende methodische Vorgehensweise erläutert. Das beinhal-

tet hauptsächlich die regionale Disaggregation des Allgemeinen Gleichgewichtsmodells NEWAGE, um Baden-Württemberg als eigenständige Volkswirtschaft abbilden zu können. In Kapitel 4 werden die zu untersuchenden Politikszenerarien definiert und die Ergebnisse der Modellrechnungen beschrieben. Kapitel 5 leitet zentrale Schlussfolgerungen ab.

2 Grundlagen

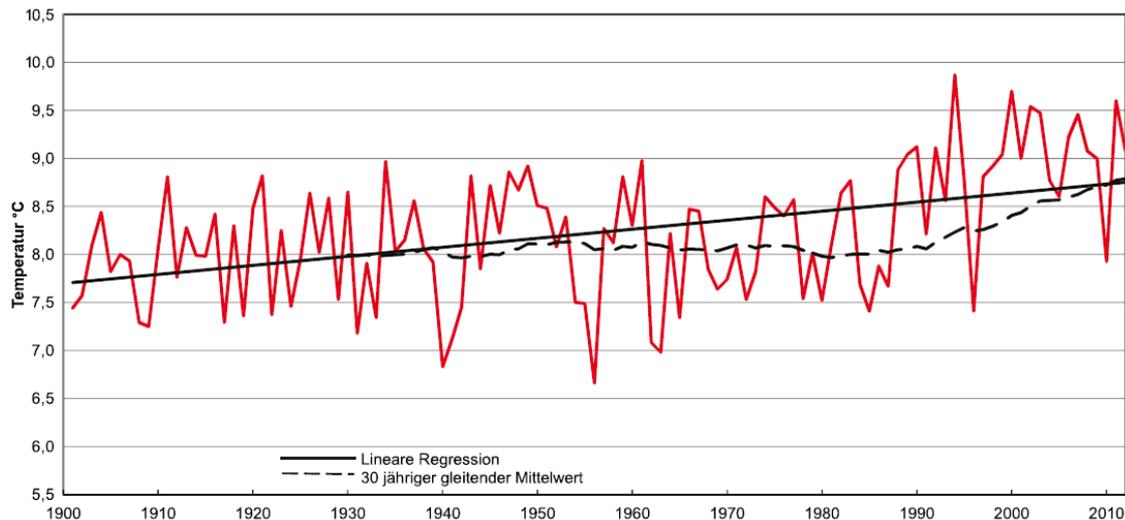
Im diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen der ökonomischen Analyse sowie die politischen Rahmenbedingungen für die Modellentwicklung und Szenarioanalyse erläutert.

2.1 Klimawandel und -anpassung in Baden-Württemberg

Nach Aussagen des Fünften IPCC-Sachstandsberichts ist die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre auf Werte angestiegen, die mindestens in den letzten 800 000 Jahren noch nicht vorgekommen sind (IPCC 2014b). Dies hat zur Folge, dass sich die Atmosphäre und die Ozeane erwärmt haben, die Schnee- und Eismengen zurückgegangen sind und der Meeresspiegel angestiegen ist. Im Zeitraum von 1880 bis 2012 ist die mittlere globale Erdoberflächentemperatur um 0,85 °C gestiegen. Bis zum Ende dieses Jahrhunderts wird der Temperaturanstieg im Vergleich zu vorindustriellen Bedingungen mit großer Wahrscheinlichkeit im Bereich 0,9 bis 5,4 °C liegen. Dem IPCC-Bericht zufolge ist es *äußerst wahrscheinlich*, dass der vom Menschen verursachte Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen die Hauptursache der beobachteten Erwärmung seit Mitte des 20. Jahrhunderts ist. Im Zeitraum von 1901 bis 2010 ist der mittlere globale Meeresspiegel um etwa 19 cm gestiegen und wird bis zum Ende des Jahrhunderts auf 26 bis 82 cm gegenüber dem Ende des vorigen Jahrhunderts ansteigen. Seit ca. 1950 wurden Veränderungen vieler extremer Wetter- und Klimaereignisse beobachtet, unter anderem ein Rückgang von kalten Temperaturextremen, die Zunahme von heißen Temperaturextremen, extrem hohen Meeresspiegelständen sowie der Häufigkeit von extremen Niederschlägen in einigen Regionen (vgl. De-IPCC 2014).

Für Deutschland wird bis 2050 eine Temperaturerhöhung von 1,0 - 2,2 °C im Jahresmittel prognostiziert (verglichen mit dem Zeitraum 1961-90), wobei die stärkste Erwärmung innerhalb Deutschlands in Südwestdeutschland, insbesondere im Oberrheingraben, erwartet wird (BReg 2008a). In Baden-Württemberg ist die Jahresmitteltemperatur in den letzten hundert Jahren bereits um rund 1 °C gestiegen (vgl. Abbildung 2-1). Einem Klimabericht der baden-württembergischen Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) zufolge, in dem die Ergebnisse von 29 verschiedenen Klimaprojektionen analysiert wurden (Ensemble-Ansatz), kann in Baden-Württemberg bis 2050 von einer Temperaturzunahme um 0,8 bis 1,7 °C ausgegangen werden (LUBW 2013). Die Veränderung der Globalstrahlung sowie die Veränderung der Windgeschwindigkeiten werden im Mittel eher gering ausfallen. Unsicherheit herrscht auch bei den Niederschlagsmengen, die in Ausmaß und Richtungssicherheit je nach Kennzahl unterschiedlich ausfallen.

Abbildung 2-1: Jahresmitteltemperaturen in Baden-Württemberg im Zeitraum 1901-2012 (Quelle: LUBW 2013)



Die Auswirkungen des Klimawandels betreffen neben der menschlichen Gesundheit und Biodiversität vor allem die Wirtschaftszweige Landwirtschaft, Tourismus und Verkehr, da sie Wetterereignissen direkt ausgesetzt sind. Negative Auswirkungen führen zu Schadenskosten in Form von Vermögens- oder Kapitaleinbußen, wie der Beschädigung von Gebäuden oder Infrastruktur, z. B. durch Überschwemmungen oder Hagel. In der Landwirtschaft besteht u. a. die Gefahr von Schäden durch Starkniederschläge oder der Ausbreitung neuer Schadorganismen. Im Tourismus können ganze Geschäftsfelder betroffen sein, wie beispielsweise der Wintertourismus. Demgegenüber stehen positive Auswirkungen, wie beispielsweise längere Vegetationszeiten oder eine verlängerte Saison des Radtourismus.

Andere Wirtschaftssektoren sind, neben allgemeinen Witterungsschäden an Gebäuden, auch durch zunehmende Hitzeperioden mit ihren negativen Folgen auf die Arbeitsplatzbedingungen der Beschäftigten betroffen. Aufgrund des hohen Maßes an volkswirtschaftlicher Verflechtung Baden-Württembergs mit Handelspartnern im In- und Ausland ist die indirekte Betroffenheit indes meist größer. Indirekte Betroffenheit beinhaltet zum einen die mögliche Unterbrechung von Liefer- und Wertschöpfungsketten. Dies betrifft sowohl vorgelagerte Vorleistungsmärkte, als auch nachgelagerte Absatzmärkte und stellt die „just-in-time“-Fertigung vor erhebliche Herausforderungen im Liefer- und Lagermanagement. Zum anderen ist Baden-Württemberg durch seine Exportorientierung durch mögliche Nachfrageeinbrüche in anderen Weltregionen betroffen. Einen Fokus der in Abschnitt 4 präsentierten modellgestützten Szenarioanalyse stellt daher vor allem die indirekte Betroffenheit dar, die nur mit makroökonomischen Modellen, wie dem NEWAGE-Modell, abgeschätzt werden können.

Mögliche Anpassungsmaßnahmen sind insgesamt sehr vielfältig. Tabelle 2-1 gibt einen Überblick über verschiedenen Anpassungsmaßnahmen in unterschiedlichen Sektoren. Auf den drei KLIMOPASS-Workshops im Juli 2013, Mai 2014 und November 2014 wurden diese Themen teilweise diskutiert. Eine der zentralen Schlussfolgerungen war, dass eine zielfüh-

rende Bewältigung der Klimarisiken durch eine stärkere Resilienz erfolgen müsse. Das impliziert eine Verbesserung und Ausweitung des Risikomanagements. Ein Beispiel wäre die Diversifikation von Liefer-Lager-Portfolios, um der Gefahr von Lieferketten-Unterbrechungen vorzubeugen.

Tabelle 2-1: Beispiele für mögliche Anpassungsmaßnahmen in unterschiedlichen Sektoren (vgl. IPCC 2007, BReg 2008a)

Wirtschaftszweig	Beispielhafte Anpassungsmaßnahmen
Landwirtschaft	Hagelschutz, Erosionsschutz, alternative Bewässerungssysteme, veränderte Fruchtfolgegestaltung
Energie- und Wasserwirtschaft	Alternative Kühlsysteme für thermische Kraftwerke, Stärkung der Transport- und Verteilnetze, Erdverkabelung, Regenwassernutzung
Infrastruktur und Verkehr	Murenschutz in potenziellen Hochwassergebieten, hitzebeständige Asphaltmischungen, ausreichende Wassertiefen in Binnengewässern
Verarbeitendes Gewerbe und Baugewerbe	Kühlkonzepte für neue Gebäude, Entwicklung energieeffizienter Technologien, innovative Sanitärsysteme
Gesundheit	Frühwarnsysteme, Arbeitsschutz für Personen in Außenberufen, angepasste Impfungen (z. B. Tropenkrankheiten)
Tourismus	Wetterunabhängige Ganzjahresangebote, Verlegung von Skipisten in höhere Lagen, Saison für Outdoor-Tourismus erweitern
Finanzdienstleistungen	Verbessertes Risikomanagement, Risiko-Pooling, differenzierte Versicherungsprodukte,

2.2 Politischer Rahmen für Klimaschutz und Klimaanpassung in Baden-Württemberg, Deutschland und der Europäischen Union

Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen können als komplementäre Strategien zur Bewältigung des Klimawandels aufgefasst werden. Die Minderung der anthropogenen Treibhausgasemissionen senkt zwar das Risiko schwerer und irreversibler Folgen eines fortschreitenden Klimawandels. Aber selbst falls anthropogene Treibhausgasemissionen sofort gestoppt würden, kann laut IPCC mit großer Sicherheit angenommen werden, dass die Folgen des Klimawandels über Jahrhunderte bestehen bleiben (De-IPCC 2014). Neben Klimaschutz ist daher die Anpassung an den Klimawandel notwendig, um die Risiken des Klimawandels abzufedern. Spätestens seit Verabschiedung des Kyoto-Protokolls im Jahr 1997 (s. UN 1997) sind auf nationaler und internationaler Ebene politische Ziele und Maßnahmen beschlossen worden, um Klimaschutz und Klimaanpassung voranzubringen. Im Folgenden werden die wichtigsten politischen Ziele und Maßnahmen zu Klimaschutz und Klimaanpassung in Baden-Württemberg vorgestellt und in den nationalen und internationalen Kontext eingeordnet.

2.2.1 Klimaschutzpolitik

Ziele

Baden-Württemberg ist in die Klimaschutzpolitik der Vereinten Nationen (UN), der Europäischen Union (EU) und der Bundesrepublik Deutschland eingebettet. Auf UN-Ebene wurde 2010 auf der Vertragsstaatenkonferenz (COP16) in Cancún beschlossen, die Erderwärmung auf maximal 2° gegenüber vorindustriellem Niveau zu begrenzen. Für die Vertragsstaatenkonferenz in Paris (COP21) Ende 2015 wird angestrebt, ein internationales Klimaschutzabkommen zu verabschieden, das verbindliche Reduktionszusagen der Mitgliedsstaaten bis zum Jahr 2020 enthält. Der Europäische Rat hat im Oktober 2014 die Ausweitung der EU-20-20-20-Ziele bis zum Jahr 2030 beschlossen. Die im Jahr 2007 beschlossenen 20-20-20-Ziele sehen eine Reduktion der THG-Emissionen der EU bis 2020 um 20 % ggü. 1990 vor. Der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch soll bis 2020 auf 20 % steigen und die Energieeffizienz um 20 % verbessert werden. Der neue EU-Klima- und Energierahmen sieht vor, die THG-Emissionen bis 2030 gegenüber 1990 um mindestens 40 % zu senken und die erneuerbaren Energien auf einen Anteil am Energieverbrauch von mindestens 27 % zu erhöhen. Für die Steigerung der Energieeffizienz gibt es kein verbindliches, sondern ein „indikatives“ Ziel von mindestens 27 % bis 2030. Es soll bis 2020 überprüft und ggf. auf 30 % angehoben werden. Im Jahr 2011 hat die EU-Kommission bereits die sogenannte „Roadmap 2050“ veröffentlicht, um kostengünstige Wege zu einer CO₂-armen Wirtschaft für 2050 aufzuzeigen. Demnach ist eine EU-weite THG-Emissionsreduktion von 80 % bis zum Jahr 2050 nötig, um das globale 2°-Ziel einzuhalten. Die EU-Kommission schätzt die Kosten für einen derartigen Umbau jährlich im Schnitt auf 270 Mrd. € bzw. 1,5 % des BIP (EU-KOM 2011).

Die deutsche Bundesregierung hat im Jahr 2010 ein Energiekonzept beschlossen, das Leitlinien für die zukünftige, umwelt- und ressourcenschonende Energieversorgung festlegt. Es wurde im Jahr 2011 nach der Katastrophe von Fukushima modifiziert und ist seitdem als „Energiewende“ bekannt. Neben dem Kernenergieausstieg sieht es eine bundesweite THG-Emissionsreduktion bis 2020 um 40 % und bis 2050 um 80-95 % vor. Tabelle 2-2 fasst die weiteren darin enthaltenen Ziele zusammen.

Die Landesregierung Baden-Württembergs hat im Juli 2013 ein eigenes Klimaschutzgesetz beschlossen, das eine THG-Emissionsreduktion des Landes bis 2020 um mindestens 25 % und bis 2050 um 90 % gegenüber 1990 vorsieht. Außerdem soll der Energieverbrauch in 2050 um 50 % geringer ausfallen als 1990 und der Anteil der erneuerbaren Energien auf 80 % des Energieverbrauchs ansteigen. Die drei Ziele werden häufig als „50-80-90“-Ziel zusammengefasst.

Tabelle 2-2: Energie- und klimapolitische Ziele der deutschen Energiewende (BReg 2010)

	2020	2030	2040	2050
THG-Emissionen (ggü. 1990)	- 40 %	- 55 %	- 70 %	- 80-95 %
Stromverbrauch (ggü. 2008)	- 10 %	./.	./.	- 25 %
Primärenergieverbrauch (ggü. 2008)	- 20 %	./.	./.	- 50 %
Endenergieverbrauch im Verkehr (ggü. 2008)	- 10 %	./.	./.	- 40 %
EE-Anteil am Endenergieverbrauch	18 %	30 %	45 %	60 %
EE-Anteil am Bruttostromverbrauch	35 %	50 %	65 %	80 %
Gebäude-Wärmebedarf (ggü. 2008)	- 20 %	„klimaneutrale“ Neubauten		
Gebäude-Primärenergieverbrauch (ggü. 2008)	./.	./.	./.	-80 % (Rest: EE)
Gebäudesanierungsrate	Verdopplung von 1 % auf 2 % p.a.			
Anzahl Elektrofahrzeuge	1 Mio.	6 Mio.	./.	./.
EU-weite CO ₂ -Grenzwerte von PKW (gCO ₂ /km)	95	./.	./.	./.
CO ₂ -orientierte Kfz-Steuer und Lkw-Maut	„Weiterentwicklung“			

Maßnahmen

Um die Landes-, Bundes- und EU-Ziele zu erreichen, wurden auf allen Ebenen entsprechende Maßnahmenpakete entwickelt. Auf EU-Ebene ist das „EU climate and energy package“ zu nennen, das neben dem EU-weiten Emissionshandel (EU-ETS) auch nationale Ziele für erneuerbare Energien und die Weiterentwicklung der CO₂-Abscheidung und -speicherung (CCS) enthält. Auf Bundesebene wurde im Jahr 2007 das „Integrierte Energie- und Klimaschutzpaket“ (IEKP) beschlossen, um die nationalen Ziele innerhalb der EU-20-20-20-Ziele umzusetzen. Es enthält konkrete Maßnahmen, wie beispielsweise die Energieeinsparverordnung oder das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz. Die Energiewende von 2011 knüpft hieran an, mit einem langfristigen Fokus auf 2050 (vgl. Bothor et al. 2014). Im Dezember 2014 wurde das „Aktionsprogramm Klimaschutz 2020“ entwickelt, das zusätzliche Maßnahmen enthält, um die 40-prozentige Reduktion der THG bis 2020 sicherzustellen.

In Baden-Württemberg wurde im Juli 2014 das „Integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept“ (IEKK) beschlossen, das wesentliche Ziele, Strategien und Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele enthält. Neben Minderungszielen für einzelne Emittentengruppen (Sektorziele) werden auch Ziele für Handlungsbereiche innerhalb der Sektoren unter Berücksichtigung von Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung definiert (vgl. UM 2014a).

2.2.2 Strategien zur Klimaanpassung

Die Arbeitsgruppe II des IPCC hat in seinem, im März 2014 veröffentlichten, fünften Sachstandsbericht „Impacts, Adaptation and Vulnerability“ die gegenwärtigen Auswirkungen und Risiken der globalen Klimasituation eingehend analysiert, die Handlungsoptionen strukturiert und die weltweiten Bemühungen und Ansätze zur Anpassung an den Klimawandel zusammengestellt (IPCC 2014b). Auf europäischer Ebene hat die EU-Kommission im Jahr 2013 eine EU-Anpassungsstrategie vorgestellt (EU-KOM 2014b). Sie soll im Wesentlichen Koordination und Informationsaustausch zwischen den Mitgliedsstaaten stärken. Darüber hinaus haben bislang 15 Mitgliedsstaaten eine eigene Anpassungsstrategie entwickelt. Die EU-Kommission hat 2009 das Weißbuch „Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen“ veröffentlicht (EU-KOM 2009). Daraus ist die europäische Internet-Plattform für Klimaanpassung (Climate-ADAPT) hervorgegangen, in der aktuelle Informationen zu Anpassungsmaßnahmen in der EU sowie hilfreiche Instrumente zur Politikunterstützung enthalten sind. Der Bericht „Urban adaptation to climate change in Europe“ zeigt Herausforderungen und Möglichkeiten der Klimawandelanpassung auf lokaler Ebene (EEA 2012b).

Die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) wurde im Jahr 2008 von der deutschen Bundesregierung initiiert, um den Grundstein für einen mittelfristigen Prozess zu legen, in dem schrittweise mit den Ländern und den gesellschaftlichen Gruppen die Risiken identifiziert, der mögliche Handlungsbedarf benannt, die entsprechenden Ziele definiert sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden (BReg 2008b). Der im August 2011 beschlossene Aktionsplan unterlegt die in der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel genannten Ziele und Handlungsoptionen mit spezifischen Aktivitäten, wie z. B. in den Bereichen Forschungs- und Informationsinfrastruktur, Verkehrsinfrastruktur oder internationale Verantwortung (BReg 2011).

Für Baden-Württemberg bietet die Deutsche Klimaanpassungsstrategie (DAS) sowie der „Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ einen Orientierungsrahmen für die Formulierung einer eigenen Strategie (vgl. BReg 2008b und BReg 2011). Im Oktober 2014 wurde ein erster Entwurf für eine eigene Strategie veröffentlicht (UM 2014b). Am 28. Juli 2015 wurde Badens-Württembergs „Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ schließlich vom Ministerrat verabschiedet.

Beispiele für weitere regionale Klimaanpassungs-Projekte sind in diesem Zusammenhang insbesondere InKlim Hessen (Koschel et al. 2006) oder KLIMZUG (Biebeler et al. 2014). Kürzlich erschienen ist eine Studie des Umweltbundesamts, die sich mit einer ökonomischen Bewertung von Klimawandel-Anpassungsinstrumenten beschäftigt (Schenker et al. 2014). Weitere Beispiele für Aktivitäten in diesem Bereich sind die KomPass-Tatenbank des Umweltbundesamts (UBA 2011). Der „Klimalotse“ ist ein Leitfaden für Regionalpolitiker (Kind & Mohns 2010), und „ADAPTUS“ ein Leitfaden für Unternehmen (Lühr et al.). Eine Samm-

lung der gegenwärtigen Klimaschutz- und -anpassungskonzepte in den anderen deutschen Bundesländern hat u. a. die Plattform „Klimawandel und Raumentwicklung“ zusammengestellt (klima-und-raum.org).

2.3 Stand der Forschung zu den ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels

Obwohl der Klimawandel ökonomische Schäden zur Folge hat, ist die größtmögliche Vermeidung jeglicher Schäden durch Minderungs- und Anpassungsaktivitäten aus ökonomischer Sicht nicht optimal. Um die gesamten mit dem Klimawandel verbundenen Kosten so gering wie möglich zu halten, müssen neben den Kosten der Schädigung auch die Kosten der Klimawandelanpassung bzw. -minderung (im Folgenden werden letztere z. T. zusammengefasst und vereinfachend als Vermeidungskosten bezeichnet) berücksichtigt werden. Schadens- und Vermeidungskosten beeinflussen sich dabei in negativer Weise, d. h. geringere Vermeidungsanstrengungen gehen mit einem größeren Schaden und größere Vermeidungsanstrengungen mit einem geringeren Schaden einher. In der ökonomischen Theorie sind die Gesamtkosten aus Schaden und Vermeidung dort minimal, wo die Grenzkosten des Schadens den Grenzkosten der Vermeidung entsprechen (vgl. Endres 2012, S. 36 ff). Kenntnisse über Höhe und Ausmaß volkswirtschaftlicher Schadens- und Vermeidungskosten des Klimawandels sind für den Abwägungsprozess politischer Entscheidungen über geeignete und wirksame Klimaschutz- und Anpassungsstrategien daher von zentraler Bedeutung.

2.3.1 Die Kosten des Klimawandels

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Studien veröffentlicht, die sich einer monetären Abschätzung dieser Größen gewidmet haben. Im ersten Arbeitspaket des Ökonomie-Teilvorhabens wurden derartige Studien zusammengestellt und ausgewertet, um den Stand der Forschung einzugrenzen und als Fundament für die eigenen Analysen zu nutzen.

Insgesamt wurden aus der Vielzahl von vorliegenden Studien beispielhaft sechs ausgewählt, um sie hinsichtlich Kostenart, Methodik, Modell, Annahmen und Ergebnisse eingehender miteinander zu vergleichen. Die Auswahl der Studien hat sich dabei nach Bekanntheit, Umfang und regionalem Bezug gerichtet. Als Erstes wurde der STERN-Review von Sir Nicholas Stern ausgewählt (Stern 2007), da dieser wohl die bekannteste und am weitesten verbreitete Studie ist. Sie wurde im Auftrag der britischen Regierung erstellt und 2007 veröffentlicht. Zum Vergleich des STERN-Review wurde die Studie „Social Cost of Carbon“ (SCC) des Stockholm Environment Institute und AEA Technology im Auftrag des britischen Umweltministeriums ausgewählt (Watkiss et al. 2005), da die dortigen Berechnungen zum Teil auf ähnlichen Modellen basieren. Wegen des regionalen Bezugs zur EU wurden Veröffentlichungen vom Joint Research Center (JRC) der EU-Kommission betrachtet (Russ et al. 2009; Russ et al. 2007) sowie die Literaturstudie IMPACT mit einbezogen (Maibach et al. 2008), die im Auftrag der EU-Kommission von CE Delft erstellt wurde und primär den Transport-

sektor untersucht. Des Weiteren wurden Veröffentlichungen vom DIW Berlin analysiert (Kemfert 2002; Kemfert 2004; Kemfert 2007; Kemfert 2008), da diese auch Berechnungen für Baden-Württemberg enthalten. Schließlich wurden die „Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung“ des Umweltbundesamts (UBA) als Vergleich herangezogen (Schwermer et al. 2012). Hierbei handelt es sich um den Anhang B der „Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten“. Er enthält die UBA-Empfehlungen zu Best-Practice-Kostensätzen für Klima und Luftschadstoffe sowie die daraus abgeleiteten Schätzungen für aktivitätsbezogene Umweltkosten des Verkehrs sowie der Strom- und Wärmeerzeugung. Tabelle 1 fasst das Ergebnis des Vergleichs zusammen.¹

Alle sechs Studien betrachten Schadenskosten, die Studien STERN, IMPACT und UBA auch Vermeidungskosten. Alle Studien, bis auf JRC, verwenden sogenannte *Integrated Assessment Models* (IAM), in denen klimawissenschaftliche mit wirtschaftswissenschaftlichen Modellen kombiniert werden. Die wirtschaftswissenschaftliche Methodik wird dabei häufig von Allgemeinen Gleichgewichtsmodellen bedient (POLES, WIAGEM, GEM-E3). Alle Studien, außer DIW Berlin, beziffern die spezifischen Schadenskosten von Kohlendioxid in €/tCO₂. Die Ergebnisse bewegen sich in einer Spanne von 21-80 €/t Kohlendioxid je nach Zeithorizont (2020-2050). Kemfert 2004 berechnet über einen Zeitraum von 50 Jahren globale volkswirtschaftliche Schäden bis zu 214 Milliarden US-Dollar. Die getroffenen Annahmen der einzelnen Studien unterscheiden sich vor Allem durch die angenommenen Szenarien, d. h. die angenommene CO₂-Konzentration in der Atmosphäre (Spanne: 450 bis 650 ppm) sowie der voraussichtlichen Temperaturerhöhung (Spanne: 2° bis 4,5° C).

Des Weiteren geht die EU-Kommission in ihrer Anpassungsstrategie davon aus, dass sich die Kosten des Klimawandels in der EU ohne Anpassungsmaßnahmen von jährlich 100 Mrd. € in 2020 auf 250 Mrd. € in 2050 erhöhen werden (EEA 2012a). Diese Beträge würden ca. 0,7 % des EU-weiten BIP in 2020 bzw. 1,1 % in 250 ausmachen, zöge man die BIP-Projektion der Studie „EU Trends to 2050“ hinzu (EU-KOM 2014a).

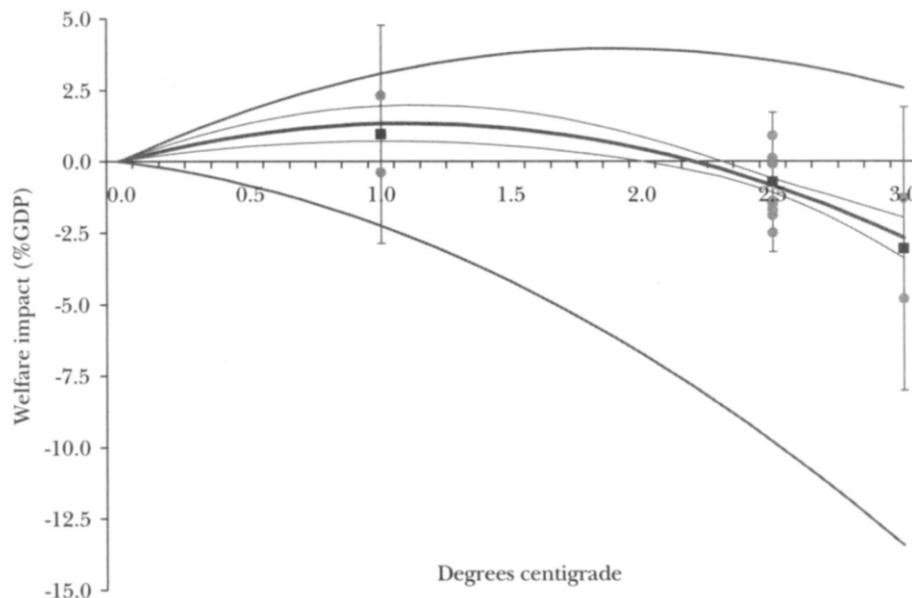
¹ Weitere nennenswerte Beiträge zur Abschätzung von Klimaschadenskosten sind Tol 2002a, Tol 2002b sowie Fankhauser & Tol 2005.

Tabelle 2-3: Studienübersicht zu den volkswirtschaftlichen Kosten des Klimawandels

	Studie	Kostenart	Methode	Modell	Annahmen	Ergebnis
1	STERN-Review	Schadens- und Vermeidungskosten	wirtschaftliche Kosten werden unter Anwendung vereinzelter Techniken, Wirtschaftsmodellen und Vergleichen betrachtet	PAGE	Stabilisierung auf 450-550 CO ₂ e, Diskontrate 0,1%	Schadenskosten erreichen einen Wert von 21-23 €/tCO ₂ bis 2050
2	Social Cost of Carbon (SCC)	Schadenskosten	große Anzahl an Studien wurden gesichtet, anschließend mit den eigenen Ergebnissen verglichen	PAGE	IPCC's SRES A2 Szenario; SRTP (Social Rate of Time Preference) sinkend; equity weighting = 1	bis 2020 erreichen die Schadenskosten einen Wert von 30,8 €/tCO ₂
				FUND	keine gesonderte Angabe, aber Werte höher als bei PAGE	Werte höher als bei PAGE
3	JRC	Schadenskosten (POLES auch Vermeidungskosten)	Gleichgewichtsmodelle (POLES: Partiiell, GEM-E3: Allgemein)	POLES, GEM-E3	Stabilisierung bei Temperaturerhöhung um 2°C	bis 2020 erreichen die Schadenskosten einen Wert von 30-40 €/tCO ₂
4	IMPACT	Schadens- und Vermeidungskosten	Literaturstudie verschiedener Studien (mit den Modellen FUND, PAGE, POLES, GEM3), daraus werden Werte abgeleitet und für verschiedene Jahre spezifiziert	keines	kurzfristige Werte (2010-2020) basieren auf Vermeidungskosten, langfristige Werte (2030-2050) basieren auf Schadenskosten	bis 2030 erreichen die Schadenskosten einen Wert von ca. 50 €/tCO ₂
5	DIW Berlin	Schadenskosten	Allgemeine Gleichgewichtsmodellierung	WIAGEM	Stabilisierung auf 650 ppm CO ₂ e bei Temperaturerhöhung von 4,5°C	über Zeitraum von 50 Jahren Schäden in Höhe von 214 Milliarden US-Dollar
6	UBA	Schadens- und Vermeidungskosten	Ergebnisse vorliegender Studien zu Schadens- und Vermeidungskosten	diverse	Stabilisierung bei Temperaturerhöhung um 2°C	Für das Jahr 2010 werden 80 €/tCO ₂ als zentralen Kostensatz empfohlen.

Richard Tol hat eine Metastudie durchgeführt und Spannbreiten für Schätzungen der globalen klimawandelbedingten Schäden in % des globalen BIP durchgeführt (Tol 2009). Seine Ergebnisse sind in Abbildung 2-2 dargestellt. Die Spannweite der Schätzungen ist groß, im Mittel deuten seine Ergebnisse aber auf positive Effekte des Klimawandels hin, solange der Temperaturanstieg bis zum Ende des Jahrhunderts unter 2 °C liegt. Steigt die Temperatur stärker an, werden die Kosten tendenziell negativ. Bei einer Temperaturerhöhung um 3 °C ist von Kosten in Höhe von 2,5 % des globalen BIP auszugehen.

Abbildung 2-2: In der Literatur ermittelte Spannweite für Schätzungen der globalen klimawandelbedingten Schäden (in % des BIP, in Abhängigkeit der Temperaturerhöhung)



Quelle: Tol 2009, S. 35.

Für Deutschland beziffert eine weitere Studie vom DIW Berlin die kumulierten Kosten des Klimawandels bis 2050 auf 800 Mrd. € (Kemfert 2008). Um einen Eindruck über die relative Bedeutung dieser Schätzung zu erhalten, bedarf es der Hinzuziehung von Wachstumsprognosen. Nach Schätzungen der OECD dürfte das BIP im Jahre 2050 in Deutschland, im Vergleich zu 2005, um mehr als die Hälfte zunehmen (OECD 2012). Bei einer konservativen Schätzung von 1 % realem BIP-Wachstum pro Jahr (vgl. OECD 2012, Chapter 4, Table 4.1) und einem BIP in 2005 in Höhe von 2,3 Billionen Euro (Destatis 2014), ergäbe sich ein kumuliertes BIP in Höhe von 133 Bio. €. Die kumulierten Schadenskosten nach (Kemfert 2008) würden dann ca. 0,6 % des kumulierten BIP im gleichen Zeitraum ausmachen. Dabei verteilen sich die gesamtdeutschen Kosten unterschiedlich stark auf die einzelnen Bundesländer. Wirtschaftlich starke Bundesländer wären in absoluten Zahlen stärker vom Klimawandel betroffen als schwächere. Baden-Württemberg würde mit kumuliert rund 129 Mrd. € an erster Stelle rangieren. Gemessen an der Wirtschaftskraft wären jedoch wirtschaftsschwache und kleinere Länder mehr betroffen als größere. Hier stünde Sachsen-Anhalt (2,7 % der Bruttowertschöpfung) an der Spitze, gefolgt von Rheinland-Pfalz (2,6 % der Bruttowertschöpfung). In Baden-Württemberg würden die Kosten ca. 1,2 % der Bruttowertschöpfung ausmachen.

2.3.2 Minderung der Klimarisiken durch Klimaschutz und Klimaanpassung

Die Literatur zur Klimaschutzpolitik hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Huitema et al. 2011 geben einen umfangreichen Überblick über Theorie und Praxis zur Klimaschutzpolitik in Europa. Auf politische Ziele und Maßnahmen zu Klimaschutz und Klimaanpassung in Baden-Württemberg wurde oben in Abschnitt 2.2 eingegangen.

Die Literatur zu den Kosten des Klimawandels deutet darauf hin, dass die Schäden eines ungebremsten Klimawandels höhere Kosten verursachen könnten, als die Kosten von koordinierten Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen (Stern 2007, Kemfert 2005, White House 2014). Aus ökonomischer Perspektive erscheint weder eine komplette Vermeidung des Klimawandels ohne Anpassung, noch eine vollständige Anpassung ohne jeglichen Klimaschutz zielführend, weil die Kosten jeweils einer der beiden Varianten diejenigen einer koordinierten Kombination aus beiden womöglich überstiegen. Die wirtschaftswissenschaftliche Literatur beschäftigt sich in diesem Zusammenhang mit der Frage nach der optimalen Kombination von Klimaschutz und -anpassung bzw. nach dem Gleichgewicht zwischen Klimaschutz- und -anpassungsaktivitäten inklusive möglicher Inaktivität. Carraro et al. 2009 schlagen beispielsweise Minderungsaktivitäten vor, die zu einem Temperaturanstieg von 2,5 bis 3 °C führen, da hierfür genügend technologisches know-how zur Verfügung stünde und die Minderungskosten vergleichsweise gering blieben. Die geminderten Folgen des Klimawandels könnten dann durch koordinierte, später erfolgende, Anpassungsmaßnahmen weiter reduziert werden. Die zeitliche und regionale Verteilung dieser Politikstrategie sähe vor, dass Minderungsmaßnahmen früher, und Anpassungsmaßnahmen später erfolgten, während Industrieländer sich verstärkt auf Minderungsaktivitäten, Schwellen- und Entwicklungsländer hingegen auf spätere Anpassungsaktivitäten einstellten. Die regionale Aufteilung hängt letztendlich auch mit Fragen der Entwicklungspolitik zusammen. Bosello et al. 2010 kommen zu vergleichbaren Schlussfolgerungen. Eine stärker theorieorientierte Abhandlung zu diesem Aspekt findet sich in Klein et al. 2005. In der modellgestützten Analyse unten in Abschnitt 0 wird ein globales Emissionsoptimum auf Basis derartiger Überlegungen hergeleitet und quantifiziert.

Aus regional- und kommunalpolitischer Sicht stehen die Anpassungsaktivitäten stärker im Vordergrund als die Klimaschutzaktivitäten. Das liegt zum einen daran, dass ein wirksamer Klimaschutz nur durch weltweite Kooperation zustande kommen kann und die Entscheidungsbefähigung damit vornehmlich auf nationaler oder supra-nationaler Ebene liegt. Zum anderen kann sich der Klimawandel lokal und regional sehr unterschiedlich auswirken, so dass mögliche Anpassungsstrategien stark an die lokalen und regionalen Gegebenheiten und Vulnerabilitäten angepasst werden müssen (vgl. IPCC 2014c; IPCC 2014b).

Welche Anpassungskosten könnten auf die Europäischen Volkswirtschaften zukommen? Derlei Schätzungen sind mit äußerst hoher Unsicherheit bzgl. der zukünftigen Entwicklung von Wirtschaft und Klima behaftet. Dennoch lassen sich quantitative Aussagen hierzu finden, von denen einige in Tabelle 2-4 aufgelistet sind. Die EU geht beispielsweise im Hochwasserbereich davon aus, dass das Verhältnis bei sechs zu eins liegen könnte, d. h. dass 6 € Schadenskosten im Schnitt mit 1 € Anpassungskosten vermieden werden könnten (EEA 2012a). In ihrer Anpassungsstrategie schätzt die EU die Schadenskosten auf 250 Mrd. Euro in 2050,

was ca. 1,1 % des prognostizierten BIP in diesem Jahr entspräche (EU-KOM 2014a).² Zieht man das Verhältnis von 1:6 in Betracht, lassen sich mit den Zahlen für 2020 bzw. 2050 Anpassungskosten in Höhe von 17 bzw. 42 Mrd. € ableiten, die ca. 0,1 % bzw. 0,2 % des BIP im jeweiligen Jahr entsprechen. Der STERN-Review (Stern 2007) geht davon aus, dass die Anpassungskosten für Infrastruktur und Gebäude in den OECD-Ländern jährlich 15 - 150 Mrd. US-\$ betragen könnten (ca. 0,05 - 0,5 % des Bruttoinlandsprodukts). Vergleicht man diesen Wert mit den geschätzten Kosten des Klimawandels in Höhe von 0,6 % des BIP für Deutschland - 0,7 % für Baden-Württemberg - nach Kemfert 2008, könnte man diesen Wert als Obergrenze interpretieren, den die Summe der jährlichen Anpassungskosten aus ökonomischem Kalkül nicht übersteigen sollte. Andere Publikationen geben ähnliche Schätzwerte ab (vgl. Tabelle 2-4). Der arithmetische Mittelwert der recherchierten Anpassungskosten-Obergrenzen beläuft sich auf 0,4 % des BIP.

Tabelle 2-4: Anteil der geschätzten jährlichen Anpassungskosten bis 2050 am BIP (in %)

Quelle	Land/Region	Spanne / max.
Kemfert 2008	Baden-Württemberg	max. 0,7 %
	Deutschland	max. 0,6 %
EEA 2012a	EU	0,1 % - 0,2 %
Osberghaus & Reif 2010	EU	max. 0,1 %
Stern 2007	OECD	0,05 % - 0,5 %
Agrawala et al. 2010	Welt	0,19 % - 0,38 %
UNFCCC 2007	Welt	0,3 - 0,5 % (*)
Worldbank 2010	Welt	0,12 % - 0,17 %
Gesamtspanne:		0,05 % - 0,7 %
Arithmetisches Mittel der Maximalwerte:		0,4 %

(*) Bis 2030

Anhand der Literaturrecherche und der den folgenden Analysen zugrundeliegenden GTAP8-Datenbank können die als Obergrenze zu erwartenden Kosten für zusätzliche Anpassungsinvestitionen hergeleitet werden. Dies ist für die spätere modellgestützte Szenarioanalyse in Abschnitt 4 von Bedeutung. Tabelle 2-5 stellt die Investitionen als Anteil am jeweiligen Bruttoinlandsprodukt in Baden-Württemberg, Rest-Deutschland, EU-28, OECD, USA und China sowie der Welt insgesamt dar. Anhand der geschätzten Obergrenze der Anpassungskosten in Höhe von 0,4 % des BIP kann der Anteil der Investitionen bestimmt werden, der mutmaßlich

² Das BIP in der EU bzw. in Deutschland wird für 2020 auf 14,2 bzw. 2,8 Bio. €₂₀₁₀ und für 2050 auf 21,9 bzw. 3,5 Bio. €₂₀₁₀ geschätzt (EU-KOM 2014a.)

nötig ist, um den Großteil der allgemein erwarteten Klimaschäden abzumildern (Tabelle 2-4). Dabei dürfte in stark wachsenden Schwellenländern der Anteil geringer ausfallen als in den langsamer wachsenden Industrieländern. So beträgt der Anteil in China 1,0 % (ca. 11 Mrd. €), während er in Baden-Württemberg mit 2,2 % (ca. 1,5 Mrd. €) zu Buche schlägt. Im globalen Durchschnitt beträgt der jährliche Anteil 1,7 % (ca. 159 Mrd. €). Diese Zahl wird auch in dem Bericht „Investment and financial flows to address climate change“ der *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) als Obergrenze der Spanne 1,1 - 1,7 % bezüglich des jährlichen Anteils der Anpassungskosten an den globalen Investitionen genannt (UNFCCC 2007).

Tabelle 2-5: BIP, Investitionen und der zu veranschlagende Anteil der jährlichen Anpassungskosten an den Investitionen im Jahr 2007 gemäß GTAP8-Datenbank

	BIP (Mrd. €)	Investitionen (Mrd. €)	Investitions- quote	Anteil Anpassungskosten an Investitionen (*)
Baden- Württemberg	362	66	18 %	2,2%
Deutschland (Rest)	2.055	389	19 %	2,1%
EU-28	12.414	2.695	22 %	1,8%
OECD	29.816	6.340	21 %	1,9%
USA	10.320	1.959	19 %	2,1%
China	2.663	1.068	40 %	1,0%
Welt	40.692	9.354	23 %	1,7%

(*) Anteil der max. Anpassungskosten am BIP (0,4 %; vgl. Tabelle 2-4), geteilt durch die Investitionsquote

Bei den obigen Ausführungen ist zu beachten, dass derlei Schätzungen auf unsicheren Projektionen von wirtschaftlicher Entwicklung und Klimawandelfolgen basieren und daher ebenfalls mit einem großen Unsicherheitsfaktor behaftet sind. Hinzu kommt die regional unterschiedliche Vulnerabilität des Klimawandels, die eine zentrale Rolle in den tatsächlich anfallenden jeweiligen Schadens- bzw. Anpassungskosten spielt. Mit großer Wahrscheinlichkeit kann aber zum gegenwärtigen Zeitpunkt davon ausgegangen werden, dass die durchschnittlichen Kosten der Klimaanpassung die in Tabelle 2-4 und Tabelle 2-5 identifizierten Werte nicht übersteigen.

2.4 Anforderungen an die modellbasierte Analyse

Aus den obigen Ausführungen können die Anforderungen an die nachfolgende modellgestützte Analyse abgeleitet werden. Um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Ökonomie in Baden-Württemberg untersuchen zu können, bedarf es einer Methodik, die sowohl direkte als auch indirekte, d. h. durch die volkswirtschaftliche Verflechtung hervorgerufene, ökonomische Effekte erfasst. Im Ergebnis sollen quantitative Aussagen zu Veränderungen

makroökonomischer Kennzahlen, wie BIP, Beschäftigung, sektorale Wertschöpfung, Exporte und Wettbewerbsfähigkeit, infolge von Klimawandel, Klimaschutz und Klimaanpassung in Baden-Württemberg getroffen werden. Dabei müssen vor allem folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- ✓ Erfassung der Weltwirtschaft, um indirekte Effekte des Klimawandels berücksichtigen zu können (z. B. Rückgang der Nachfrage einer betroffenen Region nach baden-württembergischen Exporten)
- ✓ Behandlung von Baden-Württemberg als eigenständige Region innerhalb der Weltwirtschaft
- ✓ Abbildung eines geschlossenen Einkommenskreislaufs, um Nettoeffekte quantifizieren zu können
- ✓ Erfassung von Investitionen und Kapitalstock, um Klimaschäden und Klimaanpassungsmaßnahmen berücksichtigen zu können
- ✓ Berücksichtigung der Besonderheiten von Energieproduktion und -nachfrage, um Klimaschutzaktivitäten berücksichtigen zu können
- ✓ Darstellung der zeitlichen Entwicklung bis 2050, um dynamische Prozesse abbilden zu können

3 Modellentwicklung

Aufbauend auf den oben geschilderten Anforderungen wird in diesem Kapitel das den Analysen zu den ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels zugrundeliegende Modellinstrumentarium inklusive der nötigen Erweiterungen dargestellt.

3.1 Das Allgemeine Gleichgewichtsmodell NEWAGE

Das zentrale Modellinstrument stellt das makroökonomische NEWAGE-Modell des IER Stuttgart dar (National European Worldwide Applied General Equilibrium). Hierbei handelt es sich um ein globales, multi-sektorales, rekursiv-dynamisches Allgemeines Gleichgewichtsmodell mit besonderem Fokus auf den Energiesektor, insbesondere der Elektrizitätserzeugung. Es dient der gesamtwirtschaftlichen Analyse von Energie- und Klimapolitikstrategien im Hinblick auf ihre volkswirtschaftlichen Kosten. Aufgrund des totalanalytischen Rahmens des Allgemeinen Gleichgewichtsansatzes kann die Interaktion von Akteuren auf Märkten der Volkswirtschaft in einem geschlossenen Einkommenskreislauf beschrieben werden (s. Abbildung 3-1). Dadurch können sowohl direkte Effekte in einzelnen Sektoren (z. B. Energiewirtschaft) als auch indirekte Rückkopplungseffekte in der gesamten Volkswirtschaft erfasst werden, die durch preisinduzierte Angebots- und Nachfrageverschiebungen hervorgerufen werden. Aktuelle Anwendungsbeispiele finden sich in Beestermöller et al. 2013, Beestermöller & Fahl 2013, Zürn 2010, Küster et al. 2009, Küster 2009 und Küster et al. 2007.

Abbildung 3-1: Aufbau und Struktur von NEWAGE



Das theoretische Grundgerüst von NEWAGE ist die neoklassische Theorie, insbesondere die Allgemeine Gleichgewichtstheorie. Die Grundannahme ist die der vollkommenen Konkur-

renz auf allen Güter- und Faktormärkten, d. h., die Gleichgewichtsbedingungen werden nach Arrow & Debreu 1954 definiert. Die Wirtschaftssubjekte verhalten sich nutzen- und gewinnmaximierend unter den Nebenbedingungen der Markträumung sowie gegebener Budget- und Technologierestriktionen. Ein Gleichgewicht impliziert die Maximierung der gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrt. Mathiesen 1985 hat gezeigt, dass ein Arrow-Debreu Gleichgewicht als ein System gemischt-komplementärer Gleichungen (MCP) formuliert werden kann. Das Gleichungssystem wird dabei nach dem Preis, den Produktionsmengen und dem Einkommen simultan gelöst.

Für die Darstellung der Haushalte wird auf den Ansatz des repräsentativen Agenten zurückgegriffen, der in der Ausgangslage mit einer bestimmten Menge an Primärinputfaktoren Arbeit und Kapital ausgestattet ist. Die Nachfrage des repräsentativen Verbrauchers setzt sich aus der Nachfrage der Haushalte, der Staatsnachfrage sowie der Investitionsnachfrage zusammen. Das verfügbare Einkommen des repräsentativen Agenten wird zur Deckung der Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen eingesetzt, wodurch er seinen Nutzen maximiert.

Der Außenhandel wird im Modell anhand bilateraler Handelsströme dargestellt. Das bedeutet, dass für jedes Gut eine Import- bzw. Exportmatrix existiert, aus der abgelesen werden kann, aus welchem Herkunftsland in welches Bestimmungsland Güter exportiert werden und wie sich diese Güterströme im Zeitverlauf verändern.

Von der Annahme der vollkommenen Konkurrenz kann in speziellen Märkten abgewichen werden, wie dies bei der Modellierung des Arbeitsmarktes in NEWAGE geschieht. Um die realen Bedingungen im Zusammenhang mit bestehender Arbeitslosigkeit und vorhandenen Lohnstarrheiten besser abbilden zu können, wird eine Art Ungleichgewicht in Form von Arbeitslosigkeit zugelassen und hierbei hinsichtlich der Qualifikation (skilled, unskilled) unterschieden.

Als Datenbasis dient die weltweite Input-Output-Datenbank GTAP (Version 8, Basisjahr 2007, vgl. Narayanan et al. 2012), die um energiespezifische Daten ergänzt wird, um den Energiesektor technologiefundiert zu repräsentieren. Insgesamt umfasst GTAP 129 Regionen und 57 Sektoren. Die aktuelle NEWAGE-Modellversion fasst die globalen Input-Output-Beziehungen in 18 Produktionssektoren und 18 Weltregionen zusammen.³ Die EU-28 ist dabei aufgeteilt in einen nördlichen, östlichen und südlichen Teil, wobei Deutschland (aufgeteilt in Baden-Württemberg und Rest-Deutschland), Frankreich und Österreich als Nachbarstaaten Baden-Württembergs separat abgebildet sind (Tabelle 3-1). Unter den restlichen Industrieländern sind die Schweiz sowie die USA als einzelnes Land herausgelöst. Die aufstrebenden

³ Zu Beginn des Forschungsprojekts war eine hiervon abweichende Modellauflösung von 27 Regionen und 19 Sektoren geplant. Aufgrund der zum damaligen Zeitpunkt noch nicht absehbaren numerischen Komplexität wurde die Modellauflösung auf die aktuelle Version reduziert. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die wesentliche Aussagekraft der Modellauflösung nicht beeinträchtigt wird (Vgl. Zwischenbericht 5).

BRICS-Staaten sind ebenfalls einzeln abgebildet. Alle anderen Länder sind aufgeteilt in zwei energiebedeutende Gruppen (Arabische Welt und restliche OPEC) sowie den Rest der Welt.

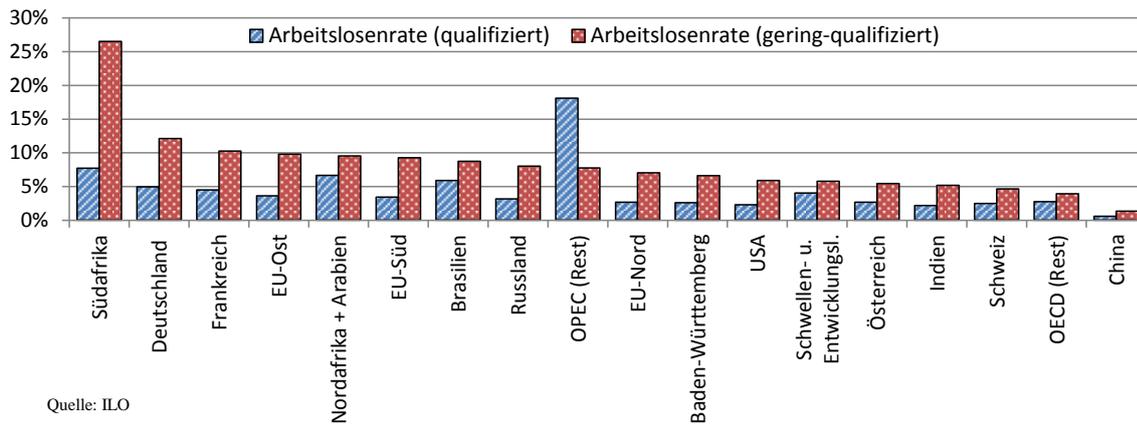
Tabelle 3-1: Regionale und sektorale Modelleinteilung in NEWAGE

Länder und Regionen				Produktionssektoren			
Nr.	Code	Beschreibung	Gruppe	Nr.	Code	Beschreibung	Gruppe
1	BAW	Baden-Württemberg	EU28 + 1	1	COL	Kohle	Energie- produktion
2	DEU	Deutschland (Rest)		2	GAS	Erdgas	
3	FRA	Frankreich		3	CRU	Erdöl	
4	AUT	Österreich		4	OIL	Mineralöl	
5	EUE	Östliche EU-28		5	ELE	Strom	
6	EUN	Nördliche EU-28		6	IRS	Eisen & Stahl	Energie- intensive Industrie
7	EUS	Südliche EU-28		7	NFM	Nichteisen-Metalle	
8	SWZ	Schweiz		8	NMM	Nichtmetallische Mineralien	
9	USA	USA	9	PPP	Papier, Pappe, Druck		
10	OEC	Restliche OECD	10	CHM	Chemische Erzeugnisse		
11	BRZ	Brasilien	11	FOT	Lebensmittel & Tabak		
12	RUS	Russland	BRICS	12	MVH	Fahrzeuge	Verarbeitendes Gewerbe
13	IND	Indien		13	MAC	Maschinen	
14	CHI	China		14	ROI	Sonstiges Verarb. Gewerbe	
15	RSA	Südafrika		15	BUI	Bauwirtschaft	Rest der Wirtschaft
16	OPE	Restliche OPEC	16	TRN	Transport		
17	ARB	Arabische Welt	17	AGR	Landwirtschaft		
18	ROW	Restliche Welt	18	SER	Dienstleistungen		

Die 18 Produktionssektoren lassen sich in fünf Energiesektoren (Kohle, Gas, Rohöl, Mineralöl und Strom), neun Industrien des Verarbeitenden Gewerbes und vier Sektoren der restlichen Wirtschaft, darunter Landwirtschaft und Transport, einteilen. Zum Verarbeitenden Gewerbe zählen die Konsumgüterindustrie (Fahrzeuge, Maschinen, restliches Verarbeitendes Gewerbe) sowie die energieintensiven Industrien. Letztere beschreiben die Produktion von chemischen Erzeugnissen, Eisen & Stahl, Nichteisenmetalle (z. B. Aluminium, Kupfer), Nichtmetallische Mineralien (z. B. Glas, Keramik, Zement), Papier, Pappe & Druck sowie Lebensmittel & Tabak.

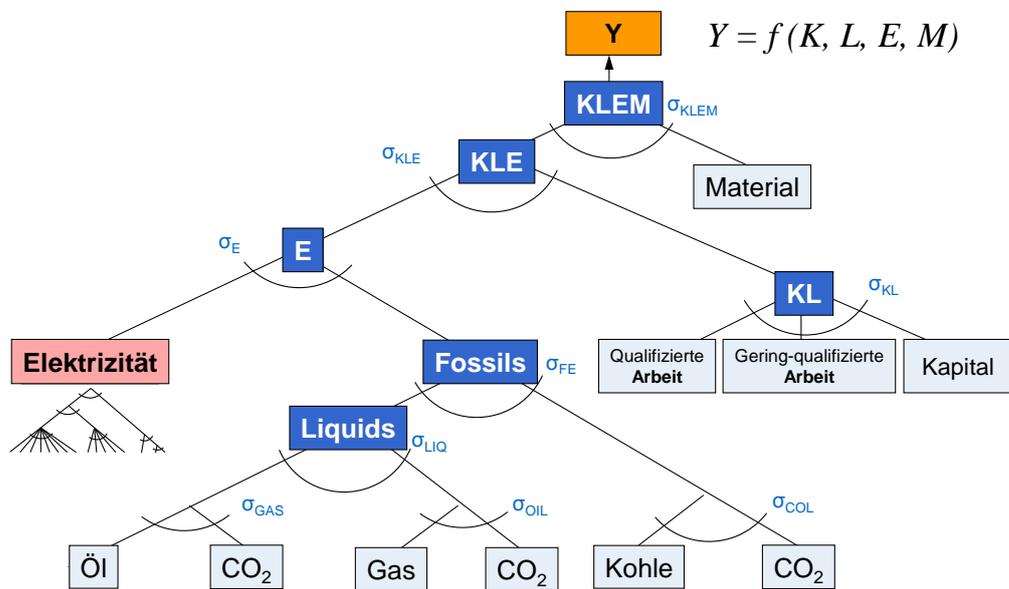
Abbildung 3-2 stellt die Arbeitslosenraten in den NEWAGE-Regionen für qualifizierte und gering-qualifizierte Erwerbspersonen basierend auf Daten der *International Labor Organization* (ILO) im Basisjahr 2007 dar. In 2007 rangiert Baden-Württemberg mit einer Arbeitslosenrate von 5 % in der unteren Hälfte aller Länder. Die Arbeitslosigkeit gering-qualifizierter Beschäftigung ist dabei höher als die der qualifizierten Beschäftigung. Rest-Deutschland weist im Basisjahr 2007 mit 9 % die dritthöchste Arbeitslosenrate hinter Südafrika und Nordafrika auf. China hat dagegen mit einer Arbeitslosigkeit von 1 % faktisch Vollbeschäftigung.

Abbildung 3-2: Arbeitslosenrate in den NEWAGE-Regionen im Basisjahr 2007



Das Gleichgewichtsmodell ist rekursiv-dynamisch aufgebaut und rechnet gegenwärtig bis zum Jahr 2050 in jeweils Fünfjahresschritten. Die Güterproduktion in den 18 Sektoren wird mit Produktionsfunktionen modelliert, die über konstante sektorspezifische Substitutionselastizitäten verfügen (Abbildung 3-3). In diesen CES-Produktionsfunktionen (Constant Elasticity of Substitution) werden aus den Inputfaktoren Kapital, Arbeit, Energie und Vorleistungsgütern Endprodukte hergestellt, wobei mit der Verbrennung fossiler Energieträger CO₂-Emissionen verbunden sind. Die beim internationalen Handel anfallenden Transportkosten werden in der CES-Funktion berücksichtigt.

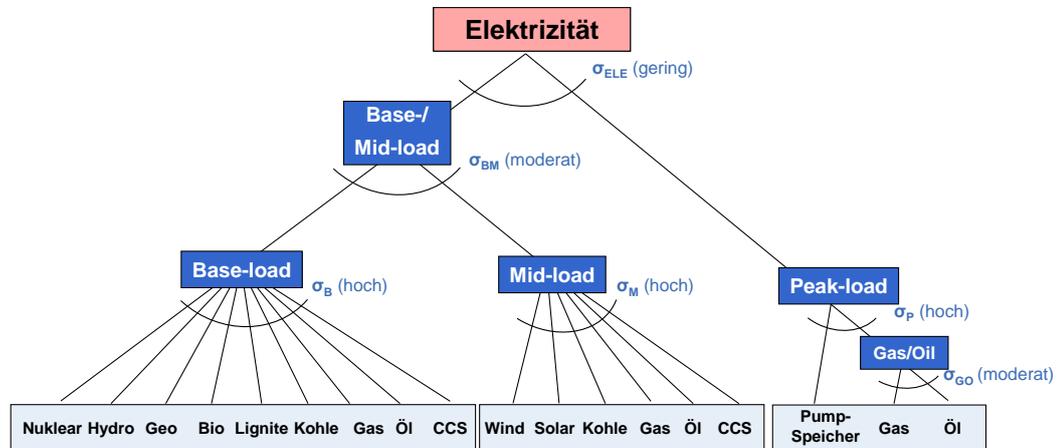
Abbildung 3-3: CES-Schachtelung in NEWAGE



Eine weitere Besonderheit, die NEWAGE von anderen Allgemeinen Gleichgewichtsmodellen unterscheidet, liegt in der detaillierten Darstellung des Elektrizitätssektors. In NEWAGE wird die Produktion von Elektrizität sehr differenziert mit 18 unterschiedlichen Erzeugungstechnologien in drei Lastsegmenten dargestellt (vgl. Abbildung 3-4). Jede Elektrizitätserzeugungstechnologie ist mittels einer CES-Produktionsfunktion mit Kapital, Arbeit, Energie und Vorleistungen modelliert. Wirkungsgradsteigerungen und Effizienzverbesserungen werden

mit einem autonomen Energieeffizienzindex (AEEI) modelliert, der sektorspezifischen technologischen Fortschritt berücksichtigen kann.

Abbildung 3-4: CES-Schachtelung der Stromerzeugungstechnologien in NEWAGE



Auf dieser Basis können letztendlich detaillierte Analysen zu den volkswirtschaftlichen Wirkungen von Energie- und Klimapolitikmaßnahmen, wie z. B. der Förderung erneuerbarer Energien, des europäischen CO₂-Emissionsrechtehandels oder des Ausstiegs aus der Kernenergie durchgeführt werden. Mit den Modellergebnissen lassen sich quantitative Aussagen über die politikinduzierte Veränderung makroökonomischer Kennzahlen, wie Bruttoinlandsprodukt, Beschäftigung, Investitionen, Wettbewerbsfähigkeit und Außenhandel treffen.

3.2 Implementierung Baden-Württembergs als eigenständige Modellregion in NEWAGE

Um Baden-Württemberg als separate Region in NEWAGE darzustellen, muss die Region Deutschland in Baden-Württemberg und Rest-Deutschland aufgeteilt werden. Dazu bedarf es einer regionalen Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg sowie zusätzlichen Informationen zu den Handelsverflechtungen. Da das Statistische Landesamt Baden-Württembergs derzeit keine originäre regionale Input-Output-Tabelle veröffentlicht, muss diese aus der nationalen Input-Output-Tabelle derivativ herausgelöst werden. Als Datenbasis wurde das Jahr 2007 gewählt, um Konsistenz zur globalen GTAP8-Datenbank sicherzustellen.

Eine Input-Output-Tabelle besteht im Wesentlichen aus drei Matrizen zu a) Primärinputs, b) Vorleistungen und c) Endnachfrage (letzte Verwendung), wie in Abbildung 3-5 schematisch dargestellt.

Abbildung 3-5: Schematische Darstellung einer Input-Output-Tabelle (Bleses 2007)

Verwendung (Input)		Input der Produktions- bereiche			Letzte Verwendung			Gesamte Verwendung
		P B	S B	T B	Konsum	Investit.	Exporte	
Aufkommen (Output)	Güter- gruppen	P B	S B	T B	Endnach- fragematrix	c)	Σ	
	S B	Vorleistungsmatrix						
T B	b)							
Ges. Vorleistungen bzw. Endnachfrage		Σ 30,4						
Komponenten der Wertschöpfung		Matrix der Primärintputs						
...		a)						
...								
...								
Importe								
Gesamtes Aufkommen		Σ			Gesamtes Aufkommen gleich gesamte Verwendung			

Für die Bestimmung der sektoralen Wertschöpfung in Baden-Württemberg wurden die nationalen Daten mit dem Anteil der sektoralen Arbeitnehmerentgelte in Baden-Württemberg an den sektoralen Arbeitnehmerentgelten in Deutschland skaliert. Dadurch können Produktivitätsunterschiede berücksichtigt werden, da anzunehmen ist, dass diese durch Lohndifferenziale kompensiert werden. Für die Bestimmung der Vorleistungsmatrix wurden die relativen Anteile (Inputkoeffizienten) der nationalen Input-Output-Tabelle auf die regionale Wertschöpfung angewendet. Dadurch können zwar keine technologischen Unterschiede in der Produktion berücksichtigt werden. Aber die implizite Annahme, dass die sektoralen Technologien jeweils dem Bundesdurchschnitt entsprechen, wurde als nicht restriktiv eingestuft.

Bei der Bestimmung der für Baden-Württemberg charakteristischen Endnachfrage bestand die wesentliche Herausforderung darin, Konsummuster und Handelsströme adäquat zu berücksichtigen. Für die Ableitung der Konsumausgaben konnte auf die originäre Datenquelle der laufenden Wirtschaftsrechnungen in Baden-Württemberg zugegriffen werden, die auf der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) beruhen. Da Hochrechnungen auf Basis der EVS die tatsächlichen Konsumausgaben privater Haushalte tendenziell unterschätzen, liegen sie unter den Hochrechnungen auf Basis der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR), auf deren Basis die Input-Output-Tabellen erstellt werden. Daher mussten die Daten auf Basis von Deckungsquoten skaliert werden, welche sich aus dem nationalen Vergleich von EVS und VGR ergaben. Da die EVS auf dem Systematischen Verzeichnis der Einnahmen und Ausgaben der privaten Haushalte (SEA) basiert, die Input-Output-Rechnung dagegen die Güter und Dienstleistungen im Rahmen der Europäischen Güterklassifikation in Verbindung mit den Wirtschaftszweigen (CPA) klassifiziert, war eine Umrechnung von Verwendungszwecken in Gütergruppen notwendig. Außerdem mussten die Konsumausgaben von Anschaffungs- zu Herstellungspreisen umgerechnet werden, um in die regionale Input-Output-Tabelle eingesetzt werden zu können. Die weiteren Komponenten der letzten Ver-

wendung, wie Staatskonsum, Investitionen und Vorratsveränderungen, wurden auf Basis der Länder-VGR als Anteile an den nationalen Daten geschätzt.

Die wohl größte Herausforderung für die Herleitung einer baden-württembergischen Input-Output-Tabelle bestand darin, die Ex- und Importe adäquat zu erfassen. Dabei galt es zu berücksichtigen, dass zwar die internationalen Handelsströme einer Volkswirtschaft an ihren geographischen Grenzen erfasst werden, aber die intra-nationalen Handelsströme zwischen den Bundesländern nicht. Zudem kommt es aufgrund der Gruppierung einzelner Güter in Wirtschaftssektoren zu einer gewissen Heterogenität innerhalb dieser Gütergruppen, was tendenziell einen in-sich-Handel innerhalb einzelner Gütergruppen zur Folge hat (sog. Cross-Hauling). Fahrzeuge werden beispielsweise nicht nur exportiert und landwirtschaftliche Erzeugnisse nicht nur importiert, sondern gleichzeitig sowohl ex- als auch importiert. Dadurch sind reine Nettoexporte nicht aussagekräftig, um die tatsächlich stattfindenden Handelsvorgänge adäquat zu berücksichtigen. Je grober die Gliederung der Gütergruppen, desto heterogener sind die Güter innerhalb dieser Gruppen und somit das Ausmaß an Cross-Hauling. Um den Heterogenitätsgrad h_i und das Ausmaß an Cross-Hauling q_i pro Gütergruppe i zu schätzen, wurde die funktionale Form von Vogt 2011 (aufbauend auf Kronenberg 2009 und Kronenberg 2010) verwendet:

$$h_i = \frac{q_i}{\sqrt{x_i + z_i + d_i}}$$

x_i bezeichnet den Produktionswert, z_i die Vorleistungen und d_i die Endnachfrage. Die Wurzelfunktion berücksichtigt mögliche Nichtlinearitäten, die darauf basieren, dass eine steigende Binnenmarktgröße für ein bestimmtes Gut normalerweise zu einer steigenden Bedeutung des Binnenmarkts gegenüber dem Außenhandel führt, so dass die Steigung des Cross-Haulings abnehmen sollte. Der Heterogenitätsgrad wurde aus der nationalen Input-Output-Tabelle berechnet. Unter der Annahme, dass der Heterogenitätsgrad in Bund und Land gleich ist, lässt sich das Ausmaß an Cross-Hauling in Baden-Württemberg für jeden einzelnen Sektor berechnen:

$$q_i^{BW} = h_i \times \sqrt{x_i^{BW} + z_i^{BW} + d_i^{BW}}$$

Aus den bereits hergeleiteten Daten für die Produktionswerte, Vorleistungen und Endnachfrage lassen sich anschließend die Handelsbilanz ($b_i = e_i - m_i = x_i - z_i - d_i$), das Handelsvolumen ($v_i = |b_i| + q_i$) und daraus die Exporte e_i und Importe m_i berechnen. Damit liegen alle nötigen Werte für die Erstellung der Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg vor. Sie ist vollständig in

Tabelle A - 1 bis Tabelle A - 8 im Anhang dargestellt.

Auf Basis der regionalen Input-Output-Tabelle wurden einzelne deskriptive Analysen zu Außenhandel, Güterheterogenität und Cross-Hauling in Baden-Württemberg durchgeführt. Be-

trachtet man für alle 71 Sektoren die jeweiligen Produktionswerte, Exporte, Importe, Handelsbilanz (Außenbeitrag), Handelsvolumen, Cross-Hauling, Güterheterogenität und Beschäftigung und sortiert die Sektoren nach ihrem Rang, ergibt sich das in Tabelle 3-2 dargestellte Ergebnis.

Tabelle 3-2: Die bedeutendsten Wirtschaftszweige Baden-Württembergs im Jahr 2007 unter Berücksichtigung unterschiedlicher Indikatoren

Indikator / Rang	1.	2.	3.
Produktionswert	Automobile	Maschinenbau	Unternehmensbezogene DL
Exporte	Automobile	Maschinenbau	Chemie
Importe	Automobile	Maschinenbau	Chemie
Außenbeitrag	Automobile	Maschinenbau	Metall
Handelsvolumen	Automobile	Maschinenbau	Chemie
Cross-Hauling	Automobile	Maschinenbau	Chemie
Güter-Heterogenität	Chemie	Pharmazie	Automobile
Beschäftigung	Automobile	Maschinenbau	Unternehmensbezogene DL

Hieraus wird deutlich, dass die Gütergruppen Automobile, Maschinen und Chemie eine herausragende Rolle in Baden-Württembergs Außenhandelsverflechtung einnehmen, da sie am meisten gehandelt (sowohl ex- als auch importiert) werden. Damit weisen sie auch das höchste Ausmaß an Cross-Hauling auf. Eine besonders heterogene Gütergruppe scheint zudem die Pharmaindustrie zu sein. Hier führt die Güterheterogenität beispielsweise dazu, dass wertmäßig mehr gehandelt als im Inland produziert wird, d. h., der Exportwert übersteigt den Produktionswert. Im Dienstleistungsbereich spielen unternehmensbezogene Dienstleistungen für Baden-Württemberg eine wichtige Rolle, da diese einen sehr hohen Produktionswert erzeugen und der Sektor drittgrößter Arbeitgeber im Land ist (gemessen an den Arbeitnehmerentgelten).

Basierend auf den bis hierhin geschilderten Arbeitsschritten konnte eine eigenständige Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg generiert und in das Modell integriert werden, so dass Baden-Württemberg als eine von 18 Volkswirtschaften innerhalb der in NEWAGE abgebildeten Weltwirtschaft dargestellt werden kann.

3.3 Modellierung von Klimawandel, -schutz und -anpassung

Wie können Klimawandel, Klimaschutz und Klimaanpassung in NEWAGE modelliert werden? Dazu wurde zunächst die Literatur gesichtet, die sich mit einer ähnlichen Fragestellung und Methodik beschäftigt. Zu nennen ist hier insbesondere das PESETA-II-Projekt des EU Joint Research Centre (JRC 2014). Ciscar et al. 2012 haben in diesem Projekt das globale

Allgemeine Gleichgewichtsmodell GEM-E3 dazu verwendet, die ökonomischen Auswirkungen von Klimawandel und Klimaanpassung zu untersuchen. Die Studie fokussiert dabei hauptsächlich auf vermiedene Schäden in der Landwirtschaft. Margulis et al. 2011 verwenden ein Allgemeines Gleichgewichtsmodell, um zukünftige Szenarien eines geminderten Klimawandels in Brasilien zu simulieren. Bruin et al. 2009 vergleichen dagegen Strategien zu Klimaschutz und Klimaanpassung in einem globalen Integrated Assessment Modell, dem DICE-Modell.

Aufbauend auf der Literatursichtung wurde eine eigene Modellierungsstrategie entwickelt (vgl. Tabelle 3-3). Diese sieht vor, sowohl durch Klimawandel bedingte Schadenskosten als auch politisch induzierte Minderungskosten zur Eindämmung der Klimawandelfolgen abzubilden. Schadenskosten lassen sich in Form von Einbußen im Anlagevermögen oder der Bruttowertschöpfung erfassen. Dies lässt sich im Modell über eine vorzugebende Sonderabschreibung des Anlagevermögens der Produktionssektoren oder eine Steuererhöhung integrieren.

Tabelle 3-3: Modellierungsstrategie

Ausprägung	Kostenart	Vorgehensweise	Modellierungsinstrument
Klimawandel	Schadenskosten	Einbußen im Anlagevermögen und/oder Bruttowertschöpfung	Vermögensabschreibung, Steuern
Klimaschutz	Minderungskosten	Vorgabe von regional und sektoral spezifischen CO ₂ -Reduktionszielen	Emissionshandel
Klimaanpassung	Minderungskosten	Erhöhung der öffentlich geförderten Investitionstätigkeiten	Steuern/Subventionen

Minderungskosten entstehen durch Klimaschutz- und Klimaanpassungsaktivitäten. Klimaschutzpolitik lässt sich durch Vorgaben regional und sektoral unterschiedlicher CO₂-Reduktionsziele abbilden. Als Modellierungsinstrument eignet sich vor allem der Emissionshandel, wie er seit 2005 in der EU in der Stromerzeugung und großen Industrieanlagen bereits eingesetzt wird (EU-ETS).

Eine umfassende Klimaanpassung durch politisch initiierte Anpassungsmaßnahmen lässt sich durch die Erhöhung der öffentlich geförderten Investitionstätigkeiten abbilden. Modelltechnisch würde dies eine Subventionierung der privaten Investitionstätigkeit bedeuten. Dabei wird davon ausgegangen, dass laufende private Investitionen bereits einen gewissen Teil der Anpassungsmaßnahmen beinhalten. Würde man politisch beurteilen, dass diese nicht ausreichen, um das avisierte Maß an Klimawandelanpassung zu erreichen, müssten öffentliche

Ausgaben getätigt werden, um geeignete Maßnahmen in die Wege zu leiten. Dies käme modelltechnisch einer (aus Steuergeldern finanzierten) Subventionierung der privaten Investitionstätigkeiten gleich.

Aufgrund des geschlossenen Einkommenskreislaufs gibt es im NEWAGE-Modell eine Nutzungskonkurrenz von Produktionsfaktoren und daraus generiertem Einkommen. Jeglicher Eingriff in den Wirtschaftskreislauf hat wirtschaftliche Anpassungsprozesse zur Folge, die sich in Preisveränderungen und darauf basierenden Angebots- und Nachfrageänderungen von Konsumenten und Produzenten ausdrücken. Eine Einführung oder Erhöhung zusätzlicher Steuern bzw. Subventionen beispielsweise verändert das relative Preisgefüge und bewirkt sowohl einen veränderten Einsatz von Produktionsfaktoren (z. B. Beschäftigung), als auch eine veränderte Verwendung von Einkommen (z. B. Konsumausgaben privater Haushalte). Auf makroökonomischer Ebene kommt es letztlich zu Allokations- und Verteilungseffekten. Das bedeutet, dass zum Beispiel ein Rückgang des Bruttoinlandsprodukts in Baden-Württemberg mit einem gleichzeitigen Anstieg der Bruttowertschöpfung in einzelnen Sektoren einhergehen kann. Mit NEWAGE können derartige gegenläufige Auswirkungen erfasst und zu Nettoeffekten saldiert werden. Dies ermöglicht es, sowohl Aussagen über die Veränderung aggregierter makroökonomischer Indikatoren als auch über die Verteilungseffekte zwischen einzelnen Wirtschaftssubjekten treffen zu können.

3.4 Dynamisierung des Modells

Für die Abschätzung des globalen Wirtschaftswachstums bis zum Jahr 2050 wurde die BASELINE-Datenbank verwendet (*BASELINE Database 2050 - MaGE model data and projections*; vgl. Fouré et al. 2012). Die Projektionen dieser Datenbank basieren auf einem makro-ökonomischen Modell (MaGE), das u. a. mit Daten des Internationalen Währungsfonds (IWF), der internationalen Organisation für Arbeit (ILO) oder der US-amerikanischen Energiebehörde (EIA) gefüttert wurde. Sie beschreibt die zukünftige Entwicklung der zentralen Produktionsfaktoren Arbeit, (Human-)Kapital und technischer Fortschritt. Die BASELINE-Datenbank hat gegenüber anderen Quellen den Vorteil, dass sie umfassende Projektionen für die meisten Länder der Welt enthält und somit länderspezifische Unterschiede aufgrund unterschiedlicher methodischer Annahmen vermieden werden können, die womöglich auftreten würden, wenn Projektionen unterschiedlicher Organisationen, wie des IWF der Weltbank oder der OECD, miteinander kombiniert würden.

Für die Dynamisierung des NEWAGE-Modells wurden die Prognosen zur Entwicklung der Produktionsfaktoren, d. h. Erwerbspersonen, Energieproduktivität und totale Faktorproduktivität (TFP) als wesentliche Wachstumstreiber entnommen. Das durchschnittliche jährliche Wachstum dieser Komponenten ist in Tabelle 3-4 dargestellt. Die Wachstumsraten der Erwerbspersonen werden von drei zentralen Faktoren bestimmt: dem absoluten Bevölkerungswachstum, dem demographischen Wandel und der Qualifikation der Beschäftigten (qualifi-

ziert und gering-qualifiziert). In Deutschland und Baden-Württemberg fallen aufgrund des hohen Wohlstandsniveaus die Veränderungsrate der Wachstumstreiber tendenziell geringer aus als im globalen Durchschnitt. So wird ein Anstieg der Anzahl der qualifizierten Erwerbspersonen in Baden-Württemberg pro Jahr um 1 % prognostiziert, während die der gering-qualifizierten Erwerbspersonen in der gleichen Größenordnung abnimmt (-0,9 %). In Rest-Deutschland wächst die Anzahl der qualifizierten Erwerbspersonen geringer (+0,6 %), dafür geht die Anzahl der gering-qualifizierten Erwerbspersonen stärker zurück (-1,3 %).

Tabelle 3-4: Projizierte, durchschnittliche Veränderungsrate der Haupt-Wachstumstreiber zwischen 2007 und 2050 (p.a. in %, vgl. Fouré et al. 2012)

	Baden- Württemberg	Deutshl. (Rest)	EU-28	USA	China	Welt
Erwerbspersonen (<i>qualifiziert</i>)	1,0	0,6	1,9	1,3	2,4	2,4
Erwerbspersonen (<i>gering-qualifiziert</i>)	-0,9	-1,3	-1,4	-0,7	-0,8	0,4
Totale Faktorproduk- tivität (TFP)	1,2	1,2	1,5	0,9	4,1	1,6
Energieproduktivität	0,1	0,1	0,4	0,4	3,2	0,6

Die Totale Faktorproduktivität (TFP) beschreibt im Wesentlichen den technischen Fortschritt, d. h. denjenigen Teil des Wirtschaftswachstums, der nicht auf die Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital zurückgeht. TFP lässt sich als Maß für kumulierte Innovationen auffassen, welche die Produktivität der Produktionsfaktoren erhöht. Sie enthält auch die Zunahme an Humankapital bzw. Wissen. Für Deutschland und Baden-Württemberg wurde ein jährlicher Wachstumsfaktor von 1,2 % geschätzt. Der globale Durchschnitt beträgt 1,6 %.

Aufgrund der Bedeutung von Energie für das Wirtschaftswachstum, wurde die Energieproduktivität als Teil des technischen Fortschritts gesondert betrachtet. Energieproduktivität kann unter anderem als Maß für Energieeffizienz aufgefasst werden. Laut BASELINE-Datenbank nimmt sie in Deutschland und Baden-Württemberg jedes Jahr um durchschnittlich 0,1 % zu, während sie im Rest der Welt meist stärker zunimmt, wie beispielsweise in China um 3,2 % pro Jahr. Die Projektionen der globalen wirtschaftlichen Entwicklung sind insbesondere für die Definition eines geeigneten Referenzszenarios in Abschnitt 4.1 von Bedeutung.

4 Modellgestützte ökonomische Analyse

Im Folgenden wird mit Hilfe des NEWAGE-Modells eine modellgestützte Szenarioanalyse durchgeführt, um die ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels auf Baden-Württemberg in einem konsistenten Modellrahmen zu untersuchen. Dabei werden die volkswirtschaftlichen Kosten von Klimaschäden, Klimaschutz und Klimaanpassung schrittweise in verschiedenen Fallunterscheidungen (Politikszenerarien) im Hinblick auf regionale und sektorale Verteilungseffekte quantifiziert. Dieses Vorgehen lässt sich als eine Reihe von Wenn-Dann-Experimenten interpretieren, die veranschaulichen, welche Veränderungen sich in der Ökonomie Baden-Württembergs bzw. der Weltwirtschaft einstellen würden, wenn bestimmte Rahmenannahmen bzw. Einflussfaktoren verändert würden. Als Vergleichsmaßstab wird den Politikszenerarien ein Referenzszenario vorangestellt, das die globale weltwirtschaftliche Entwicklung bis 2050 ohne die zu untersuchenden Einflüsse beschreibt und im Folgenden zuerst erläutert wird.

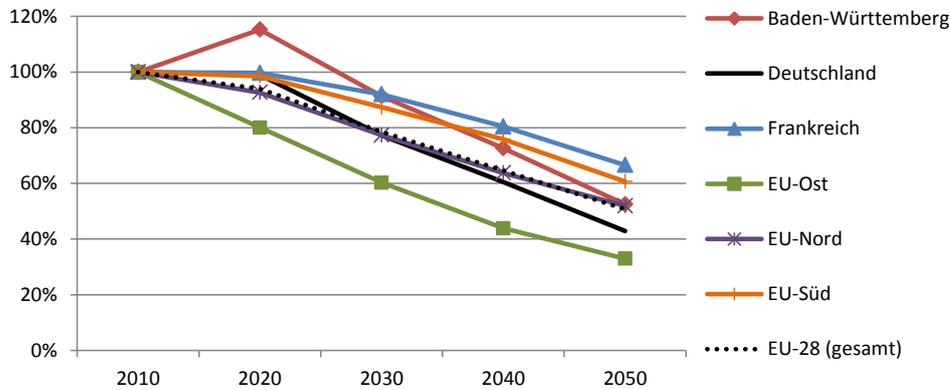
4.1 Referenzszenario bis 2050

Das NEWAGE-Referenzszenario als Basis der Szenarioanalysen entspricht im Wesentlichen der in Abschnitt 3.4 beschriebenen dynamischen Entwicklung der Weltwirtschaft. Die Haupteinflussfaktoren sind die länderspezifischen Entwicklungen des nach Qualifikationsgraden unterschiedenen Arbeitskräftepotenzials sowie der länderspezifische technische Fortschritt (Energieproduktivität, totale Faktorproduktivität). Darüber hinaus wird im Referenzszenario eine Fortschreibung der gegenwärtigen Klimapolitik auf EU-Ebene unterstellt. Das bedeutet eine kontinuierliche Verringerung des EU-ETS-Zertifikate-Caps um 1,74 % bis 2020 und um 2,2 % nach 2020, was zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen in den EU-ETS-Sektoren um ca. 80 % bis 2050 (ggü. 2005) führt. Zusätzlich wird in der EU eine Verringerung der Emissionen von Nicht-ETS-Sektoren um mindestens 25 % (ggü. 2005) vorgegeben. Darüber hinaus werden im Referenzszenario weder Schadens- noch Anpassungskosten betrachtet.

Das NEWAGE-Modell berechnet im Rahmen des Emissionshandelssystem die optimale Aufteilung der Emissionsreduktionsziele auf die einzelnen Sektoren und Staaten innerhalb des EU-ETS, in dem die jeweiligen Grenzvermeidungskosten der einzelnen teilnehmenden Produktionssektoren mit dem jeweils (endogen) berechneten Marktpreis der CO₂-Zertifikate verglichen werden. Abbildung 4-1 veranschaulicht die CO₂-Emissionspfade im Referenzszenario bis 2050 innerhalb der EU. Demnach sind die kosteneffizienten Vermeidungspotentiale in den Neuen Mitgliedsstaaten (EU-Ost) höher als in den alten Mitgliedsstaaten (z. B. Frankreich oder EU-Süd). In Baden-Württemberg sind die Vermeidungskosten im Vergleich zu den anderen EU-Mitgliedsstaaten zu Beginn des Betrachtungszeitraums recht hoch. Der ansteigende Verlauf der CO₂-Emissionen in Baden-Württemberg bis 2020 ist hauptsächlich auf den Kernenergieausstieg zurückzuführen. Danach sinken die CO₂-Emissionen überdurchschnittlich schnell, so dass die gesamte CO₂-Emissionsreduktion im Jahr 2050 dem EU-Schnitt entspricht (50 % ggü. 2010 bzw. 60 % ggü. 1990). Auf globaler Ebene wird im Referenzszenario

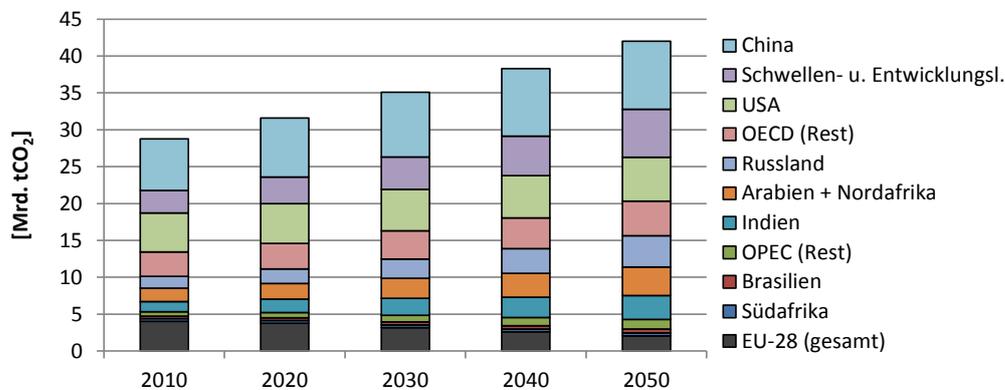
unterstellt, dass in den nächsten Jahren kein globales Klimaschutzabkommen zustande kommt und außerhalb der EU keine ambitionierten Klimaschutzziele formuliert werden.

Abbildung 4-1: CO₂-Emissionspfade im Zeitraum 2010-2050 in den Mitgliedsstaaten der EU-28 im NEWAGE-Referenzszenario (in % von 2010)



Im Referenzszenario kommt es daraufhin zu einer kontinuierlich steigenden globalen CO₂-Emissionsentwicklung, die in Abbildung 4-2 dargestellt ist. Im Jahr 2050 werden CO₂-Emissionen in Höhe von 42 Mrd. tCO₂ ausgestoßen.

Abbildung 4-2: Globale CO₂-Emissionsentwicklung nach Ländern/Regionen im Zeitraum 2010-2050 im NEWAGE-Referenzszenario (in Mrd. tCO₂)



Die im NEWAGE-Referenzszenario berechnete weltweite gesamtwirtschaftliche Entwicklung bis 2050 ist in Tabelle 4-1 anhand des länderspezifischen sowie weltweiten BIP in Mrd. €₂₀₁₀ inklusive des durchschnittlichen jährlichen BIP-Wachstums im Zeitraum 2010-2050 für Baden-Württemberg und andere ausgewählte Länder dargestellt. Während die wirtschaftlich hoch entwickelten Industrieländer ein geringeres Wachstum aufweisen ist es in den Schwellenländern wesentlich höher. Während das BIP in Baden-Württemberg und Deutschland um 0,9 % p.a. wächst, nimmt es Indien und China um 5,0 % bzw. 5,6 % p.a. zu. Die EU-28 und die USA liegen mit durchschnittlich 1,4 % p.a. gleich auf. Der weltweite Schnitt beträgt 2,7 % p.a.

Tabelle 4-1: Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts ausgesuchter Länder und weltweit im NEWAGE-Referenzszenario im Zeitraum 2010-2050 (in Mrd. €₂₀₁₀)

	2010	2020	2030	2040	2050	Ø-Wachstum p.a.
Baden-Württemberg	376	445	484	512	527	0,9 %
Deutschland (inkl. BW)	2.504	2.839	3.063	3.318	3.554	0,9 %
Frankreich	2.070	2.534	2.920	3.180	3.294	1,2 %
EU-Nord	4.081	5.023	5.897	6.641	7.255	1,4 %
EU-Süd	3.397	4.162	4.973	5.685	6.184	1,5 %
EU-Ost	795	1.055	1.354	1.671	2.002	2,3 %
EU-28 (gesamt)	13.129	15.951	18.592	20.916	22.731	1,4 %
USA	10.870	13.088	15.106	17.039	18.682	1,4 %
Schwellen- u. Entwicklunsl.	3.606	5.478	7.860	10.720	14.032	3,5 %
Indien	1.108	2.148	3.593	5.449	7.732	5,0 %
China	3.433	7.150	12.715	20.379	30.356	5,6 %
Andere Länder/Regionen	11.706	16.161	21.461	27.376	33.884	2,7 %
Welt	43.852	59.976	79.327	101.879	127.417	2,7 %

Innerhalb Baden-Württembergs verteilt sich das Wachstum unterschiedlich auf die einzelnen Branchen. Tabelle 4-2 stellt die Entwicklung der Bruttowertschöpfung ausgewählter Branchen in Baden-Württemberg im Zeitraum 2010-2050 dar. Während der Dienstleistungssektor und der Maschinenbau im Schnitt um 1,4 % bzw. 1,3 % pro Jahr überdurchschnittlich wachsen, geht die Bruttowertschöpfung in den energieintensiven Industriebranchen Chemie und Metall im Schnitt um 0,1 bzw. 0,4 % pro Jahr zurück. Dabei ist bis 2030 dort zunächst eine positive Entwicklung zu verzeichnen, die sich aufgrund des langfristig zunehmenden Emissionsminderungsdrucks innerhalb des EU-ETS allerdings Richtung Ende des Zeitraums umkehrt. Die Automobilindustrie wächst dagegen kontinuierlich im Landesschnitt um 0,9 % p.a.

Tabelle 4-2: Entwicklung der Bruttowertschöpfung ausgewählter Branchen Baden-Württembergs im NEWAGE-Referenzszenario im Zeitraum 2010-2050 (in Mrd. €₂₀₁₀)

	2010	2020	2030	2040	2050	Ø-Wachstum p.a.
Eisen & Stahl	1,5	1,7	1,7	1,6	1,2	-0,4 %
NE-Metalle	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7	-0,4 %
Chemie	16,1	18,5	19,2	18,8	15,6	-0,1 %
Sonst. Verarb. Gewerbe	26,6	31,0	32,7	32,8	31,8	0,4 %
Baustoff	2,8	3,4	3,7	3,7	3,3	0,5 %
Papier	11,0	13,1	14,7	15,0	13,5	0,5 %
Lebensmittel	7,6	9,2	10,3	10,8	10,9	0,9 %
Fahrzeuge	24,0	28,4	30,4	32,2	34,8	0,9 %
Landwirtschaft	2,9	3,5	4,0	4,2	4,4	1,1 %
Bauwirtschaft	15,1	18,5	21,0	23,3	25,5	1,3 %
Dienstleistungen	160,9	194,6	221,1	247,3	272,6	1,3 %
Maschinen	50,2	60,2	66,5	74,9	87,0	1,4 %
Gesamt	335	400	438	472	501	1,0 %

4.2 Ökonomische Auswirkungen von Klimaschäden

Aufbauend auf dem Referenzszenario werden im Folgenden zunächst die ökonomischen Auswirkungen von Klimaschäden in Baden-Württemberg analysiert. Dabei wird zwischen direkten und indirekten Schadenskosten unterschieden. Direkte Schadenskosten bezeichnen klimawandelbedingte Schäden an Gebäuden und Infrastruktur innerhalb Baden-Württembergs. Indirekte Schadenskosten bezeichnen „importierte“ Schadenskosten, also klimawandelbedingte Schäden außerhalb Baden-Württembergs, die sich über die außenwirtschaftliche Verflechtung auf die Ökonomie Baden-Württembergs auswirken.

4.2.1 Direkte Schadenskosten des Klimawandels

Aus ökonomischer Sicht macht sich der Klimawandel in Form von Schäden an Gebäuden, Infrastruktur oder Böden bemerkbar, die durch Wetterextreme, wie Dürren, Überschwemmungen oder Stürme, hervorgerufen werden. Mit dem NEWAGE-Modell können zwar keine volkswirtschaftlichen Schadenskosten in Abhängigkeit des Klimawandels berechnet werden, da es den Wirkungsmechanismus zwischen Klima und Wirtschaft nicht abbildet.⁴ Stattdessen können aber regionale und sektorale Verteilungseffekte bestimmter exogen vorgegebener Schadenskosten berechnet werden.

Für die Analyse der direkten Schadenskosten ist zunächst eine Grenzschadenskostenfunktion zu quantifizieren, die die Klimaschäden in Abhängigkeit des Emissionsniveaus darstellt. Hierfür lassen sich die Ergebnisse der Literaturrecherche aus Abschnitt 2.3.1 heranziehen. Verwendet man die Best-Practice-Kostensätze der UBA-Methodenkonvention (Schwermer et al. 2012), lässt sich eine Grenzschadenskostenkurve (GSK) für das Jahr 2050 herleiten, die in Abbildung 4-3 dargestellt ist.

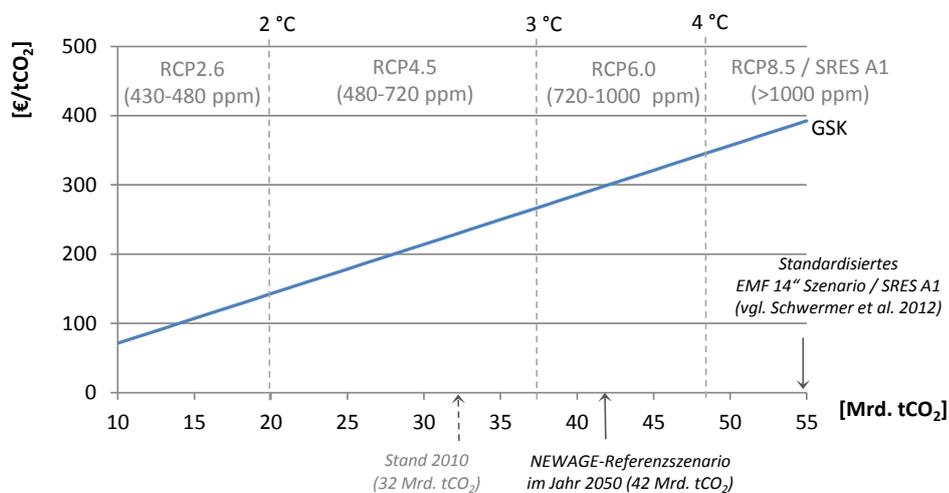
Als aktuelle globale Grenzschadenskosten des Klimawandels für das Jahr 2010 wird in den Best-Practice-Kostensätzen der UBA-Methodenkonvention ein Wert von 80 €/tCO₂ vorgeschlagen. Unter der Annahme einer ungebremsten Emissionsentwicklung, die gemäß dem *standardisierten EMF-14-Szenario* im Jahr 2050 zu weltweiten Emissionen von ca. 55 Mrd. tCO₂ führen würde, lässt sich für das Jahr 2050 ein Wert von 393 €/tCO₂ ableiten.⁵ Der Wert für 2050 ermittelt sich dabei als arithmetisches Mittel aus den entsprechenden Werten eines „West European Equity Weighting“ (WEu) mit einer Zeitpräferenzrate von 0 % bzw. 1 % jeweils für die Jahre 2045 und 2055. Die Grenzschadenskostenkurve in Abbildung 4-3 lässt sich als Gerade zwischen dem Ursprung und dem ermittelten Wert von 393 €/tCO₂

⁴ Dazu wäre ein Integrated Assessment Model (IAM), wie RICE, DICE oder WIAGEM, nötig.

⁵ Zugrunde liegt ein Klimaszenario, das sogenannte „standardisierte EMF 14“ Szenario. Es geht von Emissionen aus, die zwischen 15-17 Gt Kohlenstoff im Jahr 2050 und 20-26 Gt Kohlenstoff im Jahr 2100 liegen. Dies entspricht zumindest bis 2080 etwa dem IPCC-Szenario A1 und spiegelt ein moderates Business-As-Usual-Szenario wider. Vgl. Schwermer et al. 2012, S. 7.

in Verbindung mit einer Emissionsmenge von 55 Mrd. tCO₂ im Jahr 2050 approximieren.⁶ Das Emissionsniveau im NEWAGE-Referenzszenario beträgt im Jahr 2050 rund 42 Mrd. tCO₂ (vgl. Abbildung 4-2). Multipliziert mit dem dort gültigen Kostensatz von rund 300 €/tCO₂ würden sich im NEWAGE-Referenzszenario globale Schadenskosten in 2050 in Höhe von 9,8 % am globalen BIP ergeben (vgl. Tabelle 4-1). Für eine Temperaturerhöhung zwischen 3 °C und 4 °C, die diese Emissionsmenge gemäß IPCC wahrscheinlich verursachen würde (vgl. Tabelle A-9 im Anhang), ordnet sich dieser Wert in die in der Literatur gefundene Spannbreite ein (vgl. Abschnitt 2.3.1 bzw. Tol 2009).

Abbildung 4-3: Globale Grenzschadenskostenkurve (GSK) im Jahr 2050 in €/tCO₂ in Abhängigkeit des globalen CO₂-Emissionsniveaus in Mrd. tCO₂



Da sich der Klimawandel weltweit unterschiedlich auswirkt, weichen die regionalen und lokalen Schadenskosten vom weltweiten Schnitt ab. Um die regionalen Auswirkungen der klimawandelbedingten Schadenskosten im NEWAGE-Modell, insbesondere für Baden-Württemberg, analysieren zu können, sind Annahmen über die regionale Vulnerabilität bzw. Betroffenheit einzelner Länder und Regionen zu treffen. Für eine solche Einteilung der Länder in verschiedene Vulnerabilitäts- oder Betroffenheitsgruppen kann auf bestehende Literatur zurückgegriffen werden. Agrawala et al. 2010 untersuchen die regionale Betroffenheit des Klimawandels hinsichtlich der zukünftig nötigen Anpassungskosten mit Hilfe der Integrated-Assessment-Modelle RICE und WITCH (vgl. Agrawala et al. 2010, S. 30). Die regionalen Unterschiede der Klimawandelbetroffenheit innerhalb Europas können mithilfe einer EEA-Studie eingeordnet werden (EEA 2012a). Die entsprechende Einordnung jedes Landes in eine von drei Betroffenheitsgruppen ist in Tabelle 4-3 dargestellt. Gruppe A beinhaltet diejenigen Länder, die vermutlich am stärksten von den Folgen des Klimawandels betroffen sind. Dazu zählt neben Indien die Gruppe der Schwellen- und Entwicklungsländer, vor allem in Süd-

⁶ In den IPCC-Sachstandsberichten wird zwar regelmäßig betont, dass Klimawandelschäden keinem linearem, sondern eher sprunghaften Verlauf folgen. Aufgrund der Unsicherheit über diese Sprungstellen wurde hier jedoch ein annähernd linearer Verlauf unterstellt.

ostasien und Subsahara-Afrika. Gruppe B beinhaltet diejenigen Länder, die ebenfalls spürbar betroffen sind, aber in deutlich geringerem Ausmaß als die Länder der Gruppe A. Gruppe C beinhaltet schließlich diejenigen Länder, in denen die geringste Betroffenheit zu erwarten ist. Deutschland und Baden-Württemberg zählen genauso wie die USA, Russland und China zur Gruppe C. Zusätzlich zur Einteilung in die drei Gruppen kann aus der Literatur ein Betroffenheitsfaktor abgeleitet werden, der eine Gewichtung der Schadensintensität zwischen den Gruppen wiedergibt. So fallen die Schadenskosten in Gruppe A nach Agrawala et al. 2010 schätzungsweise 10 mal so hoch aus wie in Gruppe C. In Gruppe B wäre er nach dieser Skalierung etwa 4 mal so hoch wie in Gruppe C (vgl. Agrawala et al. 2010, S. 30).

Tabelle 4-3: Ländereinteilung in 3 Gruppen nach Klimawandelbetroffenheit

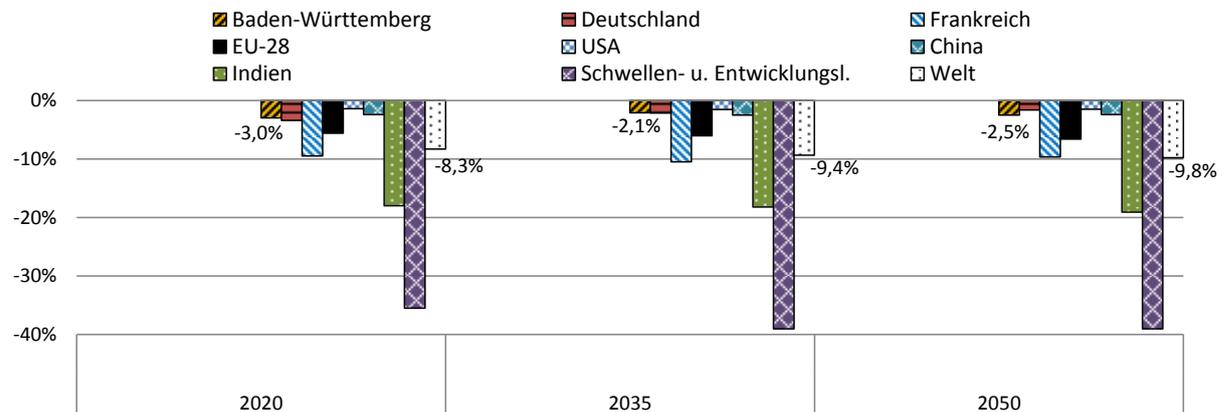
Land	Gruppe	Betroffenheitsfaktor (im Vergleich zu Gruppe C)
Schwellen- u. Entwicklungsländer Indien	A	10
EU-Süd Restliche OECD Frankreich Schweiz Österreich Brasilien Südafrika Restliche OPEC	B	4
Baden-Württemberg Deutschland EU-Ost Nordafrika + Arabien EU-Nord Russland USA China	C	1

Anhand der Informationen über das globale Schadensausmaß im NEWAGE-Referenzszenario im Jahr 2050 in Höhe von 9,8 % des globalen BIP und der Unterscheidung regionaler Schadensbetroffenheit gemäß Tabelle 4-3 können die Auswirkungen direkter Schadenskosten auf die Ökonomie Baden-Württembergs, insbesondere hinsichtlich der sektoralen Verteilungseffekte, analysiert werden. Aus ökonomischer Sicht wirken direkte Schadenskosten wie eine Beeinträchtigung des volkswirtschaftlichen Produktivkapitals, welches als Produktionsfaktor eine wesentliche Bedeutung für die wirtschaftliche Produktion hat. Die volkswirtschaftlichen Auswirkungen direkter Schadenskosten können daher im NEWAGE-Modell anhand eines Produktivkapitaleinbruchs modelliert werden, der sich länderspezifisch gemäß Tabelle 4-3 unterschiedlich auswirkt, global aber zu einem um 9,8 % niedrigeren BIP bis zum Jahr 2050 führt.

Die Veränderung des Bruttoinlandsprodukts ausgewählter Länder im Zeitraum 2020-2050 infolge des Produktivkapitaleinbruchs im Vergleich zum Referenzszenario ist in Abbildung

4-4 dargestellt. Die volkswirtschaftlichen Kosten fallen dabei vor allem in den Schwellen- und Entwicklungsländern mit bis zu 40 % ihres BIP im Jahr 2050 sehr hoch aus. In Indien sind die Schadenskosten dagegen um rund die Hälfte niedriger, obwohl der exogen vorgegebene Produktivkapitaleinbruch identisch ausfällt (vgl. Tabelle 4-3). Dies hängt unter anderem mit dem unterschiedlichen Wirtschaftswachstum im NEWAGE-Referenzszenario zusammen, das in Indien deutlich größer ausfällt als in den Schwellen- und Entwicklungsländern (vgl. Tabelle 4-1). Indien ist somit besser in der Lage, die anfallenden Schadenskosten volkswirtschaftlich zu kompensieren. In Baden-Württemberg führen die Schadenskosten im Jahr 2050 zu einem Bruttoinlandsprodukt, das im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario um 2,5 % geringer ausfällt. In Deutschland (inkl. Baden-Württemberg) beträgt der relative Rückgang des Bruttoinlandsprodukts knapp 2 %, der EU-Schnitt beträgt 7 %.

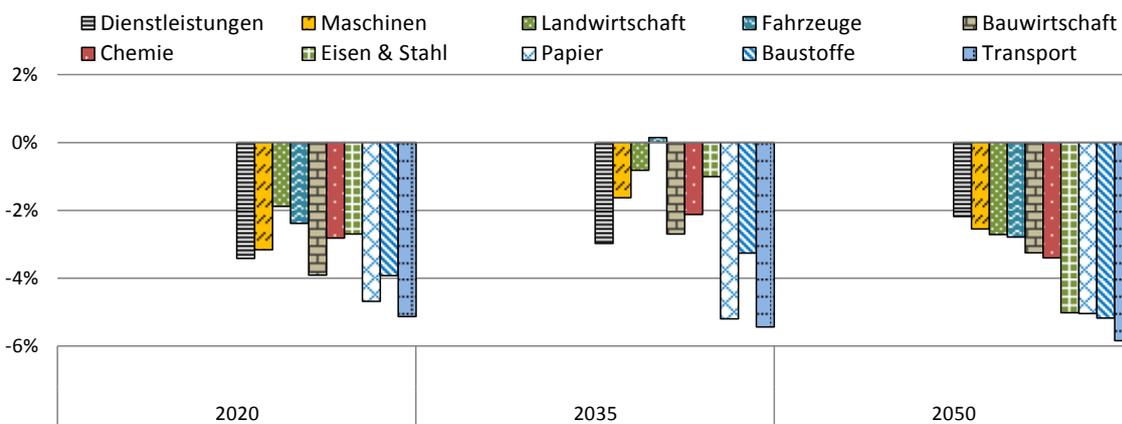
Abbildung 4-4: Veränderung des BIP ausgewählter Länder und weltweit im Zeitraum 2020-2050 infolge eines Produktivkapitaleinbruchs im Vergleich zum Referenzszenario (in %)



Wie wirken sich die direkten Schadenskosten auf die einzelnen Branchen innerhalb Baden-Württembergs aus? Abbildung 4-5 stellt die Bruttowertschöpfung ausgewählter Branchen in Baden-Württemberg im Zeitraum 2020-2050 bei Berücksichtigung der direkten Schadenskosten im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario dar. Die Veränderungen sind das Ergebnis von sowohl angebots- als auch nachfrageseitigen Effekten, die zum Teil gegenläufig wirken können. Zum einen sind vor allem kapitalintensive Branchen betroffen, da dort Schäden an Gebäuden, Maschinen und Infrastruktur einen tendenziell größeren Einfluss auf die veränderten Produktionskosten ausüben dürften, als in vorleistungs- oder arbeitsintensiven Branchen. Zum anderen sind exportorientierte und vorleistungsintensive Branchen betroffen, die sich veränderten relativen Güterpreisen und veränderten Absatzmöglichkeiten auf vor- und nachgelagerten Märkten gegenüber sehen. Im NEWAGE-Modell ist die Kapitalintensität in Baden-Württemberg in den Sektoren Landwirtschaft, Dienstleistungen, Papier, Bauwirtschaft und Transportdienstleistungen am höchsten. Exportorientiert und vorleistungsintensiv produzieren vor allem die Fahrzeugindustrie, Metallindustrie, Chemieindustrie sowie der Maschinenbau. Im Ergebnis wirken sich die direkten Schadenskosten bis zum Jahr 2050 relativ zum NEWAGE-Referenzszenario vor allem in den Branchen Transportdienstleistungen, Baustoffe,

Papier und Eisen & Stahl aus. Im Branchenschnitt liegt die Bruttowertschöpfung infolge des Produktivkapitaleinbruchs im Jahr 2050 um 2,8 % niedriger als im NEWAGE-Referenzszenario. Aufgrund ihrer wertmäßigen Größe wirken sich die Veränderungen in den Branchen Dienstleistungen, Fahrzeuge und Maschinen absolut betrachtet jedoch stärker aus. Zusammen sind sie mit einem Rückgang von 9 Mrd. € im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario für rund zwei Drittel der verringerten Bruttowertschöpfung Baden-Württembergs im Jahr 2050 in Höhe von 14 Mrd. € verantwortlich.

Abbildung 4-5: Veränderung der Bruttowertschöpfung ausgewählter Sektoren Baden-Württembergs im Zeitraum 2020-2050 infolge eines Produktivkapitaleinbruchs im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in %)



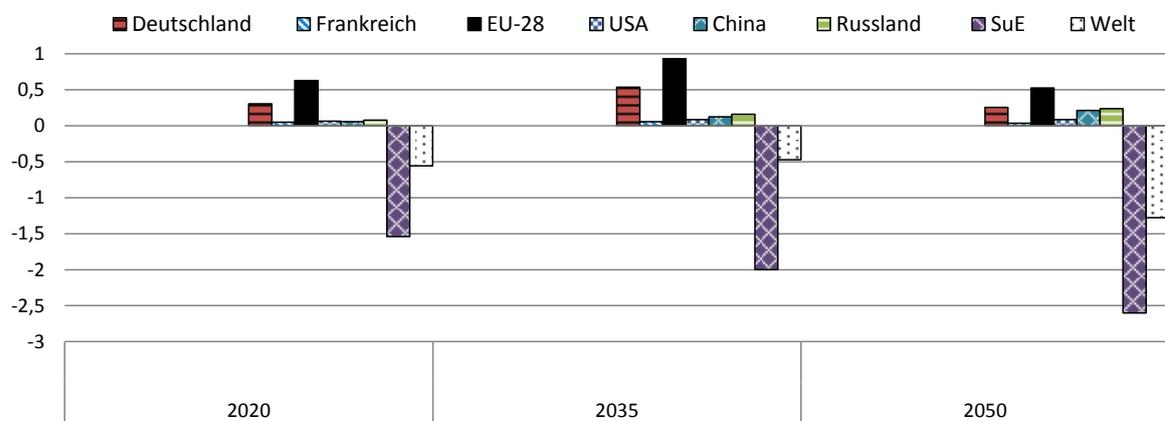
4.2.2 Indirekte Schadenskosten des Klimawandels

Klimawandelbedingte Schäden in anderen Ländern hemmen dort Produktion und Einkommen und damit verbunden auch die Nachfrage nach Exportgütern aus Baden-Württemberg. Dieser Effekt wurde in der Betrachtung des vorangehenden Abschnitts aufgrund des Allgemeinen Gleichgewichtsansatzes des NEWAGE-Modells automatisch mitbetrachtet. Im Folgenden soll dieser Effekt am Beispiel der Fahrzeugindustrie isoliert aufgezeigt werden. Dazu wird eine Situation angenommen, in der es in den Entwicklungs- und Schwellenländern aufgrund des Klimawandels zu einem Nachfrageeinbruch nach importierten Fahrzeugen kommt. Durch die Abbildung des Welthandels im NEWAGE-Modell lässt sich aufzeigen, welche Veränderungen sich daraufhin im Welthandel mit den jeweiligen Konsequenzen für die baden-württembergische Produktion ergeben. Exemplarisch werden die Fahrzeugimporte in Schwellen- und Entwicklungsländern wertmäßig mit einem Zoll in Höhe von 100 % belegt. Durch den Importzoll gehen die weltweiten Fahrzeugexporte in die Gruppe der Schwellen- und Entwicklungsländer (SuE) zurück.

Abbildung 4-6 veranschaulicht die Veränderungen der Exporte Baden-Württembergs zu ausgewählten Handelspartnern infolge des Importzolls auf Fahrzeuge in der Gruppe der Schwellen- und Entwicklungsländer im Zeitraum 2020-2050 im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario. Der Rückgang der Exporte Baden-Württembergs zu den Schwellen- und Entwicklungsländern ist demnach auf die zurückgegangenen Fahrzeugexporte zurückzuführen,

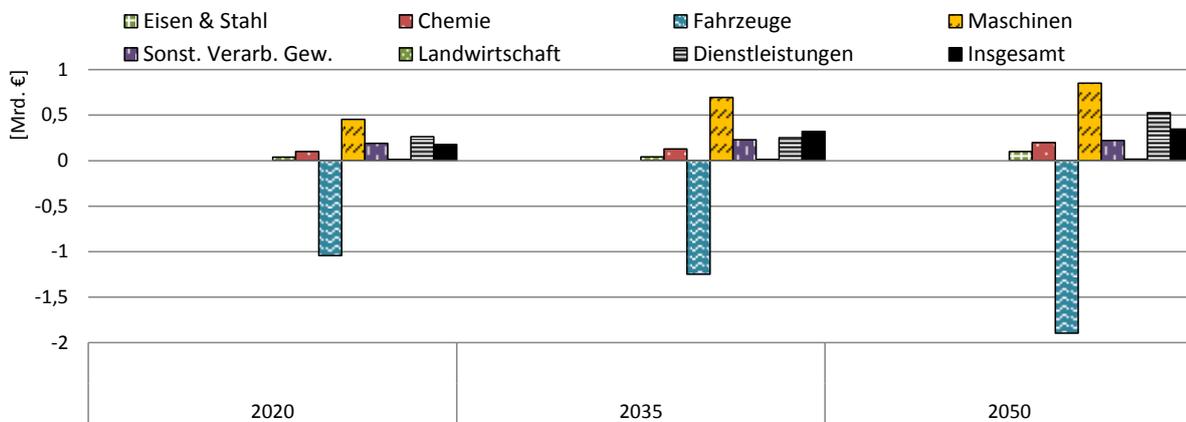
die zu einem Teil in andere Länder umgelenkt werden. Gleichzeitig kommt es zu weltweiten Anpassungsprozessen und einer alternativen Verwendung der in Baden-Württemberg nicht benötigten Exportkapazitäten, so dass die Exporte Baden-Württembergs in andere Länder ansteigen, hauptsächlich innerhalb der EU-28. Dorthin werden im Zeitraum 2020-2050 pro Jahr durchschnittlich 0,8 Mrd. € mehr als im NEWAGE-Referenzszenario exportiert. Weltweit kommt es aber zu geringeren baden-württembergischen Exporten von im Schnitt 0,6 Mrd. € pro Jahr im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario.

Abbildung 4-6: Veränderungen der Exporte Baden-Württembergs zu ausgewählten Handelspartnern infolge des Importzolls auf Fahrzeuge in Schwellen- und Entwicklungsländern im Zeitraum 2020-2050 im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in Mrd. €)



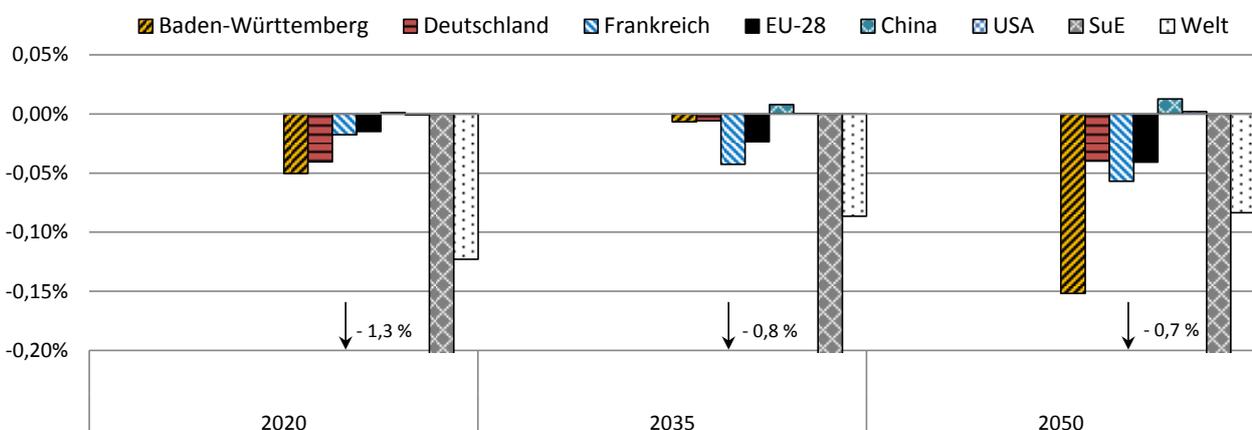
Die gesamtwirtschaftlichen Veränderungen wirken sich auf Branchenebene unterschiedlich aus. Unter Einbeziehung der jeweiligen Importe ergeben sich die in Abbildung 4-7 dargestellten Veränderungen der Nettoexporte ausgewählter Branchen in Baden-Württemberg im Zeitraum 2020-2050 im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in Mrd. €). Die aufgrund der niedrigeren Fahrzeugexporte frei gewordenen Exportkapazitäten (z. B. Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital) können in anderen Branchen, wie beispielsweise dem Maschinenbau oder dem Dienstleistungssektor, zum Teil genutzt werden. Ein relativer Anstieg der Nettoexporte kann aber letztlich auch durch einen relativ stärkeren Rückgang branchenspezifischer Importe hervorgerufen werden. Unterm Strich kommt es in Baden-Württemberg im gesamten Zeitraum zu größeren Nettoexporten als im NEWAGE-Referenzszenario. Aufgrund des relativen Rückgangs der Exporte gemäß Abbildung 4-6 lässt sich schließen, dass der relative Anstieg der Nettoexporte auf einen größeren relativen Rückgang der Importe zurückzuführen ist (vgl. Abbildung 4-6). Dies ist unter anderem auf gesunkene Konsumausgaben der privaten Haushalte zurückzuführen.

Abbildung 4-7: Veränderung der Nettoexporte ausgewählter Branchen in Baden-Württembergs infolge des Importzolls auf Fahrzeuge in Schwellen- und Entwicklungsländern im Zeitraum 2020-2050 im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in Mrd. €)



Gesamtwirtschaftlich wirkt sich die durch einen Importzoll modellierte klimawandelbedingte Handelsbeschränkung in Schwellen- und Entwicklungsländern vor allem langfristig negativ auf die baden-württembergische Wirtschaft aus. Abbildung 4-8 stellt die BIP-Unterschiede ausgewählter Länder infolge des Importzolls auf Fahrzeuge in Schwellen- und Entwicklungsländern im Zeitraum 2020-2050 im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario dar. Im Jahr 2050 liegt das BIP in Baden-Württemberg um 0,15 % niedriger als im NEWAGE-Referenzszenario, der EU-Schnitt beträgt dagegen weniger als 0,05 %. Weltweit liegt das BIP infolge des Importzolls um knapp 0,1 % niedriger. Die größten Einschränkungen löst eine solche Handelsbeschränkung jedoch für die betroffenen Schwellen- und Entwicklungsländer selbst aus. Dort liegt das BIP im Jahr 2050 um 0,7 % niedriger als im NEWAGE-Referenzszenario.

Abbildung 4-8: Veränderung des BIP ausgewählter Länder und weltweit im Zeitraum 2020-2050 infolge des Importzolls auf Fahrzeuge in Schwellen- und Entwicklungsländern im Zeitraum 2020-2050 im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in %)



Die ökonomische Analyse von Klimaschäden hat gezeigt, dass indirekte Schadenskosten insbesondere in einer außenwirtschaftlich stark verflochtenen Ökonomie, wie der Baden-Württembergs, nicht zu vernachlässigen sind. In der Realität treten direkte und indirekte

Schadenskosten meist gleichzeitig auf. Deshalb müssen die Auswirkungen des Klimawandels auf die Ökonomie Baden-Württembergs immer im Rahmen der gesamten weltwirtschaftlichen Entwicklung betrachtet werden. Die Höhe der Schadenskosten ist dabei abhängig von dem jeweiligen Ausmaß der Schadensvermeidungsaktivitäten durch Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen, welche wiederum in Erwartung bestimmter klimawandelbedingter Schadenskosten getroffen werden (vgl. auch Abschnitt 2.2). Im Folgenden werden daher die ökonomischen Auswirkungen von Schadensvermeidungsaktivitäten analysiert.

4.3 Ökonomische Auswirkungen eines globalen Emissionshandelssystems

Wie in Abschnitt 2.2 bereits angesprochen, erscheint es aus ökonomischer Sicht wenig rational, sowohl Klimaschutz- als auch Klimaanpassungsmaßnahmen jeweils vollständig auszuschöpfen, das heißt, entweder jegliche THG-Emissionen zu vermeiden oder eine Anpassung an jeden denkbaren Schaden zu betreiben. Das Ziel sollte aus ökonomischer Sicht die Minimierung der Gesamtkosten sein, sprich der Summe aus Klimaschadens-, Klimaschutz- und Klimaanpassungskosten. Hierbei ist auch die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, bestimmte Schäden durch Anpassung oder THG-Emissionsminderung nicht zu vermeiden, wenn dies aus Kostengründen sinnvoll erscheint. Im Optimum ergibt sich dann eine Kombination aus THG-Emissionsminderung, Klimaanpassung und verbleibenden Schäden. Im Folgenden soll analysiert werden, mit welchen ökonomischen Auswirkungen die Einführung eines globalen Emissionshandelssystems bei einem möglichen Zustandekommen eines globalen Klimaschutzabkommens verbunden wäre. Dabei werden Klimaanpassungsstrategien zunächst außen vor gelassen, in Abschnitt 4.4 aber in die Analyse integriert.

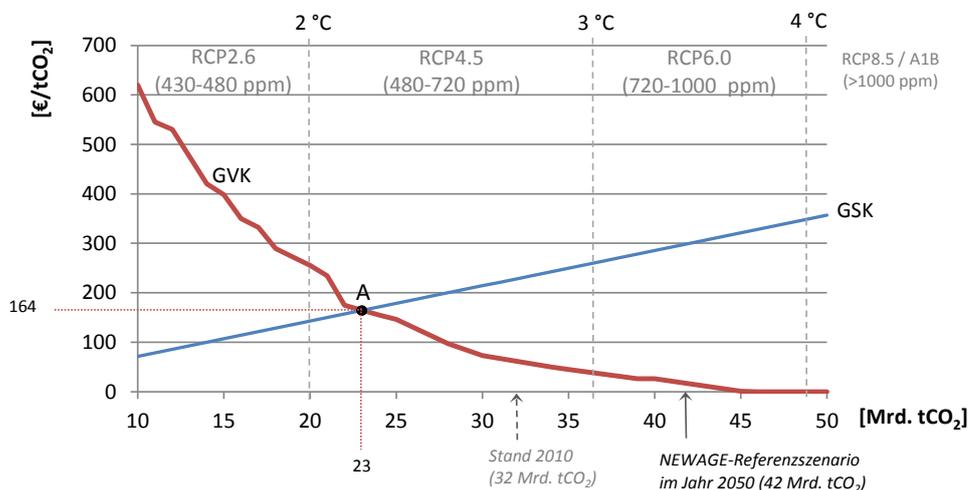
Welches globale Emissionsniveau bzw. welches Ausmaß von Emissionsvermeidung ist aus ökonomischer Sicht optimal? In der ökonomischen Theorie liegt das Optimum in demjenigen Emissionsniveau, in dem die Grenzschadens- den Grenzvermeidungskosten entsprechen. Um dieses Optimum bestimmen zu können, bedarf es der Kenntnis bzw. Quantifizierung der zugrunde liegenden Grenzschadens- und Grenzvermeidungskostenfunktionen.

Eine Grenzschadenskostenkurve wurde bereits in Abschnitt 4.2.1 ermittelt. Für die Bestimmung einer quantifizierbaren Grenzvermeidungskostenfunktion lässt sich das NEWAGE-Modell heranziehen. Dort sind sowohl Substitutionsbeziehungen zwischen fossilen Brennstoffen mit anderen Energieträgern bzw. Produktionsfaktoren (z. B. Arbeit, Kapital) als auch ein bestimmtes Maß (exogenen) technologischen Fortschritts implementiert. Die Einführung eines globalen Emissionshandelssystems für fossile Brennstoffe bzw. für CO₂ in Verbindung mit einer Reduktion der global zur Verfügung stehenden CO₂-Menge ermöglicht dem Modell in einer Knappheitssituation entweder fossile Brennstoffe durch andere Produktionsfaktoren zu substituieren (sog. Substitutionseffekt) oder die jeweilige Produktionsmenge betroffener Unternehmen bzw. die Konsumnachfrage der Haushalte zu reduzieren (sog. Einkommenseffekt). Der sich ergebende Marktpreis für CO₂ in einer bestimmten Knappheitssituationen, d. h.

unter Vorgabe einer bestimmten Emissionsreduktionsmenge, spiegelt die in dieser Situation geltenden Grenzvermeidungskosten wieder.

Berechnet man im NEWAGE-Modell für unterschiedliche Emissionsreduktionsmengen den aus dem globalen Emissionshandel jeweils resultierenden CO₂-Preis, ergibt sich der in dargestellte Verlauf der globalen Grenzvermeidungskostenfunktion (GVK), die die gesamtwirtschaftlichen Kosten verschiedener Reduktionsanstrengungen widerspiegelt. Demnach sind Emissionsreduktionen von 55 Mrd. tCO₂ (standardisiertes EMF-14-Szenario, vgl. Abbildung 4-3) auf 45 Mrd. tCO₂ im Jahr 2050 angesichts des zu erwartenden technologischen Fortschritts nahezu kostenlos möglich. Darüber hinausgehende Anstrengungen sind mit steigenden Vermeidungskosten verbunden.

Abbildung 4-9: Verlauf und Schnittpunkt der globalen Grenzschadens- und Grenzvermeidungskostenfunktion (GSK bzw. GVK) im Jahr 2050 in €/tCO₂ in Abhängigkeit des globalen CO₂-Emissionsniveaus in Mrd. tCO₂



Das Verhältnis zwischen Emissionsmenge und CO₂-Konzentration in der Atmosphäre kann anhand des fünften IPCC-Sachstandsberichts eingegrenzt werden (vgl. Tabelle A-9 im Anhang bzw. IPCC 2014a). Demnach sei es wahrscheinlich, dass eine Stabilisierung der CO₂-Konzentration auf 430-480 ppm den Anstieg der globalen Oberflächentemperatur im Vergleich zu vorindustriellen Werten auf weniger als 2° C beschränken würde. Hierfür wäre eine Reduktion der jährlichen globalen Emissionen bis 2050 auf 10-20 Mrd. tCO₂ erforderlich. Die Einhaltung des 2-Grad-Ziels und eine dementsprechende Reduktion der globalen Emissionen bis 2050 auf weniger als 20 Mrd. tCO₂ sind nach mit Grenzvermeidungskosten von über 250 €/tCO₂ verbunden. Zur Einhaltung einer 3-Grad-Grenze (580-720 ppm gemäß RCP4.5-Szenario) dürften die jährlichen globalen Emissionen wahrscheinlich nicht mehr als 37 Mrd. tCO₂ betragen, was etwas mehr als aktuellen Emissionsmengen entspricht.⁷ Die Grenzvermeidungskosten zur Erreichung des RCP4.5-Szenarios liegen im Bereich 50-250 €/tCO₂.

⁷ Dies bezieht sich auf alle CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen und industriellen Prozessen. Diese betragen im Jahr 2010 ca. 32 Mrd. tCO₂ (vgl. IPCC 2014a, S. 5).

Vergleicht man die im NEWAGE-Modell ermittelten Werte mit einer Metastudie für globale Grenzvermeidungskosten (Kuik et al. 2009), lässt sich feststellen, dass es sich um Werte am oberen Ende der dort ermittelten Bandbreite handelt. Für das Stabilisierungsziel von 450 ppm im Jahr 2050 ergibt sich in Kuik et al. 2009 eine Bandbreite von 100 bis 400 €/tCO₂. Bei linearem Verlauf ist dies mit einer Emissionsmenge von ca. 15 Mrd. tCO₂ vergleichbar. Die im NEWAGE-Modell ermittelte Grenzvermeidungskostenkurve (GVK) kann somit als konservative Schätzung hinsichtlich Klimaschutzkosten verstanden werden.

Der Schnittpunkt A in zwischen Grenzschadens- und Grenzvermeidungskostenkurve (GSK bzw. GVK) stellt das globale Emissionsoptimum dar, dass bei einer globalen Emissionsmenge von 23 Mrd. tCO₂ im Rahmen dieser Betrachtung zu einem Gleichgewichtspreis für CO₂ in Höhe von 164 €/tCO₂ führt.⁸ In Anbetracht dieser Kostensätze wäre eine Stabilisierung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre auf unter 480 ppm, was zur Erreichung des 2-Grad-Ziels nötig wäre, ökonomisch nicht sinnvoll, weil die Grenzvermeidungskosten die Grenzschadenskosten überstiegen.

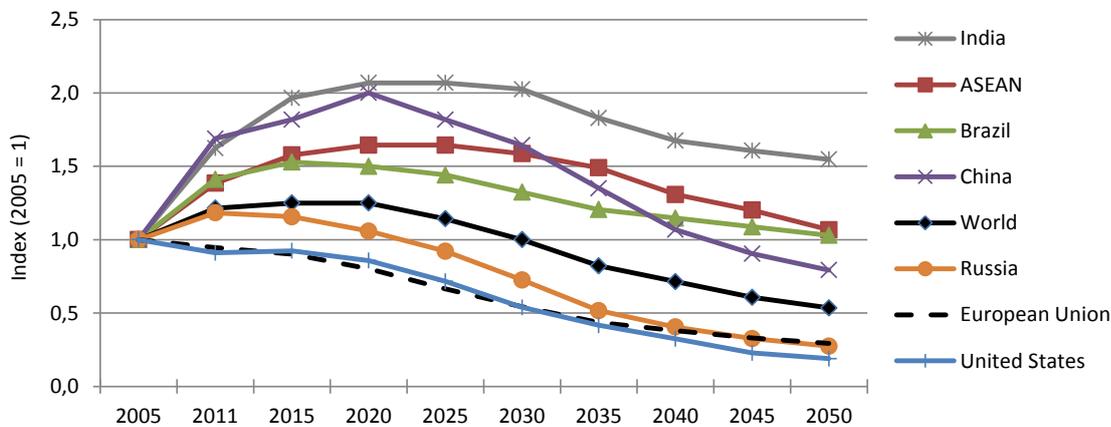
Aufbauend auf der bis hierhin dargestellten Herleitung eines globalen Emissionsoptimums soll nun untersucht werden, welche Auswirkungen (im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario) ein möglicherweise zustande kommendes internationales Klimaschutzabkommen mit einem damit verbundenen weltweiten Emissionshandelssystem haben würde. Dazu wird im NEWAGE-Modell das EU-weite Emissionshandelssystem (EU-ETS) durch ein internationales sektorübergreifendes Emissionshandelssystem ersetzt, das die globalen Emissionen bis zum Jahr 2050 auf das kostenoptimale Gleichgewichtsniveau von 23 Mrd. tCO₂ reduziert und dadurch die CO₂-Konzentration auf rund 500 ppm bzw. die Temperaturerhöhung auf knapp über 2 °C begrenzt.

Bei den Analysen wird berücksichtigt, dass die westlichen Industrieländer ihre Emissionen stärker reduzieren sollten als Schwellen- und Entwicklungsländer. Zur regionalen Budgetierung der Emissionszertifikate im Zeitverlauf bzw. zur Ausstattung einzelner Länder/Regionen mit handelbaren Emissionsberechtigungen wird auf Emissionspfade der IEA-Veröffentlichung *Energy technology perspectives 2014* (IEA 2014b) zurückgegriffen. Für ein 2-Grad-Szenario (2DS) nimmt diese den in Abbildung 4-10 dargestellten Verlauf an. In einem solchen Szenario könnten die CO₂-Emissionen weltweit bis 2020 um 30 % gegenüber 2005 weiter ansteigen, müssten danach aber bis 2050 kontinuierlich auf ein Niveau von 50 % gegenüber 2005 absinken. In der EU und den USA würden die Reduktionen am stärksten ausfallen und müssten auch vor 2020 bereits niedriger liegen als in 2005. Dagegen dürften sich die Emissionen in Indien, China und anderen asiatischen Staaten bis 2020 bzw. 2025 verdoppeln,

⁸ Die hier dargestellte Grenzschadenskostenkurve beinhaltet so genannte Bruttoschäden, das heißt keine Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten. Diese werden erst in Abschnitt 4.4 in die Analyse mit einbezogen.

wenn sie im weiteren Verlauf im Vergleich zum Niveau von 2005 auf 80 % in China bzw. 150 % in Indien zurückgehen.

Abbildung 4-10: Relative Emissionspfade bis 2050 im Vergleich zu 2005 in einem Zwei-Grad-Szenario (2DS) gemäß ETP 2014



Quelle: Eigene Darstellung; Daten von IEA 2014a

Die in Abbildung 4-10 dargestellte Entwicklung der regionalen Ausstattung mit Emissionszertifikaten stellen im NEWAGE-Modell aber keine exakte Vorgabe der länderspezifischen CO₂-Emissionen dar. Der unterstellte globale Zertifikatehandel erlaubt den einzelnen Staaten den unbegrenzten Kauf bzw. Verkauf von Zertifikaten aus anderen Staaten bzw. an andere Staaten und demzufolge eine entsprechende Ausweitung oder Kürzung ihrer CO₂-Emissionen. Die Entscheidung, wie viel jedes Land emittiert und wie viele Zertifikate gekauft oder verkauft werden, orientiert sich an dem jeweiligen Vergleich zwischen länderspezifischen Grenzvermeidungskosten und dem globalen Zertifikatspreis. Fallen die länderspezifischen Grenzvermeidungskosten für ein bestimmtes Emissionsniveau höher aus als der globale Zertifikatspreis, ist es für das Land bzw. die Region ökonomisch rational, zusätzliche Zertifikate (im Vergleich zur jeweiligen Zertifikate-Ausstattung) einzukaufen, um keine Vermeidungsinvestitionen tätigen bzw. Produktions- und Emissionstätigkeiten reduzieren zu müssen. Fallen die länderspezifischen Grenzvermeidungskosten für ein bestimmtes Emissionsniveau dagegen niedriger aus als der globale Zertifikatspreis, ist es ökonomisch rational, Vermeidungsinvestitionen zu tätigen oder Produktions- und Emissionstätigkeiten zu reduzieren und keine zusätzlichen Zertifikate einzukaufen bzw. je nach Ausstattung entsprechende Zertifikate an andere Länder zu verkaufen.

Die im NEWAGE-Modell auftretenden Änderungen der länderspezifischen CO₂-Emissionen in einem globalen Emissionshandelssystem im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario sind in Abbildung 4-11 dargestellt. Demzufolge führt die Einführung eines globalen sektorübergreifenden Emissionshandelssystems zu einer deutlichen Ausweitung der CO₂-Emissionen in den europäischen EU-ETS-Staaten (bis zu +75 % in 2050), während alle anderen Länder ihre Emissionen in ähnlichem bzw. geringerem Ausmaß zurückfahren. Am stärk-

ten gehen sie in Südafrika und China zurück (-75 %). Weltweit kommt es im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario insgesamt im Jahr 2050 zu einem um knapp 50 % niedrigeren CO₂-Emissionsniveau. Diese Reduktion stellt sicher, dass der Temperaturanstieg auf knapp über 2 °C begrenzt wird.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Vermeidungspotenziale außerhalb der EU größer sind als in der EU und dass es für die Unternehmen der EU-Staaten in einem globalem Emissionshandelssystem günstiger wäre, anderen Ländern, insbesondere China und Indien, Zertifikate abzukaufen, um so ihre eigene Produktion und damit verbundene Emissionen ausweiten zu können, ohne das Klima dadurch zusätzlich belasten zu müssen.

Abbildung 4-11: Veränderungen der CO₂-Emissionen ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 im Falle eines globalen Emissionshandelssystems im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in %)

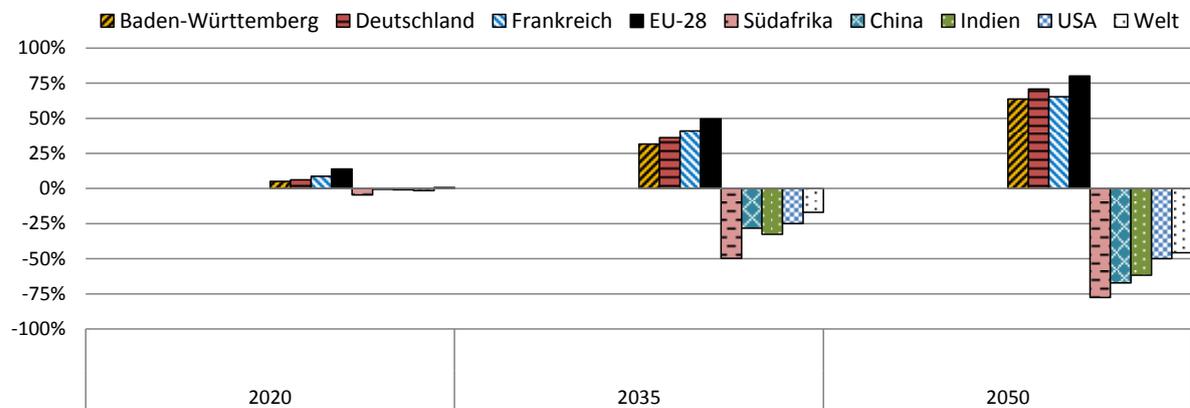
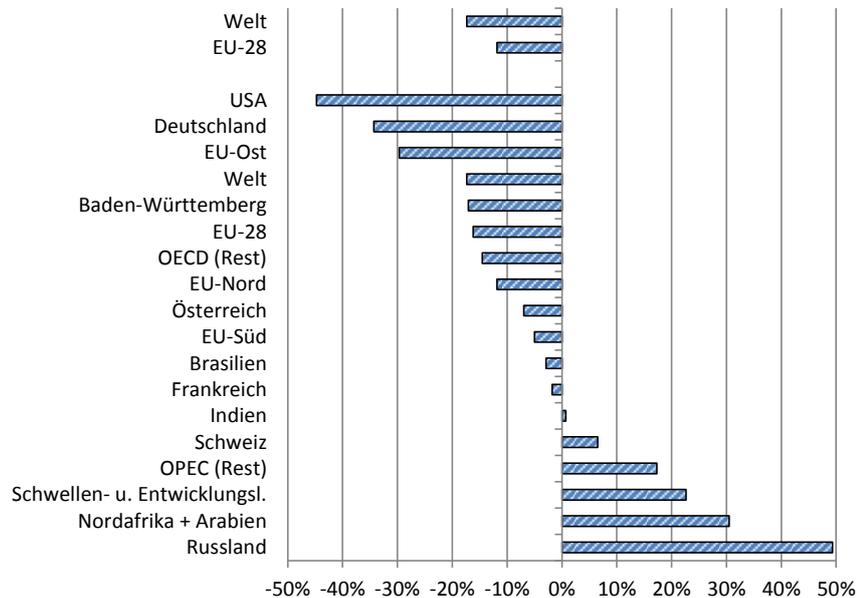


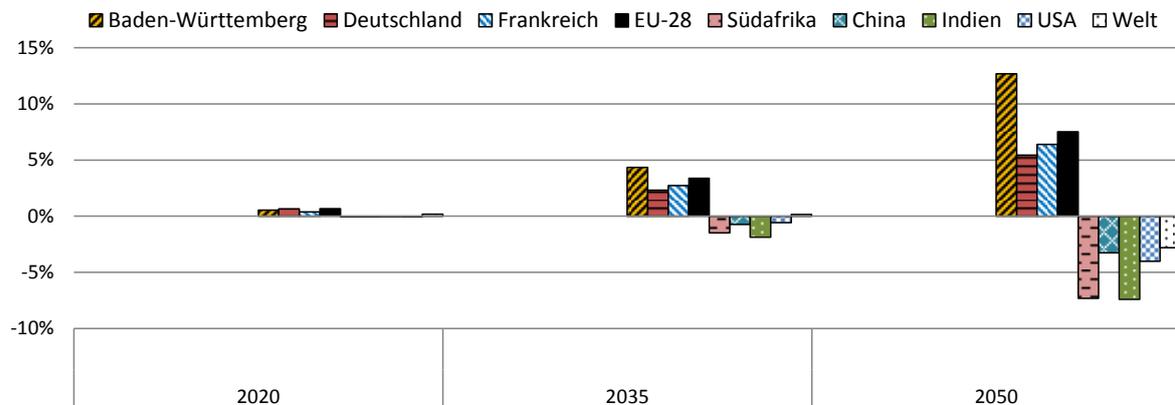
Abbildung 4-12 stellt die Veränderungen der CO₂-Emissionen aller Länder und Regionen im Falle eines globalen Emissionshandelssystems im Jahr 2050 im Vergleich zum Niveau von 2005 dar. Weltweit gehen die CO₂-Emissionen in diesem Zeitraum um 17 % zurück, in der EU um 12 %. Zwischen den einzelnen Staaten weltweit gibt es zum Teil große Unterschiede. Südafrika reduziert seine CO₂-Emissionen um 75 % im Vergleich zu 2005 am stärksten, gefolgt von China und den USA mit jeweils -40 %. In Baden-Württemberg betragen die entsprechenden CO₂-Emissionsreduktionen 17 %. Deutliche Zunahmen verzeichnen dagegen die Gruppen der OPEC-Staaten, Nordafrika und Arabien, Russland sowie die restlichen Schwellen- und Entwicklungsländer. In Russland ist die Zunahme mit knapp 50 % am größten.

Abbildung 4-12: Veränderungen der CO₂-Emissionen aller Länder und Regionen im Falle eines globalen Emissionshandelssystems im Jahr 2050 im Vergleich zum Niveau von 2005 (in %)



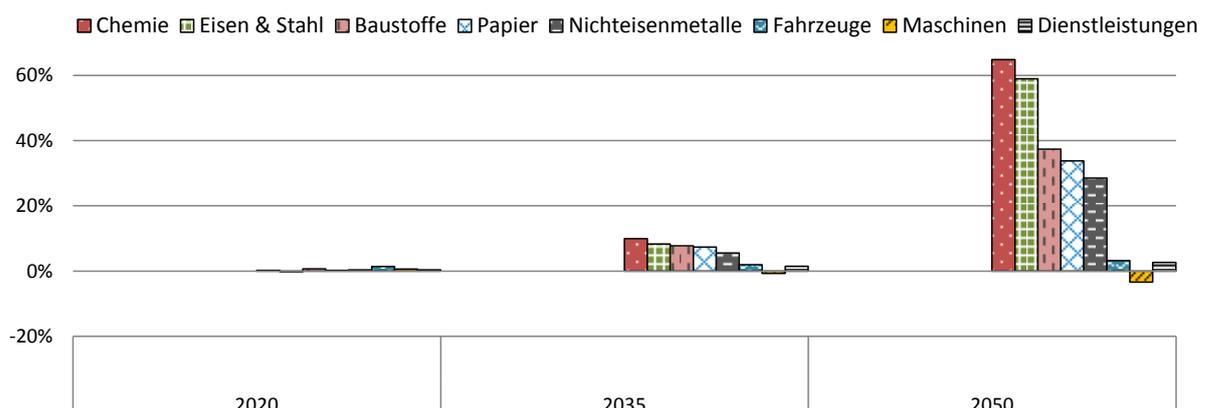
Die Veränderung der CO₂-Emissionen und die damit einhergehenden Veränderungen der länderspezifischen Produktionstätigkeiten im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario schlägt sich in den nationalen Einkommen nieder. Abbildung 4-13 veranschaulicht die Veränderungen des jeweiligen BIP in den einzelnen Staaten im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario in Prozent. Dabei fällt auf, dass Baden-Württemberg von den veränderten Produktionsgegebenheiten am stärksten profitieren würde. Das baden-württembergische BIP liegt im gesamten Zeitraum stets höher als das BIP im Referenzszenario. Der im Zeitverlauf zunehmende Unterscheid zwischen beiden Szenarien in Baden-Württemberg macht im Jahr 2050 mehr als 12 % (ca. 67 Mrd. €) aus. In der gesamten EU beträgt die Veränderung +8 % (ca. 1.700 Mrd. €). Die Einführung des globalen Emissionshandelssystems führt dagegen in den restlichen Ländern zu niedrigeren Einkommen als im NEWAGE-Referenzszenario. Die größten Effekte sind in Südafrika und Indien zu verzeichnen, wo das BIP im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario um 7 % niedriger liegt. Die USA und China sehen sich etwas schwächeren relativen Einbußen gegenüber (-4 %). Weltweit würde die Deckelung der globalen CO₂-Emissionen aber zu einem relativ niedrigeren BIP führen, das im Jahr 2050 um 2,8 % niedriger läge als im NEWAGE-Referenzszenario. Dieser Wert kann als globale Kosten des Klimaschutzes interpretiert werden.

Abbildung 4-13: Veränderungen des BIP ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 im Falle eines globalen Emissionshandelssystems im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in %)



Der Anstieg des BIP in Baden-Württemberg verteilt sich dabei nicht gleichmäßig auf die einzelnen Wirtschaftsbereiche. Abbildung 4-14 zeigt die Veränderungen der Bruttowertschöpfung wichtiger Branchen in Baden-Württemberg im Zeitraum 2020-2050 im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario. Deutliche Entlastungen würde demnach die energieintensive Industrie erfahren. Die Ersetzung des rein EU-weiten Emissionshandelssystems EU-ETS durch ein globales sektorübergreifendes Emissionshandelssystem würde im Zeitverlauf zu zunehmenden relativen Vorteilen führen, die sich im Jahr 2050 insbesondere in der Chemie- sowie Eisen- & Stahlindustrie bemerkbar machen. Dort liegt die Bruttowertschöpfung im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario um ca. 60 % höher. Aber auch die anderen energieintensiven Branchen wie Papier, Baustoffe und NE-Metalle könnten deutliche Zuwächse verzeichnen (+30-35 %). Dagegen würden die Vorteile im Dienstleistungsbereich oder im Fahrzeugbau vergleichsweise gering ausfallen (+3 %). Der Maschinenbau müsste sogar ein geringeres Produktionsniveau hinnehmen. Der Hauptgrund hierfür liegt womöglich in der Exportorientierung des Sektors. Die gesunkene Nachfrage der Handelspartner außerhalb der EU wirkt stärker als die infolge der niedrigeren relativen Güterpreise für Energie und andere Vorleistungsgüter gesunkenen Produktionskosten des Sektors.

Abbildung 4-14: Veränderungen der Bruttowertschöpfung ausgewählter Sektoren in Baden-Württemberg im Zeitraum 2020-2050 im Falle eines globalen Emissionshandelssystems im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario (in %)



4.4 Ökonomische Auswirkungen einer global abgestimmten Klimaschutz- und Klimaanpassungsstrategie

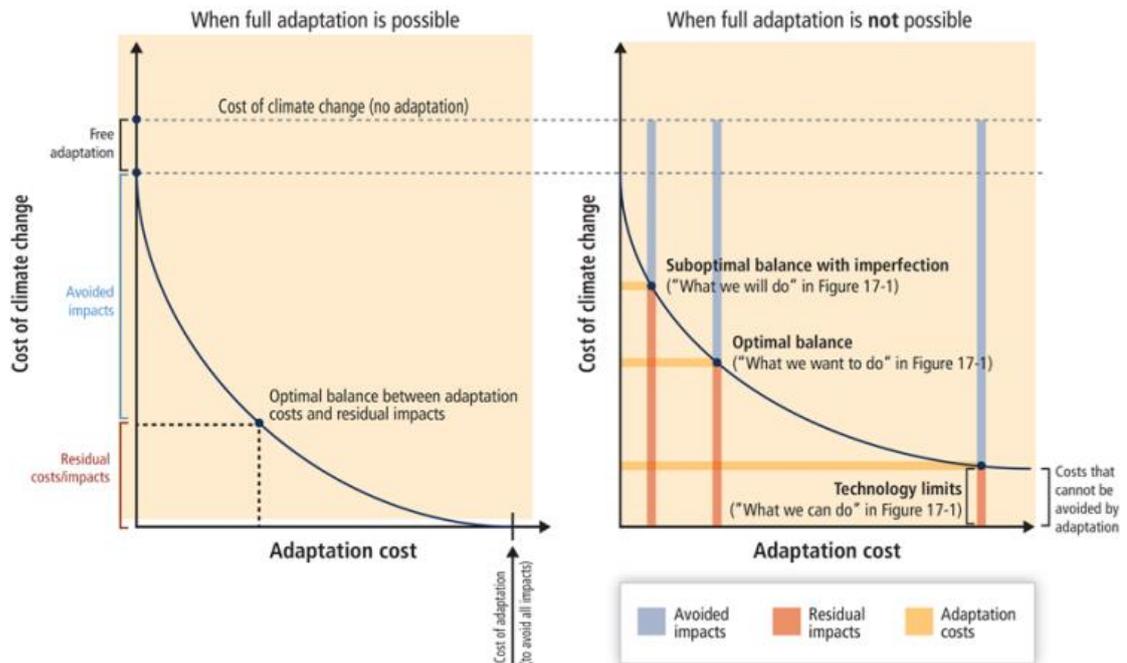
Im Folgenden werden Klimaanpassungsmaßnahmen in die Analyse einbezogen, um die ökonomischen Auswirkungen einer global abgestimmten Kombination aus Klimaschutz und Klimaanpassung zu untersuchen. Hierzu wird zunächst das neue globale Emissionsoptimum unter Einbeziehung von Klimaanpassungsmaßnahmen hergeleitet und anschließend ein globaler Anpassungsfond integriert, der eine bedarfs- und verursachungsgerechte Finanzierung einer global abgestimmten Klimaanpassungsstrategie vorsieht. Schließlich wird auf die Bedeutung klimapolitischer Landesziele im internationalen Kontext eingegangen.

4.4.1 Globales Optimum zwischen Klimaschäden, Klimaschutz und Klimaanpassung

Bis hierhin wurden die Schadenskosten als Bruttoschäden betrachtet. Die Möglichkeit einer Schadensverringerung durch Klimaanpassung wurde bislang in den Szenarioanalysen ignoriert. Welches Schadensausmaß lässt sich nun durch Anpassungsmaßnahmen zusätzlich vermeiden und wie hoch sind die entsprechenden Anpassungskosten? Abbildung 4-15 veranschaulicht diesen Zusammenhang schematisch (vgl. Chambwera et al. 2014, S. 953).

Ein Teil der Klimaschäden kann demnach durch Anpassung vermieden werden, ohne zusätzliche Kosten zu verursachen. Ein Beispiel hierfür könnte die Anpassung von Aussaatzeiten in der Landwirtschaft sein. Mit steigenden Anpassungsanstrengungen steigen die Anpassungskosten und damit auch das Ausmaß der vermiedenen Klimaschäden. Mancherorts sind die zur Verfügung stehenden Anpassungsmaßnahmen ausreichend, um sämtliche Schäden zu vermeiden (linkes Feld in Abbildung 4-15). Anderenorts dürfte ein bestimmtes Ausmaß an verbleibenden Schäden unvermeidlich sein (rechtes Feld in Abbildung 4-15). Der hier skizzierte Verlauf der Kurve deutet an, dass anfänglich vergleichsweise geringe Anpassungsanstrengungen erforderlich sind, um ein relativ großes Ausmaß an Klimaschäden zu vermeiden. Je weiter die Anpassungsanstrengungen fortschreiten, desto geringer wird ihr zusätzlicher Nutzen, d.h. das Ausmaß der dadurch vermiedenen Schäden. Anhand der ökonomischen Theorie lässt sich folgern, dass das optimale Anpassungsniveau, sprich das optimale Verhältnis zwischen Anpassungskosten und ihrem Nutzen, in jenem Punkt liegen sollte, wo die Grenzanpassungskosten dem Grenzanpassungsnutzen entsprechen. Dieser Punkt befindet sich in Abbildung 4-15 dort, wo die Steigung der abgebildeten Kurve gleich -1 beträgt bzw. einem Winkel von -45° entspricht (vgl. Chambwera et al. 2014, S. 953).

Abbildung 4-15: Schematische Darstellung des IPCC zum Zusammenhang zwischen Anpassungskosten und Kosten nicht vermiedener Klimaschäden



Quelle: IPCC (vgl. Chambwera et al. 2014, S. 953)

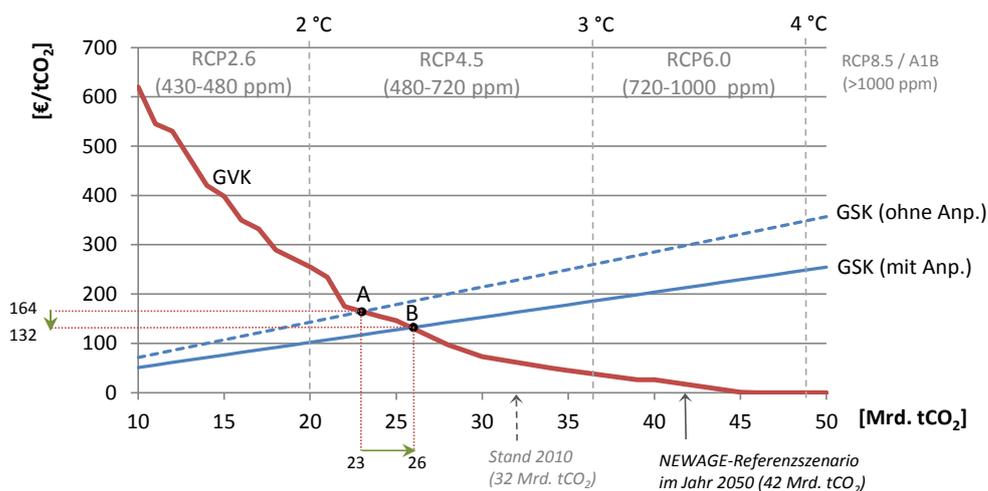
Doch welches Ausmaß beträgt nun der Anteil der Klimaschäden, die nicht vermieden werden können, weil eine vollständige Anpassung nicht möglich oder zu teuer wäre? Hierzu gibt es bislang nur wenig Literatur, was eine genaue Quantifizierung erschwert. Es gibt aber Hinweise darauf, dass sich der Anteil auf ungefähr 70 % belaufen könnte. Diese Schätzung basiert auf verschiedenen Berechnungen mit so genannten Integrated-Assessment-Modellen (IAM), die die Auswirkungen der ökonomischen Aktivität auf das Klimasystem abbilden. Hierbei handelt es sich unter anderem um Berechnungen mit dem PAGE2002-Modell (Parry et al. 2009). Anpassungsmaßnahmen in einem Emissionsszenario mit ungebremster Emissionsentwicklung (A2-Szenario des IPCC) würden demnach den durchschnittlichen Barwert der Klimaschadenskosten (inkl. Anpassungskosten) um 350 Bio. US-\$₂₀₀₀ senken, was einer Reduktion der Bruttoschäden um 30 % entspräche (Parry et al. 2009, S. 103). Zusätzliche Anpassungskosten zur Vermeidung der restlichen Schäden würden demnach ihren Nutzen übersteigen. Diese Schätzung ist auch vergleichbar mit Ergebnissen von UNFCCC 2007. Auch Agrawala et al. 2010 kommen anhand von Auswertungen von Ergebnissen des RICE-Modells auf eine anpassungsbedingte Minderung der Bruttoschadenskosten um 30 %. Die ursprünglichen Berechnungen mit dem RICE-Modell wurden von Nordhaus & Boyer 2000 durchgeführt. Der Anteil der Anpassungskosten an den Nettoschadenskosten beträgt dort 24 %.⁹ Das bedeutet, dass ein Großteil der Schäden nicht vermieden werden würde, weil die Anpassungs-

⁹ Vgl. Agrawala et al. 2010, S. 69: Anpassungskosten (0,38 % vom BIP) + verbleibende Schadenskosten (1,21 % vom BIP) = Nettoschadenskosten (1,59 % vom BIP). Die Bruttoschadenskosten betragen dagegen 2,25 % vom BIP. Die Berechnungen gelten für ein Emissionsszenario, das zu einem Temperaturanstieg von 2,5 °C führt.

kosten für deren Vermeidung die eigentlichen Schadenskosten überstiegen. Von den Nettoschadenskosten entfällt also ein Viertel auf Anpassungsmaßnahmen und drei Viertel auf nicht vermiedene Schäden.

Mit dieser Information lässt sich eine neue Grenzsadenskostenkurve bestimmen, die statt der Brutto- die Nettoschadenskosten beschreibt, d. h. die Summe aus Anpassungskosten und nicht vermiedener Schäden. Abbildung 4-16 stellt den Verlauf der Grenzsadenskostenkurven sowohl mit (GSK mit Anp.) als auch ohne Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten (GSK ohne Anp.) dar. Im Schnittpunkt B der neuen Grenzsadenskostenkurve (GSK mit Anp.) mit der Grenzvermeidungskostenkurve (GVK) ergibt sich das globale Emissionsoptimum unter Berücksichtigung von Anpassungsmaßnahmen und nicht vermeidbaren Restschäden im Jahr 2050. Die Emissionsmenge beläuft sich dort auf 26 Mrd. tCO₂. Der Gleichgewichtspreis für CO₂ beträgt 132 €/tCO₂. Im neuen Optimum fallen die Emissionsreduktionsanstrengungen und damit auch der resultierende CO₂-Preis also geringer aus im Vergleich zur Situation in Punkt A (Abschnitt 4.3). Zieht man Anpassungsmaßnahmen bei der Bestimmung des ökonomisch optimalen globalen Emissionsoptimums in Betracht, kommt man im Vergleich zum Fall ohne Anpassungsmaßnahmen im Jahr 2050 zu einer gestiegenen Emissionsmenge um 3 Mrd. tCO₂. Diese Menge kann zusätzlich emittiert werden, wenn man gleichzeitig Anpassungsmaßnahmen vornimmt, die die damit verbundenen zusätzlichen Schäden wiederum abdämpfen.

Abbildung 4-16: Verlauf und Schnittpunkte der globalen Grenzvermeidungs- mit der Grenzsadenskostenfunktion jeweils mit (GSK mit Anp.) und ohne Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten (GSK ohne Anp.) im Jahr 2050 in €/tCO₂ in Abhängigkeit des globalen CO₂-Emissionsniveaus in Mrd. tCO₂



Multipliziert man im dargestellten Optimum die Grenzsadenskosten (132 €/tCO₂) mit der Emissionsmenge (26 Mrd. tCO₂) ergeben sich Nettoschadenskosten in Höhe von rund 3.400 Mrd. €. Mit einem Anteil von 24 % (vgl. Agrawala et al. 2010) betragen die Anpassungskosten hiervon ca. 800 Mrd. €. Im NEWAGE-Modell ergibt sich im Referenzszenario ein globales BIP in Höhe von 127 Bio. € (vgl. Tabelle 4-1). Die Nettoschadenskosten in Höhe von rund 3.400 Mrd. € machen im globalen Emissionsoptimum dann ca. 2,7 % vom BIP aus.

Die Anpassungskosten im Verhältnis zum BIP belaufen sich folglich auf 0,6 %. Dieser Wert bewegt sich auch innerhalb der in der Literatur gefundenen Spannbreite (vgl. Tabelle 2-4). Tabelle 4-4 fasst die wesentlichen Ergebnisse der hier angestellten Herleitung eines globalen Emissionsoptimums unter Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten noch einmal zusammen.

Tabelle 4-4: Zentrale Ergebnisse der Herleitung eines globalen Emissionsoptimum unter Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten

Brutto-Grenzschadenskosten in 2050 bei einem Emissionsniveau in Höhe von 26 Mrd. tCO ₂ :	188 €/tCO ₂
Anteil der Netto- an den Bruttoschadenskosten in 2050:	70 %
Netto-Grenzschadenskosten in 2050 bei einem Emissionsniveau in Höhe von 26 Mrd. tCO ₂ :	132 €/tCO ₂
Anteil der Anpassungskosten an den Nettoschadenskosten in 2050:	24 % (ca. 800 Mrd. €)
Anteil Netto-Grenzschadenskosten am globalen BIP in 2050:	2,7 %
Anteil der Anpassungskosten am globalen BIP in 2050:	0,6 %

4.4.2 Bedarfs- und verursachungsgerechte Finanzierung über einen globalen Anpassungsfond

Wie im vorangegangenen Abschnitt erläutert, liegt das ökonomisch optimale globale Emissionsniveau bis zum Jahr 2050 unter Berücksichtigung von Anpassungskosten und einer dementsprechenden Abwägung aus Klimaschadenskosten, Klimaschutzkosten und Klimaanpassungskosten höher als in einer Situation ohne Berücksichtigung von Anpassungskosten. Die Kosteneinsparungen für geringeren Klimaschutz Aufwand kompensieren zu einem Teil die Kosten daraus entstehender zusätzlicher Klimaschäden (inklusive Anpassungskosten), da ein Teil davon durch zusätzliche Anpassungsmaßnahmen kostengünstig abgewendet werden kann. Auf lokaler und regionaler Ebene können die zusätzlichen Anpassungserfordernisse und die eingesparten Klimaschutzkosten weltweit aber sehr unterschiedlich ausfallen. So ist davon auszugehen, dass einige Länder stärker von der Emissionsausweitung in Schnittpunkt B im Vergleich zu Schnittpunkt A profitieren als andere. Dagegen nehmen die Anpassungserfordernisse in einigen Ländern deutlich zu, während andere Länder von den (direkten) Klimaschäden kaum betroffen sind.

Im Folgenden werden die ökonomischen Auswirkungen einer global abgestimmten Kombination aus Klimaschutz und Klimaanpassung analysiert. Dies geschieht nun nicht im Vergleich zum NEWAGE-Referenzszenario. Stattdessen wird ein Vergleich der beiden Schnittpunkte A und B aus Abbildung 4-16 vorgenommen, d. h. der Vergleich zweier Situationen eines globalen Emissionshandelssystem jeweils mit und ohne Berücksichtigung von Klimaanpassung (vgl. Abschnitt 4.3).

Um zu einer international abgestimmten Klimaanpassungsstrategie zu kommen, können globale Klimaanpassungsmaßnahmen dabei über einen globalen Anpassungsfond bedarfs- und verursachungsgerecht finanziert werden. Ein derartiger Fond (*Adaptation Fund*) wurde von der UN ins Leben gerufen, um insbesondere die Entwicklungsländer bei der Klimaanpassung zu unterstützen (vgl. UNFCCC 2011). Erste Analysen hierzu wurden in Beestermöller & Fahl 2014 durchgeführt.

Um eine sachgemäße Zuordnung von Geld gebenden und Geld empfangenden Ländern im Rahmen eines solchen Anpassungsfonds bestimmen zu können, soll an dieser Stelle zunächst analysiert werden, wie stark die einzelnen Länder von den geringeren Emissionsreduktionsauflagen in Schnittpunkt B im Vergleich zu Schnittpunkt A aus Abbildung 4-16 profitieren, das heißt, ob sie ihre Emissionen über- oder unterdurchschnittlich ausweiten (Verteilung der Geberländer). Um zu beurteilen, welches Land in welchem Ausmaß verursachungsgerecht in den Fond einzahlen sollte, kann das Ausmaß der Emissionsausweitung eines jeden Landes im globalen Emissionsoptimum ohne Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten (Fall A) im Vergleich zum globalen Emissionsoptimum mit Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten (Fall B) herangezogen werden:

Fall A: Globales Emissionsoptimum ohne Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten (Schnittpunkt A in Abbildung 4-16)

Fall B: Globales Emissionsoptimum mit Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten (Schnittpunkt B in Abbildung 4-16)

In Fall B wird die Zertifikateausstattung eines jeden Landes im Zeitverlauf proportional zur Zertifikateausstattung im Fall A soweit erhöht, dass die weltweiten CO₂-Emissionen im Jahr 2050 26 Mrd. tCO₂ statt 23 Mrd. tCO₂ betragen (+13 %). Im internationalen Emissionshandel passen die einzelnen Länder ihre jeweiligen CO₂-Emissionen an die neuen Gegebenheiten an. Abbildung 4-17 stellt die Veränderung der CO₂-Emissionen in Fall B im Vergleich zu Fall A dar. In Baden-Württemberg liegen die CO₂-Emissionen bis 2050 in Fall B um 9 % höher als in Fall A (+12 Mio. tCO₂). Dies ist knapp unter dem EU-Durchschnitt (+10 % bzw. +660 Mio. tCO₂). Weltweit liegen die CO₂-Emissionen in Fall B im Jahr 2050, wie vorgegeben, um 13 % höher als in Fall A. Einen deutlichen Zukauf an Zertifikaten in Fall B im Vergleich zu Fall A ist vor allem in China und Südafrika zu verzeichnen. Dort liegen die CO₂-Emissionen in Fall B im Jahr 2050 um 18 % höher als in Fall A.

Abbildung 4-17: Veränderungen der CO₂-Emissionen ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 in Fall B im Vergleich zu Fall A (in %)

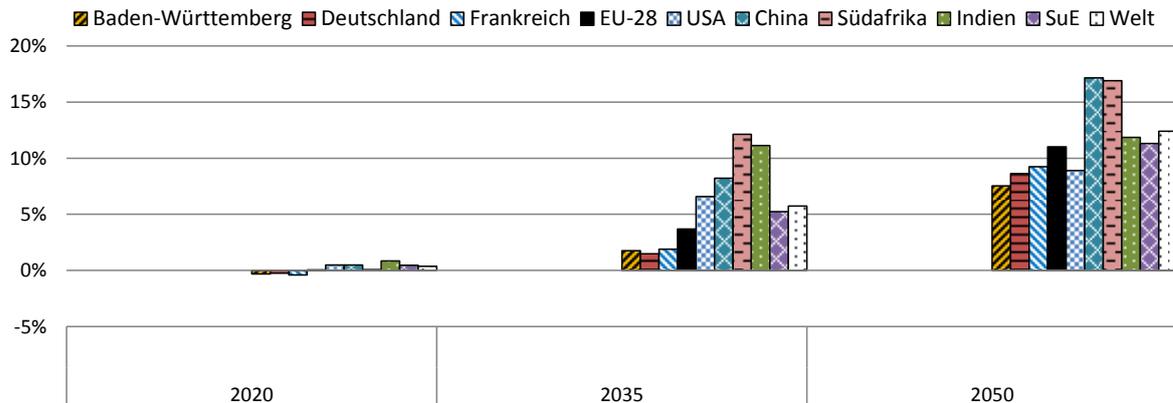


Abbildung 4-18 stellt in diesem Zusammenhang zusätzlich die relative Emissionsausweitung im Jahr 2050 in Fall B im Vergleich zu Fall A für alle Länder bzw. Ländergruppen dar. Entsprechend der in Abbildung 4-18 aufgezeigten Rangfolge wird im NEWAGE-Modell eine allgemeine Verbrauchssteuer eingeführt, die die Finanzierung des Anpassungsfonds sicherstellt. Die Höhe der Verbrauchssteuer wird so festgelegt, dass die benötigte Gesamtsumme in Höhe von 800 Mrd. € erreicht wird. Diese Summe wird dann für die weltweit benötigten Anpassungsinvestitionen eingesetzt. Dabei wird der Großteil für zusätzliche Investitionen in Indien und der Gruppe der Schwellen- und Entwicklungsländer verwendet.

Abbildung 4-18: Länderspezifische relative Emissionsausweitung im Jahr 2050 in Fall B im Vergleich zu Fall A (globaler Durchschnitt = 13 %)

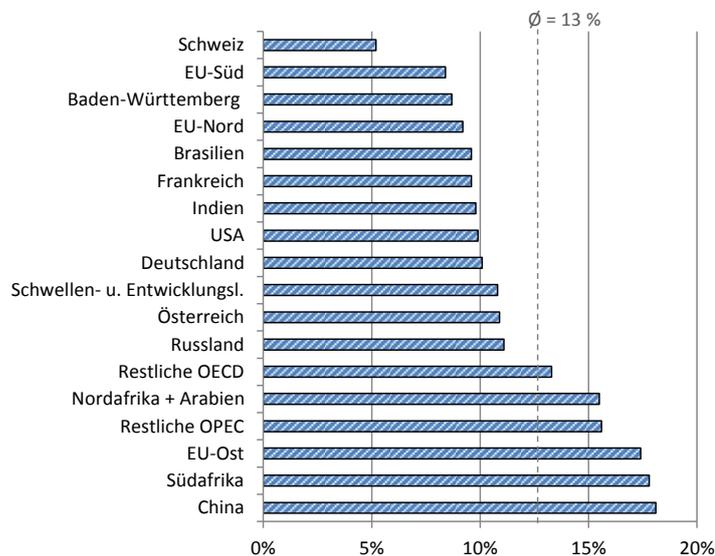


Abbildung 4-19 zeigt die Geber- und Empfängeranteile der drei Gruppen bzw. die Entstehung und Verwendung des globalen Anpassungsfonds. Während Gruppe C 60 % des Fonds ein-zahlt, fließen dorthin weniger als 10 % des gesamten Fondsvermögens. Dagegen kommt Gruppe A nur für knapp 15 % des Fondsvermögens auf, erhält aber mehr als 60 % für die dort benötigten Anpassungsinvestitionen. Die Länder der Gruppe C sind Netto-Geberländer, die Länder der Gruppe A Netto-Empfängerländer. Die Länder der Gruppe B zahlen ungefähr

gleich viel ein, wie sich auch für ihre Anpassungsinvestitionen benötigen. Die Umverteilung erfolgt also primär von Gruppe C zu Gruppe A.

Abbildung 4-19: Geber- und Empfängeranteile der drei Gruppen im globalen Anpassungsfond im Jahr 2050 (in %)

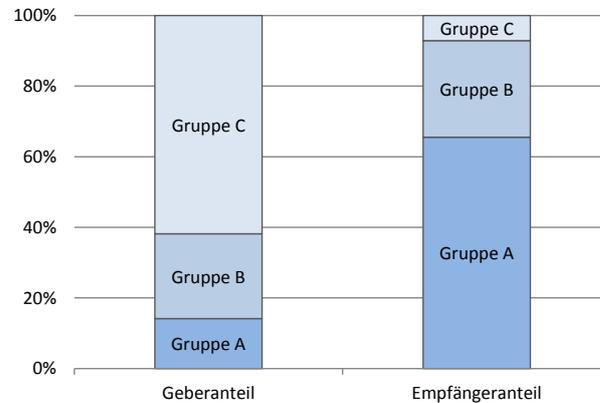
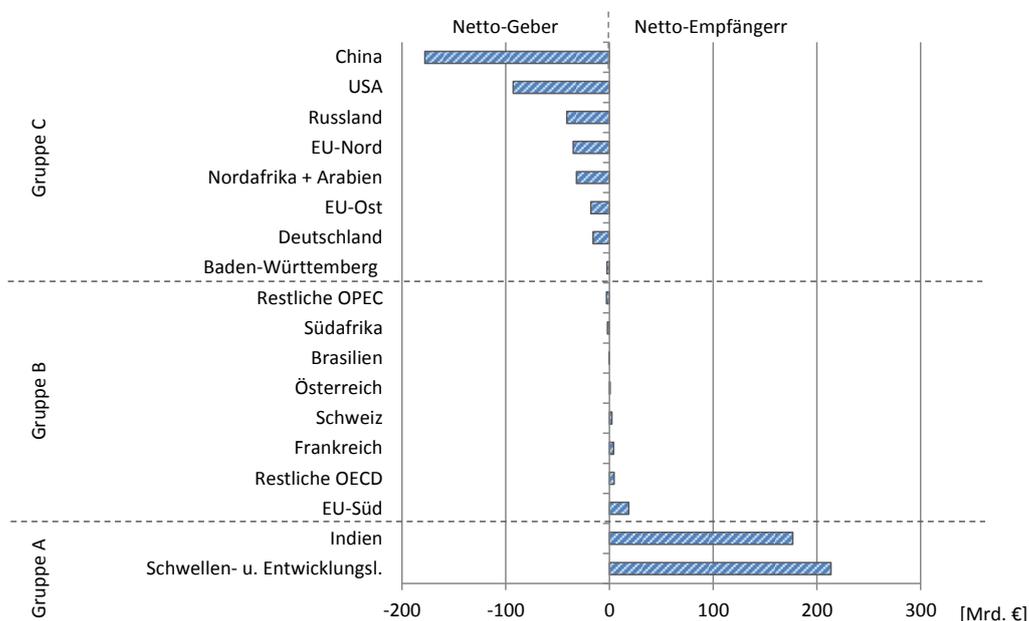


Abbildung 4-20 stellt den Nettofondsbezug aller 18 Länder bzw. Ländergruppen dar. Demnach würden China und die USA mit 180 Mrd. € bzw. 90 Mrd. € den größten Teil netto einzahlen. Gefolgt werden sie von Russland, EU-Nord und Nordafrika + Arabien mit jeweils 30-40 Mrd. € netto. Die Netto-Geberländer sind entweder wenig betroffen (z. B. EU-Nord) oder sie tragen viel zu der CO₂-Emissionsausweitung in Fall B im Vergleich zu Fall A bei (z. B. USA oder China) oder beides (z. B. Russland). Die Netto-Empfängerländer sind hauptsächlich Indien sowie die Gruppe der Schwellen- und Entwicklungsländer, weil dort die meisten Klimaauswirkungen zu erwarten sind. Sie erhalten aus dem Fond jeweils Gelder in Höhe von 180-210 Mrd. € netto. An dritter Stelle der Netto-Empfängerländer befindet sich Südeuropa mit ca. 20 Mrd. € netto. Baden-Württemberg steuert, zusätzlich zu den eigenen Anpassungsmaßnahmen, rund 2 Mrd. € zur Finanzierung der in Gruppe A nötigen Anpassungsmaßnahmen bei.

Abbildung 4-20: Netto-Fondsbezug der einzelnen Länder im Jahr 2050 (in Mrd. €)



Ergebnisse der Szenarioanalyse zu Fall B im Vergleich zu Fall A

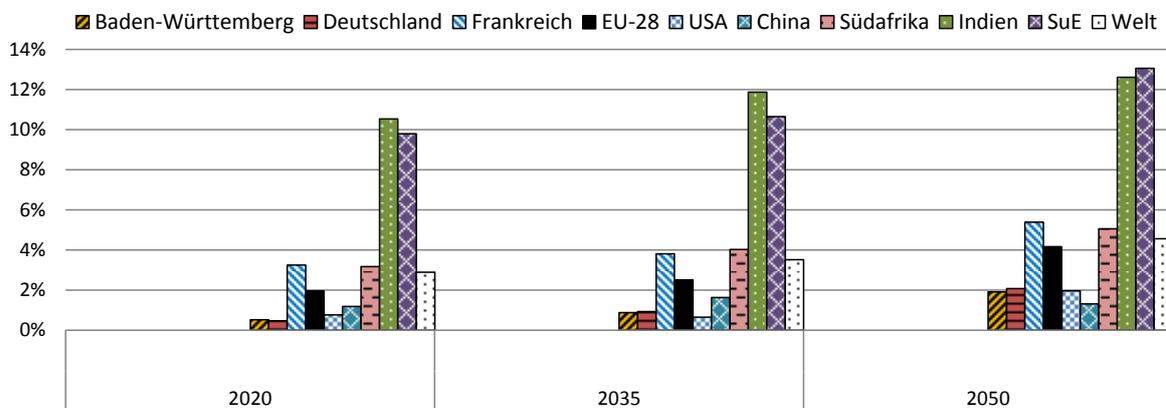
Im Folgenden werden die Ergebnisse des Szenariovergleichs der zuvor geschilderten Fälle A und B beschrieben:

Fall A: Globales Emissionsoptimum ohne Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten (Schnittpunkt A in Abbildung 4-16)

Fall B: Globales Emissionsoptimum mit Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten (Schnittpunkt B in Abbildung 4-16)

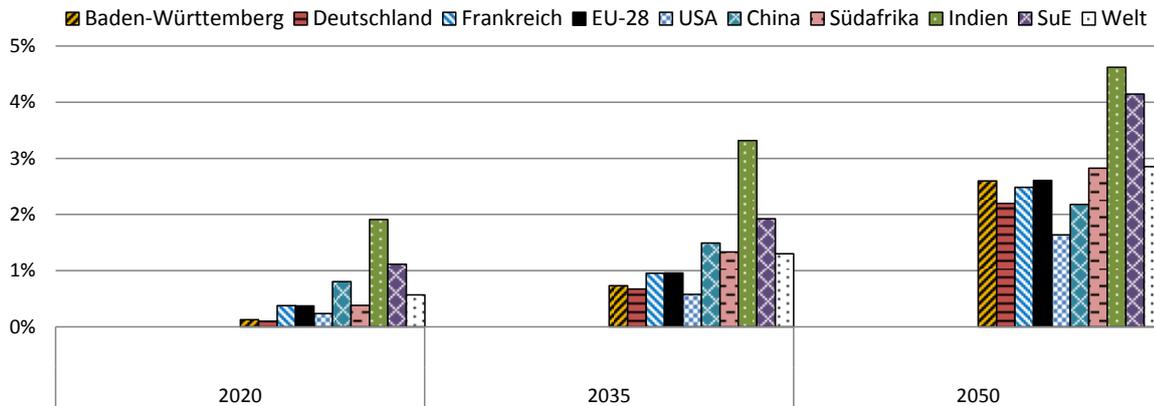
Abbildung 4-21 stellt die Veränderungen der Investitionstätigkeiten ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 in Fall B im Vergleich zu Fall A dar. Der Anpassungsfond dient dabei der Finanzierung der für die Klimaanpassung zusätzlich benötigten Investitionstätigkeiten. Weltweit nehmen die Investitionstätigkeiten bis zum Jahr 2050 um 4 % zu. Der größte Teil entfällt auf die besonders betroffenen Länder Indien und die Gruppe der Schwellen- und Entwicklungsländer (Gruppe A). Dort nehmen die Investitionstätigkeiten in Fall B im Vergleich zu Fall A um ca. 12 % im Jahr 2050 zu. In Baden-Württemberg bewirken die zusätzlichen Anpassungsmaßnahmen eine Erhöhung der allgemeinen Investitionstätigkeit um rund 2 %.

Abbildung 4-21: Veränderungen der allgemeinen Investitionstätigkeit ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 in Fall B im Vergleich zu Fall A (in %)



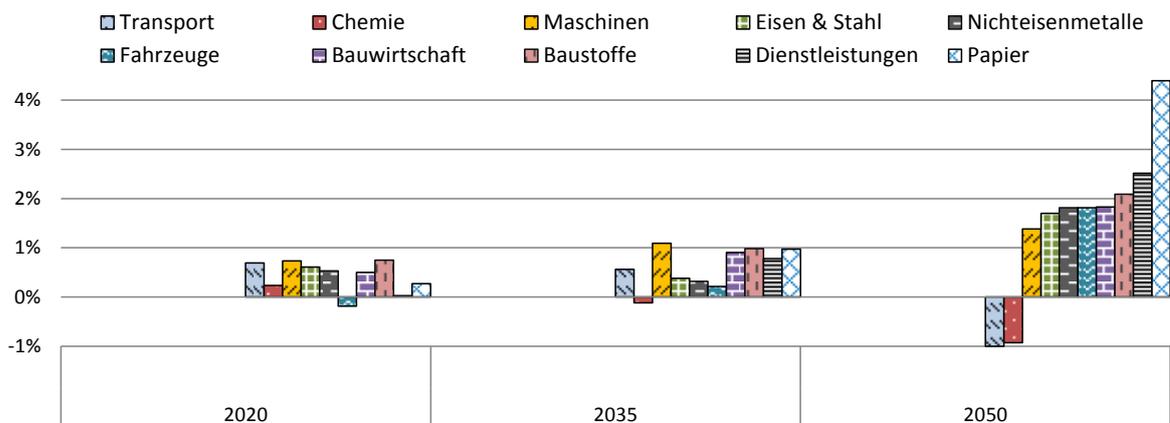
Die Finanzierung des Anpassungsfonds sowie die daraus getätigten Anpassungsmaßnahmen wirken sich in der Folge auf das gesamtwirtschaftliche Einkommen aller Länder aus. Abbildung 4-22 stellt die Veränderungen des BIP ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 in Fall B im Vergleich zu Fall A dar. Die zusätzlichen Anpassungsmaßnahmen in Indien und der Gruppe der Schwellen- und Entwicklungsländer schlägt sich auch in einem relativ höheren BIP dieser Länder nieder. In Indien beträgt der relative BIP-Gewinn in Fall B im Vergleich zu Fall A im Jahr 2050 mehr als 4,5 %. In der Gruppe der Schwellen- und Entwicklungsländer ist er im selben Jahr mit gut 4 % etwas geringer, aber immer noch über dem weltweiten Schnitt von knapp 3 %. In Baden-Württemberg beträgt der zusätzliche BIP-Gewinn in Fall B im Vergleich zu Fall A im Jahr 2050 gut 2,5 %.

Abbildung 4-22: Veränderungen des Bruttoinlandsprodukts ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 in Fall B im Vergleich zu Fall A (in %)



In Baden-Württemberg verteilen sich die gesamtwirtschaftlichen Zugewinne unterschiedlich auf die einzelnen Branchen. Abbildung 4-23 veranschaulicht die Veränderungen der Bruttowertschöpfung in Baden-Württemberg im Zeitraum 2020-2050 in Fall B im Vergleich zu Fall A. Von der erhöhten Investitionstätigkeit in Fall B profitieren zum einen kapitalintensive Branchen, wie die Papierindustrie oder der Dienstleistungssektor. Dort liegt die Bruttowertschöpfung in Fall B um 4,5 % bzw. 2,5 % höher als in Fall A. Zum anderen profitieren aber auch Investitionsgüter produzierende Branchen, wie beispielsweise die Bauwirtschaft. Mit letzterer eng verbunden ist auch die Baustoffindustrie. Dort liegt die Bruttowertschöpfung in Fall B um rund 2 % höher als in Fall A. Bei den Produkten des Verarbeitenden Gewerbes wirken in Fall B im Vergleich zu Fall A mehrere Effekte gegenläufig. Auf der einen Seite hemmt die zur Finanzierung des Anpassungsfonds nötige Verbrauchsteuer den allgemeinen Konsum der Haushalte in und außerhalb Baden-Württembergs. Auf der anderen Seite werden Vorleistungsgüter, wie Maschinen oder Metallverarbeitung, zur Herstellung der Investitionsgüter verstärkt produziert und insbesondere baden-württembergische Produktionsgüter infolge der international geringeren Klimaschutzauflagen in Fall B im Vergleich zu Fall A verstärkt exportiert. Im Maschinenbau und in der Metallverarbeitung scheint die Nachfrage- und Exportausweitung nach Investitionsgütern die steuerbedingte Konsumrückgangstendenz in Fall B im Vergleich zu Fall A zu übertreffen. In der Chemieindustrie sowie im Transportwesen scheint hingegen der steuerbedingte Konsumrückgang in und außerhalb Baden-Württembergs die zusätzliche Nachfrage zu übertreffen. In Summe kommt es in Baden-Württemberg in Fall B im Vergleich zu Fall A im Jahr 2050 zu einer zusätzlichen Bruttowertschöpfung in Höhe von 2,4 %.

Abbildung 4-23: Veränderungen der Bruttowertschöpfung ausgewählter Branchen Baden-Württembergs im Zeitraum 2020-2050 in Fall B im Vergleich zu Fall A (in %)



4.4.3 Die Bedeutung klimapolitischer Landesziele im internationalen Kontext

In Kapitel 4 wurden die Klimapolitikziele entweder auf europäischer Ebene (NEWAGE-Referenzszenario) oder auf globaler Ebene vorgegeben. Nationale Ziele spielten im internationalen Kontext bislang eine untergeordnete Rolle. An dieser Stelle sollen die klimapolitischen Landesziele Baden-Württembergs in die Analyse integriert werden. In der folgenden modellgestützten Analyse werden daher die Auswirkungen eines eigenen Klimaschutzziels für Baden-Württemberg in Höhe von -90 % bis zum Jahr 2050 gegenüber dem Stand von 1990 analysiert.

Tabelle 4-5 stellt die jeweiligen CO₂-Emissionen Baden-Württembergs in den unterschiedlichen Szenarien im Zeitraum 2020-2050 gegenüber. Außerdem sind die globalen Gesamtemissionen im Jahr 2050 angegeben und die CO₂-Emissionen in Baden-Württemberg im Jahr 2050 im Vergleich zu 1990.

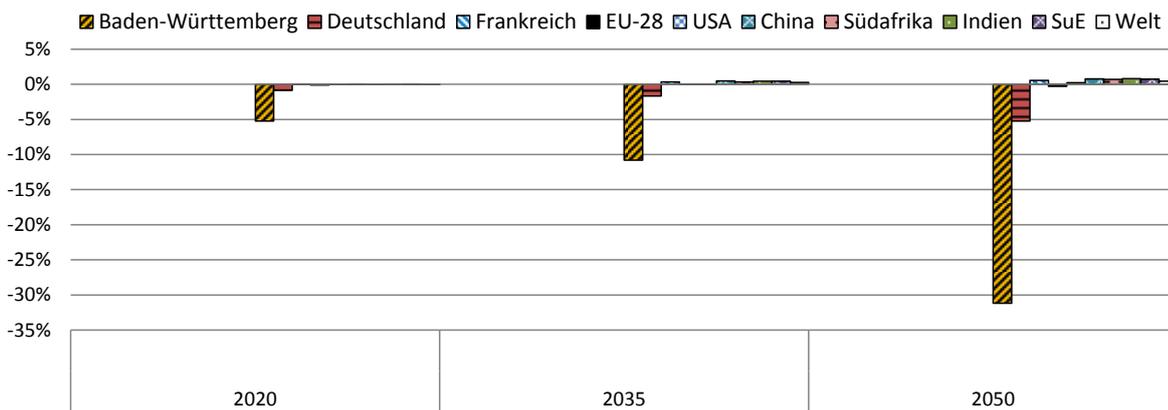
Tabelle 4-5: CO₂-Emissionen Baden-Württembergs in den unterschiedlichen Szenarien im Zeitraum 2020-2050 (in Mio. tCO₂)

	Baden-Württemberg			Welt	Reduktion in Baden-Württemberg in 2050 ggü. 1990
	2020	2035	2050	2050	
Referenzszenario	90	63	41	41.539	-49 %
Globaler Emissionshandel (Fall A)	94	83	67	23.042	-17 %
Globaler Emissionshandel (Fall B)	94	85	72	25.839	-11 %
Landesziel Baden-Württemberg	60	37	8	25.819	-90 %

Welche volkswirtschaftlichen Kosten sind im Falle eines solchen Landesziel für die baden-württembergische Wirtschaft im Vergleich zu einer Situation eines globalen Emissionshandels zur Begrenzung des weltweiten Temperaturanstiegs von 2,5 °C und unter Berücksichtigung von Klimaanpassungskosten gemäß Fall B verbunden? Die forcierte Einhaltung des Klimaschutzziels von -90 % bis 2050 in Baden-Württemberg im Rahmen eines internationa-

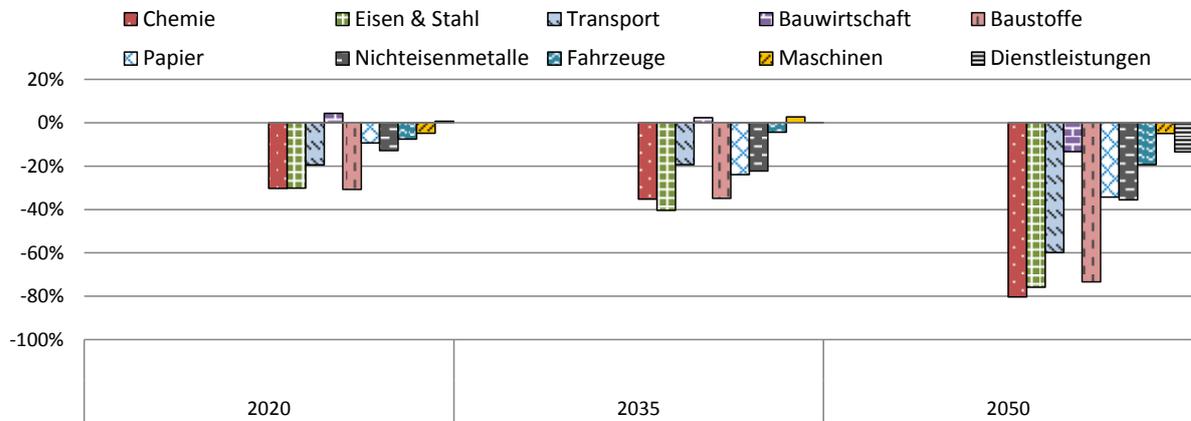
len Klimaabkommens zur Begrenzung des weltweiten Temperaturanstiegs auf 2,5 °C würde, infolge des faktischen Verzichts Baden-Württembergs am internationalen Emissionshandel teilzunehmen und internationale Vermeidungspotentiale effizient zu nutzen, zu drastischen wirtschaftlichen Nachteilen führen. Abbildung 4-24 stellt die Veränderungen des BIP ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 im Fall B mit Berücksichtigung des baden-württembergischen Landesziels im Vergleich zu Fall B ohne Berücksichtigung des baden-württembergischen Landesziels dar. Der relative BIP-Verlust beträgt mehr als 30 %. Gleichzeitig würden andere Länder aufgrund der kostenmäßigen Wettbewerbsfähigkeitsnachteile Baden-Württembergs, diese Lücke durch steigende Absatzchancen schließen. Letztendlich bewegt sich der relative Zugewinn der anderen Länder im Jahr 2050 in der Summe im Bereich von 0,6 % des entsprechenden BIP.

Abbildung 4-24: Veränderungen des BIP ausgewählter Länder und Regionen im Zeitraum 2020-2050 im Fall B mit Berücksichtigung des baden-württembergischen Landesziels im Vergleich zu Fall B ohne Berücksichtigung des baden-württembergischen Landesziels (in %)



Innerhalb Baden-Württembergs sind in diesem Fall vor allem die energieintensiven Branchen betroffen, weil sich deren Kostenstruktur und damit verbundene internationale Wettbewerbsfähigkeit am meisten verschlechtert. Die Veränderungen der Bruttowertschöpfung in Baden-Württemberg im Zeitraum 2020-2050 im Fall B mit Berücksichtigung des baden-württembergischen Landesziels im Vergleich zu Fall B ohne Berücksichtigung des baden-württembergischen Landesziels sind in Abbildung 4-25 dargestellt. Mit einer um 70-80 % niedrigeren Bruttowertschöpfung schneiden in diesem Vergleich vor allem die Chemie-, Baustoff- sowie Eisen- & Stahlindustrie schlecht ab. Die Summe der Bruttowertschöpfung aller Sektoren liegt im Fall B mit Berücksichtigung des baden-württembergischen Landesziels im Vergleich zu Fall B ohne Berücksichtigung des baden-württembergischen Landesziels im Jahr 2050 um insgesamt 25 % niedriger.

Abbildung 4-25: Veränderungen der Bruttowertschöpfung in Baden-Württemberg im Zeitraum 2020-2050 im Fall B mit Berücksichtigung des baden-württembergischen Landesziels im Vergleich zu Fall B ohne Berücksichtigung des baden-württembergischen Landesziels (in %)



5 Schlussfolgerungen

Um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Ökonomie Baden-Württembergs im Gesamtbild zu verstehen, ist es wichtig, neben den eigentlichen Schadenskosten (direkt oder indirekt) vor allem die Kosten für Klimaschutz und Klimaanpassung zu berücksichtigen, die sich untereinander und in Verbindung mit den Schadenskosten wechselseitig beeinflussen.

Mit Hilfe des globalen Allgemeinen Gleichgewichtsmodells NEWAGE konnten zentrale Zusammenhänge und Wirkungsmechanismen von Klimaschadens-, Klimaschutz- und Klimaanpassungskosten analysiert werden. Dabei hat sich u. a. gezeigt, dass indirekte (weltwirtschaftliche) Effekte des Klimawandels, die beispielsweise durch Außenhandel oder Migration hervorgerufen werden, bei der Analyse von Schadenskosten mit zu berücksichtigen sind. Dies gilt insbesondere für exportorientierte Ökonomien mit Zuwanderungspotential, wie die Baden-Württembergs.

Die konkreten Auswirkungen des Klimawandels und damit verbundener Schadensvermeidungsaktivitäten auf die Ökonomie Baden-Württembergs hängen davon ab, wie sich das internationale politische Umfeld und die globale Wirtschaft entwickeln und welche Position Baden-Württemberg in der internationalen Klimaschutz- und Klimaanpassungspolitik einnimmt.

Anhand der modellgestützten Analyse konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

1. Die Ökonomie Baden-Württembergs würde von einem globalen Emissionshandel im Vergleich zum EU-weiten Emissionshandel (EU-ETS) profitieren, weil globale CO₂-Emissionsminderungskosten in dieser Situation weltweit optimal verteilt würden.
2. Bei einer globalen Ausschöpfung kostengünstiger Klimaanpassungsmaßnahmen dürfte eine Lockerung des globalen 2-Grad-Ziels (z. B. 2,5 °C), vor dem Hintergrund einer Minimierung der Summe aus Klimaschadens-, Klimaschutz- und Klimaanpassungskosten, ökonomisch rational sein.
3. Im Sinne einer internationalen Klimaanpassungsstrategie kann ein internationaler Anpassungsfond dazu beitragen, die regional unterschiedlichen Lasten der Klimaanpassung auf globaler Ebene bedarfs- und verursachungsgerecht zu verteilen.

Auf Branchenebene kommt es in Baden-Württemberg zu unterschiedlichen Auswirkungen:

1. Indirekte Klimawandelkosten betreffen vor allem exportorientierte Branchen, wie beispielsweise die Automobilindustrie.
2. Dagegen sind Klimaschutzkosten vor allem für die Energiewirtschaft und energieintensive Industrie von wesentlicher Bedeutung.
3. Von zusätzlichen Klimaanpassungsmaßnahmen profitieren vor allem der Transportsektor, die Baustoffindustrie sowie Investitionsgüter produzierende Branchen, wie beispielsweise der Maschinenbau.

Literaturverzeichnis

Agrawala et al. (2010) Agrawala, S.; Bosello, F.; Carraro, C.; de Bruin, K.; De Cian, E.; Dellink, R.; Lanzi, E.: „Plan or React? Analysis of Adaptation Costs and Benefits Using Integrated Assessment Models“, OECD Environment Working Papers No. 23, OECD Publishing (2010).

Arrow & Debreu (1954) Arrow, K. J.; Debreu, G.: „Existence of an equilibrium for a competitive economy“, In: *Econometrica* 22 (1954), Nr. 3, S. 265–290.

Beestermöller et al. (2013) Beestermöller, R.; Blesl, M.; Kuder, R.; Fahl, U.: „Energie- und gesamtwirtschaftliche Auswirkungen veränderter Rahmenbedingungen auf die Nutzung von Erdgas in Deutschland“, eine Studie für das Zentrum für Energieforschung Stuttgart (ZfES) Projekt 24 (IER), (August 2013).

Beestermöller & Fahl (2013) Beestermöller, R.; Fahl, U.: „Impacts of German energy policies on the competitiveness of national energy intensive industries“, Fullpaper at the Eco-Mod2013 International Conference on Economic Modeling, Czech University of Life Sciences, Prague (1-3 July 2013).

Beestermöller & Fahl (2014) Beestermöller, R.; Fahl, U.: „Macroeconomic Impacts of Regional Climate Change Adaptation Strategies“, Fullpaper at the 14th IAEE European Energy Conference, LUISS University, Rome (28-31 October 2014).

Biebeler et al. (2014) Biebeler, H.; Bardt, H.; Chrischilles, E.; Mahammadzadeh, M.; Striebeck, J.: „Wege zur Anpassung an den Klimawandel - Regionale Netzwerke, Strategien und Maßnahmen“, Köln : IW Medien, 2014.

Bosello et al. (2010) Bosello, F.; Carraro, C.; Cian, E. de: „Climate policy and the optimal balance between mitigation, adaptation and unavoided damage“, In: *Climate Change Economics* 01 (2010), Nr. 02, S. 71–92.

Bothor et al. (2014) Bothor, S.; Bubeck, S.; Eberl, T.; Fahl, U.; Gottschling, J.; Heyden, E.; Steurer, M.; Oertel, B.; Scharp, M.; Meyer, S.: „Evaluation ausgewählter Maßnahmen zur Energiewende“, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie in Zusammenarbeit mit dem Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) Berlin, (Juli 2014).

BReg (2008a) Deutsche Bundesregierung (BReg): „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel - Hintergrundpapier“ (2008), Deutsche Bundesregierung (BReg), URL: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_hintergrund.pdf, Überprüfungsdatum 28.01.2015.

- BReg (2008b)** Deutsche Bundesregierung (BReg): „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (Dezember 2008), Deutsche Bundesregierung (BReg), URL: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf. – Aktualisierungsdatum: Dezember 2008
- BReg (2010)** Deutsche Bundesregierung (BReg): „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“, Berlin (28. September 2010), Deutsche Bundesregierung (BReg), URL: http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5. – Aktualisierungsdatum: 2010-09-28
- BReg (2011)** Deutsche Bundesregierung (BReg): „Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (2011), Deutsche Bundesregierung (BReg), URL: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aktionsplan_anpassung_klimawandel_bf.pdf. – Aktualisierungsdatum: August 2011, Überprüfungsdatum 18.12.2014.
- Bruin et al. (2009)** Bruin, K. C. de; Dellink, R. B.; Tol, R. S. J.: „AD-DICE: an implementation of adaptation in the DICE model“, In: *Climatic Change* 95 (2009), 1-2, S. 63-81.
- Carraro et al. (2009)** Carraro, C.; Bosello, F.; Cian, E. de: „An Analysis of Adaptation as a Response to Climate Change“, Department of Economics, Ca' Foscari University of Venice, 26/WP/2009, (2009).
- Chambwera et al. (2014)** Chambwera, M.; Heal, G.; Dubeux, C.; Hallegatte, S.; Leclerc, L.; Markandya, A.; McCarl, B. A.; Mechler, R.; Neumann, J. E.: „Economics of adaptation“. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, UK, New York, NY, USA : Cambridge University Press, 2014, S. 945–977.
- Ciscar et al. (2012)** Ciscar, J.-C.; Szabó, L.; Regemorter, D.; Soria, A.: „The integration of PESETA sectoral economic impacts into the GEM-E3 Europe model: methodology and results“, In: *Climatic Change* 112 (2012), Nr. 1, S. 127-142.
- De-IPCC (2014)** Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle (De-IPCC): „Kernbotschaften des Syntheseberichts des Fünften IPCC-Sachstandsberichts“, herausgegeben vom Bundesumweltministerium (BMUB), vom Bundesforschungsministerium (BMBF), dem Umweltbundesamt (UBA) und der Deutschen IPCC-Koordinierungsstelle (De-IPCC), (2.11.2014).
- Destatis (2014)** Statistisches Bundesamt (Destatis): „Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen - Bruttoinlandsprodukt ab 1970 - Vierteljahres- und Jahresergebnisse“, 2. Vierteljahr 2014, (August 2014).

- EEA (2012a)** European Environment Agency (EEA): „Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 - An indicator-based report“, Copenhagen, 2012 (EEA report 12/2012).
- EEA (2012b)** European Environment Agency (EEA): „Urban adaptation to climate change in Europe - Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies“, Copenhagen : European Environment Agency [u.a.], 2012 (EEA report).
- Endres (2012)** Endres, A.: „Umweltökonomie - Lehrbuch“, 4. Aufl., Stuttgart : Kohlhammer, 2012.
- EU-KOM (2009)** Europäische Kommission (EU-KOM): „Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen“, Weißbuch COM(2009) 147 final, Brüssel (1.04.2009).
- EU-KOM (2011)** Europäische Kommission (EU-KOM): „A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050“, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions COM(2011) 112 final, Brüssel (8.3.2011).
- EU-KOM (2014a)** Europäische Kommission (EU-KOM): „EU energy, transport and GHG emissions - Trends to 2050 : reference scenario 2013“, Europäische Kommission (EU-KOM), Directorate-General for Energy, Directorate-General for Climate Action, Directorate-General for Mobility and Transport, Luxembourg : Office for official publications of the european communities, 2014.
- EU-KOM (2014b)** Europäische Kommission (EU-KOM): „Eine EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel“, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen COM(2013) 216 final, Brüssel (16.04.2014).
- Fouré et al. (2012)** Fouré, J.; Bénassy-Quéré, A.; Fontagné, L.: „The Great Shift: Macroeconomic projections for the world economy at the 2050 horizon“, CEPII working paper 2012-03, (March 2012).
- Huitema et al. (2011)** Huitema, D.; Jordan, A.; Massey, E.; Rayner, T.; van Asselt, H.; Haug, C.; Hildingsson, R.; Monni, S.; Stripple, J.: „The evaluation of climate policy: theory and emerging practice in Europe“, In: *Policy Sciences* 44 (2011), Nr. 2, S. 179–198.
- IEA (2014a)** International Energy Agency (IEA): „2DS emissions pathways to 2050 relative to 2005 levels - ETP 2014 data visualisation“ (2014), International Energy Agency (IEA), URL: <http://www.iea.org/etp/explore>, Überprüfungsdatum 17.11.2014.
- IEA (2014b)** International Energy Agency (IEA): „Energy technology perspectives 2014 (ETP 2014) - Harnessing Electricity's Potential“, Paris : OECD Publishing, 2014. – ISBN 9264208011
- IPCC (2007)** Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC); Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.): „Climate Change 2007: Synthesis Report - Contribution of Working

Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change“, Geneva, Switzerland (2007), 104 pp.

IPCC (2014a) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): „Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change“, [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)], Geneva, Switzerland (2014).

IPCC (2014b) IPCC: „Summary for policy makers“. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, UK, New York, NY, USA : Cambridge University Press, 2014.

IPCC (2014c) IPCC: „Summary for policy makers“. In: *Climate Change 2014: Synthesis Report*, Cambridge, UK, New York, NY, USA : Cambridge University Press, 2014.

JRC (2014) Joint Research Centre (JRC): „Climate Impacts in Europe - The JRC PESETA II Project“, (2014), JRC Scientific and Policy Reports EUR 26586EN

Kemfert (2002) Kemfert, C.: „An Integrated Assessment Model of Economy-Energy-Climate – The Model Wiagem“, In: *Integrated Assessment 3* (2002), Nr. 4, S. 281–298.

Kemfert (2004) Kemfert, C.: „Die ökonomischen Kosten des Klimawandels“, In: *DIW-Wochenbericht : Wirtschaft, Politik, Wissenschaft 71* (2004), Nr. 42, S. 615–622.

Kemfert (2005) Kemfert, C.: „Weltweiter Klimaschutz – Sofortiges Handeln spart hohe Kosten“, In: *DIW-Wochenbericht : Wirtschaft, Politik, Wissenschaft 72* (2005), 12-13, S. 209.

Kemfert (2007) Kemfert, C.: „Die ökonomischen Folgen des Klimawandels“, In: *Aus Politik und Zeitgeschichte - die Beilage zur Wochenzeitung "Das Parlament" 47* (2007), S. 14–19.

Kemfert (2008) Kemfert, C.: „Kosten des Klimawandels ungleich verteilt: Wirtschaftsschwache Bundesländer trifft es am härtesten“, In: *DIW-Wochenbericht : Wirtschaft, Politik, Wissenschaft 75* (2008), 12-13, S. 137–142.

Kind & Mohns (2010) Kind, C.; Mohns, T.: „Klimalotse - Leitfaden zur Anpassung an den Klimawandel“, Umweltbundesamt (UBA), Offline Version des Leitfadens vom Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung, (27.10.2010).

Klein et al. (2005) Klein, R. J. T.; Schipper, E. L. F.; Dessai, S.: „Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions“, In: *Mitigation and Adaptation Strategies for Climate Change 8* (2005), Nr. 6, S. 579–588.

klima-und-raum.org Plattform „Klimawandel und Raumentwicklung“ (klima-und-raum.org): „Anpassungs- und Klimaschutzstrategien“, URL: <http://www.klima-und-raum.org/anpassungsstrategien>, Überprüfungsdatum 18.12.2014.

- Koschel et al. (2006)** Koschel, H.; Moslener, U.; Sturm, B.; Fahl, U.; Rühle, B.; Wolf, H.: „Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen - InKlim 2012“, ZEW Mannheim / IER Stuttgart / ifeu Heidelberg / ZIV Darmstadt / IWU Darmstadt / ISET Kassel / HLUG Wiesbaden, Endbericht, (März 2006).
- Kronenberg (2009)** Kronenberg, T.: „Construction of Regional Input-Output Tables Using Nonsurvey Methods - The Role of Cross-Hauling“, In: *International Regional Science Review* 32 (2009), Nr. 1, S. 40–64.
- Kronenberg (2010)** Kronenberg, T.: „Erstellung einer Input-Output-Tabelle für Mecklenburg-Vorpommern“, In: *AStA Wirtschafts- und Sozialstatistisches Archiv* 4 (2010), Nr. 3, S. 223-248.
- Kuik et al. (2009)** Kuik, O.; Brander, L.; Tol, R. S.J.: „Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions: A meta-analysis“, In: *Energy Policy* 37 (2009), Nr. 4, S. 1395–1403.
- Küster et al. (2007)** Küster, R.; Ellersdorfer, I.; Fahl, U.: „A CGE-Analysis of Energy Policies Considering Labor Market Imperfections and Technology Specifications“, Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM), Nota di Lavoro, 7.2007, CCMP – Climate Change Modelling and Policy, Milano (January 2007).
- Küster et al. (2009)** Küster, R.; Ellersdorfer, I.; Voß, A.: „Economic Impacts of EU Climate Policy Targets Accounting for No-Regret Options – Scenario Analyses with NEWAGE-W“, eine Studie für die BASF AG, Stuttgart (2009).
- Küster (2009)** Küster, R.: „Klimaschutz, Volkswirtschaft und Beschäftigung - Analysen zur deutschen und europäischen Klimaschutzpolitik mit einem berechenbaren allgemeinen Gleichgewichtsmodell“, Berlin : Mensch und Buch Verl., 2009 (Climate protection).
- LUBW (2013)** Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW): „Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg - Perspektiven aus regionalen Klimamodellen“, Langfassung, Karlsruhe (Februar 2013).
- Lühr et al.** Lühr, O.; Nies, M.; Werbeck, N.: „ADAPTUS - Der Klimacheck für Unternehmen (Leitfaden)“, Prognos AG / Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen e.V. / Ruhr-Forschungsinstitut für Innovations- und Strukturpolitik (RUFIS) e.V.
- Maibach et al. (2008)** Maibach, P.; Schreyer, C.; Sutter, D.; van Essen, H. P.; Boon, B. H.; Smokers, R.; Schrotten, A.; Pawlowka, B.; Bak, M.: „Handbook on estimation of external costs in the transport sector - Produced within the study Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT)“, CE Delft, Publication number 07.4288.52, Delft (February 2008).
- Margulis et al. (2011)** Margulis, S.; Dubeux, C.; Marcovitch, J.: „The economics of climate change in Brazil: costs and opportunities“, São Paulo: FEA/USP, 84 p., (2011).

Mathiesen (1985) Mathiesen, L.: „Computation of economic equilibria by a sequence of linear complementarity problems“. In: MANNE, Alan S. (Hrsg.): *Economic Equilibrium: Model Formulation and Solution*, Berlin, Heidelberg : Springer, 1985 (Mathematical Programming Studies, 23), S. 144–162.

Narayanan et al. (2012) Narayanan, Badri; Aguiar, Angel; McDougall, Robert: „Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP 8 Data Base“ (2012), Center for Global Trade Analysis, Purdue University, URL: http://www.gtap.agecon.purdue.edu/databases/v8/v8_doco.asp. – Aktualisierungsdatum: 2012, Überprüfungsdatum 08.05.2014.

Nordhaus & Boyer (2000) Nordhaus, W. D.; Boyer, J.: „Warming the world - Economic models of global warming“, Cambridge, Mass. : MIT Press, 2000.

OECD (2012) Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD): „OECD Economic Outlook, Volume 2012 Issue 1“ : OECD Publishing, 2012 (2012).

Osberghaus & Reif (2010) Osberghaus, D.; Reif, C.: „Total Costs and Budgetary Effects of Adaptation to Climate Change: An Assessment for the European Union“, ZEW Discussion Paper No. 10-046, (2010).

Parry et al. (2009) Parry, M.; Arnell, N.; Berry, P.; Dodman, D.; Fankhauser, S.; Hope, C.; Kovats, S.; Nicholls, R.; Satterthwaite, D.; Tiffin, R.; Wheeler, T.: „Assessing the costs of adaptation to climate change - A review of the UNFCCC and other recent estimates“, International Institute for Environment and Development (IIED) and Grantham Institute for Climate Change, London (August 2009).

Russ et al. (2007) Russ, P.; Wiesenthal, T.; van Regemorter, D.; Ciscar, J. Carlos: „Global Climate Policy Scenarios for 2030 and Beyond - Analysis of Greenhouse Gas Emission Reduction Pathway Scenarios with the POLES and GEM-E3 Models“, Joint Research Centre (JRC), Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), JRC Reference Reports JRC 41526, (2007).

Russ et al. (2009) Russ, P.; Ciscar, J.-C.; Saveyn, B.; Soria, A.; Szabó, L.; van Ierland, T.; van Regemorter, D.; Virdis, R.: „Economic Assessment of Post-2012 Global Climate Policies - Analysis of Greenhouse Gas Emission Reduction Scenarios with the POLES and GEM-E3 model“, Joint Research Centre (JRC), Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), JRC Scientific and Technical Reports EUR Number 23768 EN, (February 2009).

Schenker et al. (2014) Schenker, O.; Mennel, T.; Osberghaus, D.; Ekinci, B.; Hengesbach, C.; Sandkamp, A.; Kind, C.; Savelsberg, J.; Kahlenborn; Buth, M.; Peters, M.; Steyer, S.: „Ökonomie des Klimawandels - Integrierte ökonomische Bewertung der Instrumente zur Anpassung an den Klimawandel“, Umweltbundesamt (UBA), FKZ 3710 41 137, Climate Change 16/2014, (Juni 2014).

- Schwermer et al. (2012)** Schwermer, S.; Müller, W.; Preiss, P.: „Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung - Anhang B der 'Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten'“, Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau (August 2012).
- Stern (2007)** Stern, N. H.: „The economics of climate change - The Stern review“, Cambridge, UK, New York : Cambridge University Press, 2007.
- Tol (2009)** Tol, R. S. J.: „The Economic Effects of Climate Change“, In: *Journal of Economic Perspectives* 23 (2009), Nr. 2, S. 29–51.
- UBA (2011)** Umweltbundesamt (UBA): „KomPass Tatenbank“ (2011), Umweltbundesamt (UBA), URL: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/tatenbank>. – Aktualisierungsdatum: 04.2013, Überprüfungsdatum 17.12.2014.
- UM (2014a)** Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM): „Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept Baden-Württemberg (IEKK)“, Beschlussfassung vom 15. Juli 2014, Stuttgart (2014).
- UM (2014b)** Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM): „Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg - Vulnerabilitäten und Anpassungsmaßnahmen in relevanten Handlungsfeldern“, Arbeitsentwurf Version 1.4, Stuttgart (2014).
- UN (1997)** United Nations (UN): „Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change“, FCCC/CP/1997/L.7/Add.1, (11 December 1997).
- UNFCCC (2007)** United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC): „Investment and financial flows to address climate change“, 2007 (Background paper on analysis of existing and planned investment and financial flows relevant to the development of effective and appropriate international response to climate change). – ISBN 92-9219-042-3
- UNFCCC (2011)** United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC): „The Adaptation fund“ (2011), URL: <https://www.adaptation-fund.org>, Überprüfungsdatum 08.05.2014.
- Vogt (2011)** Vogt, V.: „Schätzung regionaler Exporte und Importe als Vorarbeit zu einer Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg“, In: *Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg* (2011), Nr. 2, S. 30–34.
- Watkiss et al. (2005)** Watkiss, P.; Anthoff, D.; Downing, T.; Hepburn, C.; Hope, C.; Hunt, A.; Tol, R. S. J.: „The Social Costs of Carbon (SCC) Review - Methodological Approaches for Using SCC Estimates in Policy Assessment“, Published by the Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), UK, (December 2005).

White House (2014) Executive Office of the President of the United States (White House): „The Cost of Delaying Action to Stem Climate Change“, The Council of Economic Advisers, Report, (Juli 2014).

Worldbank (2010) The World Bank Group (Worldbank): „Economics of Adaptation to Climate Change - Synthesis Report“, (2010), Report no. 70267

Zürn (2010) Zürn, M.: „Auswirkungen des technologischen Fortschritts und des Klimaschutzes auf die Stromerzeugung - Analysen mit einem allgemeinen Gleichgewichtsmodell“, 1. Aufl, Lohmar, Köln : Eul, 2010 (Reihe: Industrieökonomik 7).

Anhang

Tabelle A - 1: Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen - Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 1/8)

Lfd. Nr.	CPA1	Verwendung Aufkommen	Input der Produktionsbereiche ²⁾					
			Erzg. v. Produkten der Landwirtschaft und Jagd	Erzg. v. Produkten der Forstwirtschaft	Erzg. v. Produkten der Fischerei und Fischzucht	Gew. v. Kohle und Torf	Gew. v. Erdöl, Erdgas, Erbring. diesbez. DL	Gew. v. Uran- und Thorium-erzen
	Lfd.Nr.		01	02	05	10	11	12
			1	2	3	4	5	6
1	01	Erzeugnisse der Landwirtschaft und Jagd	667	29	0	0	0	0
2	02	Forstwirtschaftliche Erzeugnisse und DL	7	137	0	0	0	0
3	05	Fische und Fischereierzeugnisse	0	0	2	0	0	0
4	10	Kohle und Torf	3	0	0	0	0	0
5	11	Erdöl, Erdgas, DL für Erdöl-, Erdgasgewinnung	5	0	0	0	0	0
6	12	Uran- und Thoriumerze	0	0	0	0	0	0
7	13	Erze	0	0	0	0	0	0
8	14	Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	30	1	0	0	0	0
9	15.1 - 15.8	Nahrungs- und Futtermittel	389	0	0	0	0	0
10	15.9	Getränke	0	0	0	0	0	0
11	16	Tabakerzeugnisse	0	0	0	0	0	0
12	17	Textilien	2	0	2	0	0	0
13	18	Bekleidung	0	1	0	0	0	0
14	19	Leder und Lederwaren	2	0	0	0	0	0
15	20	Holz; Holz-, Kork-, Flechtwaren (ohne Möbel)	9	1	0	0	0	0
16	21.1	Holzstoff, Zellstoff, Papier, Karton und Pappe	1	0	0	0	0	0
17	21.2	Papier-, Karton- und Pappwaren	2	0	0	0	0	0
18	22.1	Verlagszeugnisse	1	1	0	0	0	0
19	22.2 - 22.3	Druckerzeugnisse, bespielte Ton-, Bild- und Datenträger	3	1	0	0	0	0
20	23	Kokereierzeugnisse, Mineralölerzeugnisse, Spalt- und Brutstoffe	103	8	0	0	0	0
21	24.4	Pharmazeutische Erzeugnisse	42	0	0	0	0	0
22	4 - ohne 24	Chemische Erzeugnisse (ohne pharmazeutische Erzeugnisse)	242	6	0	0	0	0
23	25.1	Gummiwaren	11	1	0	0	0	0
24	25.2	Kunststoffwaren	9	1	0	0	0	0
25	26.1	Glas und Glaswaren	16	0	0	0	0	0
26	26.2 - 26.8	Keramik, bearbeitete Steine und Erden	21	4	0	0	0	0
27	27.1 - 27.3	Roheisen, Stahl, Rohre und Halbzeug daraus	3	1	0	0	0	0
28	27.4	NE-Metalle und Halbzeug daraus	0	0	0	0	0	0
29	27.5	Gießereierzeugnisse	4	0	0	0	0	0
30	28	Metallerzeugnisse	34	7	0	0	0	0
31	29	Maschinen	89	13	0	1	0	0
32	30	Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräte und -einrichtungen	0	0	0	0	0	0
33	31	Geräte der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u.Ä.	5	1	0	0	0	0
34	32	Nachttechn., Rundf- und Fernsehgeräte, elektron. Bauelemente	0	0	0	0	0	0
35	33	Medizin-, mess-, regelungstechn., optische Erzeugnisse; Uhren	0	0	0	0	0	0
36	34	Kraftwagen und Kraftwagenteile	18	1	0	0	0	0
37	35	Sonstige Fahrzeuge (Wasser-, Schienen-, Luftfahrzeuge u.a.)	0	0	0	0	0	0
38	36	Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, Sportgeräte, Spielwaren u.Ä.	0	0	0	0	0	0
39	37	Sekundärrohstoffe	0	0	0	0	0	0
40	40.1, 40.3	Elektrizität, Fernwärme, DL der Elektrizitäts- u. Fernwärmeversorgung	55	1	0	0	0	0
41	40.2	Gase, DL der Gasversorgung	5	0	0	0	0	0
42	41	Wasser und DL der Wasserversorgung	29	0	0	0	0	0
43	45.1 - 45.2	Vorb. Baustellenarbeiten, Hoch- und Tiefbauarbeiten	10	3	0	0	0	0
44	45.3 - 45.5	Bauinstallations- und sonstige Bauarbeiten	11	2	0	0	0	0
45	50	Handelsleist. mit Kfz; Rep. an Kfz; Tankleistungen	38	3	0	0	0	0
46	51	Handelsvermittlungs- und Großhandelsleistungen	216	17	1	0	0	0
47	52	Einzelhandelsleistungen; Reparatur an Gebrauchsgütern	8	1	0	0	0	0
48	55	Beherbergungs- und Gaststätten-DL	0	0	0	0	0	0
49	60.1	Eisenbahn-DL	0	1	0	0	0	0
50	60.2 - 60.3	Sonst. Landvleistungen, Transportleistungen in Rohrfernleitungen	9	3	0	0	0	0
51	61	Schiffahrtsleistungen	3	0	2	0	0	0
52	62	Luftfahrtleistungen	2	0	0	0	0	0
53	63	DL bezüglich Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr	2	0	0	0	0	0
54	64	Nachrichtenübermittlungs-DL	5	2	0	0	0	0
55	65	DL der Kreditinstitute	59	8	0	0	0	0
56	66	DL der Versicherungen (ohne Sozialversicherung)	21	1	0	0	0	0
57	67	DL des Kredit- und Versicherungshilfsgewerbes	0	0	0	0	0	0
58	70	DL des Grundstücks- und Wohnungswesens	31	2	0	0	0	0
59	71	DL der Vermietung beweglicher Sachen (ohne Personal)	215	10	0	0	0	0
60	72	DL der Datenverarbeitung und von Datenbanken	1	0	0	0	0	0
61	73	Forschungs- und Entwicklungsleistungen	0	0	0	0	0	0
62	74	Unternehmensbezogene DL	359	32	0	0	0	0
63	75.1 - 75.2	DL der öffentlichen Verwaltung, Verteidigung	11	5	0	0	0	0
64	75.3	DL der Sozialversicherung	0	0	0	0	0	0
65	80	Erziehungs- und Unterrichts-DL	3	1	0	0	0	0
66	85	DL des Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesens	33	0	0	0	0	0
67	90	Abwasser-, Abfallbeseitigungs- u. sonst. Entsorgungsleistungen	26	2	0	0	0	0
68	91	DL von Interessenvertretungen, Kirchen u.Ä.	6	1	0	0	0	0
69	92	Kultur-, Sport- und Unterhaltungs-DL	0	0	0	0	0	0
70	93	Sonstige DL	6	0	0	0	0	0
71	95	DL privater Haushalte	0	0	0	0	0	0
72		Vorleistungen der Produktionsbereiche (Sp. 1 bis Sp. 71) bzw. Letzte Verwendung von Gütern (Sp. 73 bis Sp. 81)	2.882	309	9	3	0	0
73		Gütersteuern abzüglich Gütersubventionen	117	6	0	0	0	0
74		Vorf. der Produktionsbereiche (Sp. 1 bis Sp. 71) bzw. letzte Verwendung von Gütern (Sp. 73 bis Sp. 81) zu Arbeitnehmerentgelt im Inland	3.000	314	9	3	0	0
75		Sonstige Produktionsabgaben abzüglich sonstige Subventionen	740	87	3	3	0	0
76		Abschreibungen	-815	-36	1	-1	0	0
77		Nettobetriebsüberschuss	957	43	5	0	0	0
78		Bruttowertschöpfung	1.163	270	8	-1	0	0
79		Produktionswert	2.044	363	17	1	0	0
80		darunter: Firmeninterne Lieferungen und Leistungen	5.044	677	27	5	0	0
81		Importe gleichartiger Güter zu cif-Preisen	6.703	897	143	1.389	7.153	0
82		darunter: Importe gleichartiger Güter aus EU-Ländern zu cif-Preisen						
83		Gesamtes Aufkommen an Gütern	11.747	1.574	170	1.394	7.153	0

Tabelle A - 2: Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen - Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 2/8)

Lfd. Nr.	Input der Produktionsbereiche ²⁾										
	Gew. v. Erzen	Gew. v. Steinen und Erden, sonstigen Bergbauzeugn.	H.v. Nahrungs- und Futtermitteln	H.v. Getränken	H.v. Tabakwaren	H.v. Textilien	H.v. Bekleidung	H.v. Leder und Lederwaren	H.v. Holz und Holz erzeugnissen	H.v. Holzstoff, Zellstoff, Papier, Karton und Pappe	H.v. Papier-, Karton- und Pappe-waren
	13 7	14 8	15.1 - 15.8 9	15.9 10	16 11	17 12	18 13	19 14	20 15	21.1 16	21.2 17
1	0	0	4.799	69	23	46	5	0	0	0	0
2	0	4	0	0	0	0	0	0	636	329	0
3	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	4	6	1	0	3	0	0	0	39	1
5	0	7	68	4	0	17	4	1	15	229	5
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	285	30	0	0	0	0	0	0	36	0
9	0	0	4.443	142	0	5	0	10	0	0	0
10	0	0	27	175	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
12	0	0	4	0	0	779	1.147	9	2	0	2
13	0	0	1	0	0	0	999	0	0	0	0
14	0	1	0	0	0	0	1	379	0	0	0
15	0	4	21	9	1	3	5	3	2.328	212	2
16	0	4	24	3	1	10	10	4	10	3.237	635
17	0	22	301	30	8	38	43	30	13	72	408
18	0	1	8	2	1	2	8	1	2	3	1
19	0	3	24	6	0	18	48	4	21	14	37
20	0	25	86	14	0	12	15	4	58	42	5
21	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0
22	0	14	195	38	1	615	63	91	685	795	57
23	0	2	11	1	0	3	26	0	10	1	0
24	0	1	226	66	1	28	21	3	37	52	85
25	0	0	57	39	0	0	1	0	163	31	0
26	0	3	0	0	0	44	1	2	8	0	0
27	0	9	9	1	0	0	0	0	15	0	6
28	0	1	5	0	0	0	2	0	0	1	6
29	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
30	0	20	114	34	0	9	54	21	90	25	5
31	0	30	144	16	1	58	24	5	24	120	18
32	0	2	8	2	0	1	3	0	9	8	1
33	0	3	8	1	0	3	4	0	2	8	2
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	2	11	2	0	0	1	0	0	7	1
36	0	4	10	3	0	0	0	0	5	9	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	17	0	1	1	0
39	0	0	0	0	0	5	0	0	0	324	0
40	0	65	264	29	2	112	58	11	151	635	27
41	0	7	66	13	0	21	5	2	13	169	13
42	0	7	52	13	0	8	7	1	4	92	4
43	0	5	19	4	0	5	5	1	9	10	2
44	0	3	30	7	0	9	11	2	12	19	4
45	0	10	37	5	0	4	6	0	33	16	5
46	0	22	1.219	76	3	123	363	102	470	465	46
47	0	2	225	10	0	23	115	31	49	53	7
48	0	0	4	1	0	2	1	0	1	2	0
49	0	10	0	0	0	0	1	0	0	3	0
50	0	48	256	20	1	9	12	2	112	322	24
51	0	31	9	0	0	3	7	1	0	6	0
52	0	6	22	5	2	16	10	1	26	48	6
53	0	4	471	22	0	12	8	1	37	15	0
54	0	5	45	6	0	13	14	2	24	24	12
55	0	15	162	17	3	25	29	1	69	76	17
56	0	5	36	3	0	2	3	1	27	26	6
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	26	332	51	4	66	55	5	133	101	43
59	0	45	151	33	1	7	8	3	134	73	34
60	0	1	11	4	1	3	4	1	9	8	6
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	140	1.487	391	31	153	150	21	216	443	102
63	0	15	59	10	1	8	11	4	27	32	8
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	1	24	3	0	4	5	2	12	8	1
66	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	17	103	6	0	6	3	3	38	280	29
68	0	2	30	4	0	8	6	1	5	4	3
69	0	0	10	22	5	0	0	0	0	0	0
70	0	6	22	3	0	2	4	0	32	9	4
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	0	951	15.832	1.415	97	2.344	3.402	766	5.777	8.532	1.681
73	0	19	279	16	8	33	56	10	59	126	12
74	0	970	16.111	1.431	105	2.378	3.458	777	5.836	8.657	1.693
75	0	215	2.707	261	27	738	724	170	1.114	1.187	480
76	0	1	44	-1	0	20	13	1	-6	17	24
77	0	11	319	-21	1	176	37	9	-31	145	210
78	0	19	369	-21	3	83	167	9	-62	159	104
79	0	246	3.438	219	31	1.016	941	189	1.015	1.507	818
80	0	1.217	19.550	1.650	136	3.394	4.399	966	6.851	10.165	2.511
81											
82	561	749	12.668	2.531	440	6.946	5.561	2.512	3.078	8.505	2.087
83											
84	561	1.966	32.218	4.180	577	10.339	9.959	3.478	9.930	18.670	4.598

Tabelle A - 3: Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen -
Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 3/8)

Input der Produktionsbereiche ²⁾											
	H.v. Verlags- erzeug- nissen	H.v. Druckerzeug- nissen, bsp. Ton-, Bild- und Datenträgern	H.v. Kokereierz., Mineralölerz., Spalt- und Brutstoffen	H.v. pharma- zeutischen Erzeug- nissen	H.v. chemischen Erzeugnissen (oh. pharma- zeutische Erzeugnisse)	H.v. Gummi- waren	H.v. Kunststoff- waren	H.v. Glas und Glaswaren	H.v. Keramik, Verarbeit- ung von Steinen und Erden	H.v. Roh- eisen, Stahl, Rohren u. Halbzeug daraus	H.v. NE-Metallen und Halbzeug daraus
	22.1	22.2 - 22.3	23	24.4	24 – ohne 24.4	25.1	25.2	26.1	26.2 - 26.8	27.1 - 27.3	27.4
Lfd. Nr.	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	0	0	0	0	6	88	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	40	0	16	0	0	0	15	24	0
5	0	14	2.692	4	343	10	25	41	47	84	14
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	6	0	0	4	0	323	189
8	0	0	0	0	451	0	0	54	299	2	0
9	0	0	0	15	279	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1	22	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1	0	0	5	4	92	11	1	0	0	0
13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
15	0	1	0	1	73	1	11	7	11	7	2
16	98	904	0	0	114	5	5	3	6	3	2
17	6	38	0	16	277	19	43	19	10	2	0
18	476	2	1	0	14	1	4	1	2	3	1
19	1.443	917	1	3	36	8	16	2	5	8	4
20	47	11	646	5	1.399	6	270	29	30	240	6
21	0	0	0	255	0	0	0	0	0	0	0
22	18	191	17	174	15.718	431	2.323	57	142	67	162
23	0	0	1	0	21	117	0	3	1	3	0
24	0	20	2	25	307	9	1.284	25	23	4	1
25	0	0	0	4	52	0	58	235	2	2	0
26	0	0	0	0	111	0	5	9	473	66	3
27	0	0	1	0	20	25	1	0	4	5.944	0
28	0	3	0	1	282	0	28	2	2	138	1.882
29	0	1	0	0	0	0	4	2	2	0	0
30	10	7	19	12	311	21	78	5	19	69	12
31	2	77	11	2	384	99	94	30	64	66	36
32	7	5	1	2	31	1	14	1	4	6	3
33	2	4	1	1	53	3	6	1	3	37	7
34	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	2	4	57	0	12	0	2	8	1
36	0	0	1	2	27	0	1	8	16	23	6
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1	1	0	0	1	0	8	0	0	0	0
39	0	0	0	0	22	28	35	16	13	136	46
40	55	105	22	14	465	46	172	49	101	166	52
41	3	21	8	1	85	7	16	30	40	81	6
42	10	5	2	2	82	5	11	7	13	18	4
43	15	10	3	3	26	4	10	3	3	29	5
44	33	22	2	6	45	4	12	3	25	10	2
45	27	11	1	1	25	3	8	2	18	5	3
46	132	242	7	13	1.002	126	105	103	204	309	36
47	29	26	1	9	102	8	12	10	6	5	1
48	45	3	0	1	27	0	14	1	1	2	1
49	0	0	1	0	76	0	0	0	0	69	2
50	227	12	92	2	235	38	86	8	189	157	17
51	0	0	7	0	92	2	2	0	1	46	3
52	82	12	5	7	92	5	34	5	10	12	2
53	0	6	4	4	98	25	49	4	42	28	4
54	380	32	8	8	114	9	50	8	15	10	3
55	135	59	29	12	162	17	79	16	30	34	14
56	32	19	2	2	88	6	29	4	11	4	1
57	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
58	300	204	14	23	284	42	126	21	61	27	25
59	114	214	4	20	180	29	90	11	67	22	14
60	75	29	3	13	89	2	23	7	8	16	5
61	0	0	0	202	156	4	57	1	8	5	0
62	2.125	217	107	128	2.722	126	635	166	248	255	75
63	25	20	4	6	116	5	39	6	23	13	2
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	14	6	3	2	48	1	11	2	3	9	3
66	0	0	0	0	17	0	4	0	0	0	0
67	10	9	1	4	561	5	29	3	17	27	31
68	23	14	4	2	29	4	7	3	5	5	1
69	1.178	0	0	4	14	0	0	0	0	0	0
70	11	26	1	3	37	2	5	0	6	11	1
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	7.190	3.526	3.773	1.024	27.528	1.486	6.050	1.027	2.350	8.644	2.694
73	64	29	5	9	212	17	54	20	38	48	19
74	7.254	3.554	3.778	1.033	27.740	1.504	6.104	1.047	2.388	8.692	2.713
75	1.654	1.150	111	504	3.778	609	2.146	361	843	655	294
76	8	15	32	24	213	31	99	11	39	31	104
77	40	137	138	125	1.646	208	552	73	326	122	296
78	135	196	364	455	1.858	237	879	132	265	435	182
79	1.837	1.499	645	1.108	7.495	1.086	3.677	577	1.473	1.243	875
80	9.092	5.053	4.423	2.141	35.235	2.590	9.780	1.625	3.861	9.936	3.588
81											
82	2.709	572	10.826	11.516	28.028	4.763	6.612	2.201	1.826	19.602	14.893
83											
84	11.801	5.625	15.249	13.657	63.263	7.352	16.392	3.826	5.687	29.538	18.481

Tabelle A - 4: Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen - Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 4/8)

Lfd. Nr.	Input der Produktionsbereiche ²⁾										
	H.v. Gießerei- erzeug- nissen	H.v. Metall- erzeug- nissen	H.v. Maschinen	H.v. Büro- maschinen, Datenver- arbeitungs- geräten u. -einricht.	H.v. Gerä- ten der Elektrizitäts- erzeugung, -verteilg. u.Ä.	H.v. Erzeugn. d. Rundfunk- und Nachrichten- technik	H.v. Erzeugn. d. Medizin-, Mess-, Steuer- u. Regelungs- technik	H.v. Kraftwagen und Kraftwagen- teilen	H.v. sonst. Fahrzeugen (Wasser-, Schienen-, Luftfz. u.a.)	H.v. Möbeln, Schmuck, Musikinstr., Sportger., Spielw. u.Ä.	H.v. Sekundär- rohstoffen
	27.5 29	28 30	29 31	30 32	31 33	32 34	33 35	34 36	35 37	36 38	37 39
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	10	101	50	0	16	5	10	91	2	6	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	16	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
8	11	4	0	0	2	0	1	0	0	9	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	17	33	0	13	14	19	208	6	126	0
13	0	4	1	0	0	0	0	2	0	3	0
14	1	10	6	0	1	0	4	20	0	102	0
15	3	131	189	2	23	26	26	160	27	755	1
16	2	44	88	1	32	23	25	96	1	26	0
17	1	88	106	1	65	56	105	30	1	65	0
18	1	14	21	1	10	12	11	36	1	6	1
19	4	52	124	3	30	44	49	168	3	55	1
20	10	99	88	2	42	15	21	158	4	31	20
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	97	512	557	9	205	454	188	1.304	21	169	3
23	2	74	374	0	71	34	40	1.705	8	34	1
24	1	251	1.246	1	149	70	287	2.392	13	226	4
25	0	146	49	0	47	28	317	484	1	21	0
26	34	60	89	0	73	22	7	78	2	21	0
27	47	4.867	2.078	1	401	117	16	3.060	122	11	0
28	497	2.301	657	1	669	153	267	618	37	90	0
29	38	446	1.369	0	162	23	47	2.032	31	0	0
30	34	7.487	5.054	13	703	277	646	5.020	200	429	4
31	41	853	13.298	0	160	34	230	2.059	138	122	0
32	2	33	97	246	129	47	180	81	1	3	1
33	12	105	2.412	6	5.496	121	248	3.299	38	9	1
34	0	0	973	124	373	4.833	862	339	14	7	0
35	4	71	214	0	80	20	1.513	24	23	2	0
36	0	2	204	0	11	19	68	40.366	6	0	29
37	0	0	0	0	0	0	0	0	453	0	0
38	0	14	4	0	1	0	0	769	3	731	0
39	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174
40	41	541	335	3	145	68	89	566	14	70	6
41	9	86	19	0	16	3	11	39	1	7	1
42	6	71	61	0	15	16	12	69	1	6	2
43	3	27	35	0	14	9	8	59	1	8	1
44	6	55	65	1	25	23	23	114	1	10	1
45	2	63	73	1	18	17	14	1.039	3	12	5
46	95	1.570	2.308	31	555	340	555	1.232	61	504	26
47	4	94	127	0	48	27	85	124	9	62	0
48	0	41	47	1	16	16	32	73	1	3	0
49	0	4	5	0	0	2	2	201	0	0	0
50	8	153	382	1	40	47	119	735	3	146	3
51	2	47	69	1	5	8	0	243	0	0	0
52	4	87	240	12	29	104	101	203	9	18	0
53	7	64	523	9	33	44	19	979	2	52	1
54	6	184	335	7	128	69	105	249	6	21	1
55	15	315	472	7	155	84	126	630	14	53	4
56	3	31	42	1	9	12	11	77	2	22	1
57	0	0	0	0	85	0	0	0	0	0	0
58	13	610	848	14	344	179	175	1.619	23	144	10
59	12	295	278	9	129	109	129	456	6	50	11
60	9	238	263	30	88	51	49	292	10	19	2
61	0	4	30	3	42	50	11	161	14	0	0
62	79	1.206	4.273	43	1.617	1.357	1.151	4.553	142	440	34
63	5	83	73	2	55	34	33	165	3	21	6
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	2	41	67	1	23	19	18	119	2	8	0
66	0	0	5	0	1	1	1	27	0	0	0
67	11	93	78	1	9	5	10	119	1	7	3
68	1	26	32	1	14	13	14	64	1	6	1
69	0	0	3	0	2	0	0	161	0	0	0
70	2	35	51	2	36	30	41	300	1	12	1
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	1.222	23.852	40.522	595	12.659	9.185	8.131	79.265	1.488	4.765	359
73	20	186	266	16	85	130	92	357	19	47	19
74	1.242	24.038	40.788	611	12.744	9.314	8.223	79.622	1.508	4.813	378
75	326	8.410	16.322	155	4.794	2.527	4.355	16.455	516	1.798	60
76	-3	126	718	16	173	11	117	967	19	43	3
77	-40	495	2.404	137	881	329	312	8.781	245	233	11
78	-60	1.203	7.425	91	1.857	151	1.696	4.266	4	244	68
79	224	10.235	26.869	398	7.706	3.018	6.479	30.469	784	2.318	142
80	1.466	34.273	67.657	1.009	20.450	12.332	14.702	110.091	2.292	7.131	520
81											
82	4.660	12.281	31.271	11.361	14.951	17.581	11.722	44.284	12.015	8.294	301
83											
84	6.126	46.554	98.928	12.370	35.401	29.913	26.424	154.375	14.306	15.425	821

Tabelle A - 5: Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen - Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 5/8)

Lfd. Nr.	Input der Produktionsbereiche ²⁾										
	Erzg. und Verteilung von Elektrizität und Fernwärme	Erzg. und Verteilung von Gasen	Gew. und Verteilung von Wasser	Vorb. Baustellenarbeiten, Hoch- und Tiefbauarbeiten	Bauinstallations- und sonstige Bauarbeiten	Handelsleist. m. Kfz; Rep. an Kfz; Tankleistungen	Handelsvermittlungs- und Großhandelsleistungen	Einzelhandelsleistungen; Rep. an Gebrauchsgütern	Beherbungs- und Gaststätten-DL	Eisenbahn-DL	Sonst. Landverkehrsleist., Transportleistungen in Rohrleitungen
	40.1, 40.3	40.2	41	45.1 - 45.2	45.3 - 45.5	50	51	52	55	60.1	60.2 - 60.3
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	0	0	0	0	0	0	1	1	79	2	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
4	1.104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	643	22	0	1	2	0	13	47	5	4	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	163	1	0	0	0	1	2	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	606	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	415	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	2	42	1	2	26	11	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
14	0	0	0	3	2	0	0	1	0	0	0
15	1	0	0	283	386	1	15	14	5	1	0
16	4	0	0	2	9	1	62	101	2	2	2
17	2	0	0	1	39	1	64	91	4	1	0
18	4	1	0	2	7	3	9	98	33	3	3
19	10	1	0	5	8	13	55	276	4	11	6
20	299	1	0	130	103	21	161	83	12	43	173
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	6	1	1	27	366	10	5	18	15	6	3
23	0	0	0	7	16	30	6	5	0	1	16
24	0	0	0	244	876	29	49	118	6	1	1
25	0	0	0	3	72	7	0	1	3	0	0
26	16	0	0	1.365	372	0	1	1	3	3	1
27	21	13	1	87	53	1	2	6	0	13	17
28	2	0	0	22	54	1	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	19	0	1	0	1	0
30	83	2	0	296	1.183	60	20	36	12	9	18
31	146	2	2	15	297	11	14	47	12	59	2
32	9	1	0	2	4	3	14	22	4	6	5
33	632	2	0	6	1.575	45	5	10	9	43	14
34	0	0	0	0	2	0	0	34	2	0	0
35	32	11	1	1	6	4	2	9	0	0	2
36	5	1	0	0	0	177	0	0	0	0	69
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	0
38	0	0	0	0	5	0	1	5	3	1	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	4.130	25	7	7	13	36	101	236	74	150	21
41	376	37	0	4	4	7	16	44	17	2	0
42	5	0	1	9	7	3	8	13	30	6	1
43	48	3	1	208	57	6	9	24	6	6	5
44	100	6	2	723	130	13	34	82	40	1	20
45	12	1	0	35	56	63	66	308	12	6	148
46	188	9	1	283	906	59	1.068	188	305	16	25
47	27	0	0	40	192	4	8	30	64	1	2
48	3	0	0	12	15	2	80	24	4	0	19
49	76	0	0	0	0	4	84	15	0	220	0
50	23	63	0	33	1	8	1.289	375	1	0	102
51	65	0	0	0	0	1	143	0	0	0	2
52	1	2	0	11	11	3	46	26	2	1	2
53	10	1	0	20	33	11	2.473	84	17	1.232	204
54	43	5	0	14	54	12	210	811	52	34	23
55	109	5	1	179	282	63	248	366	121	43	45
56	106	5	1	22	39	9	24	84	8	33	113
57	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	90	6	0	1.215	313	278	1.213	1.944	493	41	38
59	257	8	1	428	262	13	329	333	43	11	101
60	42	3	0	5	9	11	88	103	2	41	38
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	641	40	3	613	507	167	1.130	1.381	248	127	161
63	810	12	1	84	42	6	26	48	19	6	16
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	13	1	0	13	21	4	27	32	8	4	13
66	0	0	0	0	0	0	2	11	7	0	0
67	43	0	0	19	49	8	35	410	50	12	11
68	31	1	0	21	48	6	32	137	5	2	11
69	3	0	0	0	0	0	1	6	63	0	0
70	7	1	0	5	9	3	33	42	50	4	2
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	10.294	293	27	6.668	8.541	1.239	9.324	8.208	2.991	2.274	1.456
73	200	25	5	106	116	31	178	134	197	46	304
74	10.494	318	32	6.774	8.657	1.270	9.502	8.342	3.188	2.320	1.759
75	2.069	293	73	3.703	3.569	2.662	7.588	7.658	2.656	786	2.098
76	351	74	-0	124	49	160	771	198	22	178	69
77	1.692	501	138	1.184	88	421	894	480	273	-2.746	284
78	2.539	567	151	2.317	2.603	1.437	4.156	1.095	1.221	2.063	956
79	6.651	1.435	362	7.328	6.310	4.681	13.409	9.431	4.171	280	3.407
80	17.145	1.753	394	14.102	14.967	5.950	22.911	17.773	7.359	2.600	5.166
81											
82	2.944	0	1.242	63	0	3.416	1.609	4.683	4.079	765	4.626
83											
84	20.088	1.753	1.636	14.165	14.967	9.367	24.519	22.456	11.439	3.364	9.792

Tabelle A - 6: Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen - Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 6/8)

Lfd. Nr.	Input der Produktionsbereiche2)										
	Schiffahrtsleistungen	Luftfahrtleistungen	DL bezügl. Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr	Nachrichtenübermittlungs-DL	DL der Kreditinstitute	DL der Versicherungen (oh. Sozialversicherung)	DL des Kredit- und Versicherungshilfsgewerbes	DL des Grundstücks- und Wohnungswesens	DL der Vermietung bewegl. Sachen (oh. Personal)	DL der Datenverarbeitung und von Datenbanken	Forschungs- und Entwicklungsleistungen
	61	62	63	64	65	66	67	70	71	72	73
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
1	1	0	1	1	0	0	0	16	0	1	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	1	4	3	0	0	0	3	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	3	1	1	0	0	0	1	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	4	2	1	0	0	8	0	1	1
16	0	0	4	16	11	12	2	0	0	11	2
17	0	0	3	4	2	2	0	0	0	2	1
18	0	0	4	8	6	7	0	6	1	5	12
19	0	0	39	108	43	23	1	2	2	20	15
20	36	332	158	35	5	5	2	1	4	20	7
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1	0	1	2	1	1	0	0	0	3	32
23	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	2
24	0	0	19	2	0	0	0	0	0	1	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
26	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1	0	57	6	2	3	0	3	1	7	4
31	5	0	14	7	0	0	0	16	0	1	4
32	0	0	28	46	21	13	3	1	2	190	21
33	0	0	31	19	1	2	0	1	0	11	5
34	0	0	0	275	0	0	1	0	0	2	11
35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
36	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	143	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	1	1	1	0	0	0	2	1
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	41	61	36	18	7	11	4	22	21
41	0	0	0	2	6	4	1	0	0	3	1
42	0	0	10	7	4	5	0	1	0	6	2
43	0	0	26	20	9	10	0	118	1	6	2
44	0	0	69	54	25	28	1	333	4	35	7
45	0	0	322	29	5	5	3	1	26	13	4
46	8	1	22	77	9	8	1	2	1	19	23
47	1	0	7	35	6	4	1	1	0	2	5
48	0	28	30	10	20	11	4	4	0	10	3
49	0	0	43	1	1	1	0	0	0	4	1
50	0	0	1.587	1	4	1	1	0	0	3	1
51	24	0	125	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	110	46	53	29	1	1	2	41	19
53	338	358	2.561	212	0	0	0	0	0	1	1
54	1	5	131	2.121	123	124	22	12	4	50	14
55	2	7	121	127	1.795	286	342	326	46	119	11
56	1	3	90	8	78	1.020	374	33	30	11	3
57	0	0	0	0	1.570	1.655	696	0	7	0	0
58	0	2	257	514	450	427	33	360	17	96	43
59	36	66	267	78	69	44	69	3	601	153	12
60	0	2	180	252	209	85	8	8	5	1.947	92
61	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	116
62	1	11	347	484	1.392	2.366	37	282	131	300	176
63	0	1	19	11	11	10	1	39	3	11	22
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	5	19	12	24	11	3	12	1	122	265
66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	30	8	10	6	0	34	1	12	4
68	0	0	40	3	40	24	2	1	1	13	20
69	0	0	0	29	19	9	0	0	0	0	0
70	0	0	115	50	33	23	1	6	2	53	9
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	464	968	6.985	4.800	6.104	6.291	1.619	1.639	896	3.331	1.012
73	12	2	219	144	541	546	35	301	21	34	70
74	476	970	7.203	4.944	6.645	6.837	1.654	1.940	917	3.364	1.082
75	20	205	2.278	2.019	4.971	1.539	506	1.100	230	4.669	688
76	3	20	96	90	498	191	38	1.167	40	91	-26
77	42	182	1.071	1.367	869	202	16	11.387	3.320	795	159
78	33	49	992	2.053	2.203	-193	1.239	17.401	264	1.222	14
79	98	457	4.437	5.529	8.541	1.740	1.798	31.056	3.854	6.777	835
80	574	1.426	11.640	10.473	15.185	8.577	3.452	32.996	4.771	10.141	1.917
81											
82	1.675	3.002	3.970	2.242	1.610	1.468	1.603	13.586	2.472	3.462	2.242
83											
84	2.249	4.429	15.610	12.715	16.796	10.044	5.056	46.582	7.244	13.604	4.159

Tabelle A - 7: Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg 2007 zu Herstellungspreisen - Inländische Produktion und Importe in Mill. EUR (Teil 7/8)

Lfd. Nr.	Input der Produktionsbereiche ²⁾										Input der Produktionsbereiche (zusammen)
	Unternehmensbezogene DL	DL der öffentlichen Verwaltung, Verteidigung	DL der Sozialversicherung	Erziehungs- und Unterrichts-DL	DL des Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesens	Abwasser-, Abfallbeseitig.- u. sonst. Entsorg.-leist.	DL von Interessenvertretungen, Kirchen u.Ä.	Kultur-, Sport- u. Unterhaltungs-DL	Sonstige Dienstleistungen	DL privater Haushalte	
	74	75.1 - 75.2	75.3	80	85	90	91	92	93	95	
	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
1	3	121	0	9	64	0	2	16	2	0	6.054
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.118
3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	48
4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1.262
5	16	28	1	18	17	0	1	7	4	0	4.763
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	539
8	0	29	0	0	0	2	0	0	0	0	1.413
9	2	113	0	47	415	0	8	18	4	0	6.503
10	0	8	0	6	23	0	0	1	0	0	681
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
12	2	8	1	2	17	0	1	2	0	0	2.621
13	0	1	0	0	15	0	1	20	0	0	1.053
14	0	6	0	1	1	0	0	4	0	0	549
15	6	23	1	25	5	3	0	5	63	0	4.907
16	28	16	7	17	11	0	1	4	0	0	5.745
17	48	6	2	4	5	0	1	5	2	0	2.206
18	453	23	2	62	47	1	5	30	5	0	1.486
19	231	65	23	69	15	4	8	31	2	0	4.244
20	91	114	3	87	45	4	5	47	18	0	5.601
21	0	0	0	0	524	0	0	0	0	0	826
22	87	32	1	22	85	6	3	11	15	0	26.384
23	1	16	1	1	2	1	0	0	0	0	2.667
24	51	22	1	3	15	5	1	1	0	0	8.317
25	6	2	0	5	7	0	0	0	0	0	1.860
26	0	12	0	0	1	0	0	0	8	0	2.922
27	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	16.991
28	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	7.729
29	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4.189
30	13	71	6	18	21	33	3	7	1	0	22.818
31	5	265	1	3	21	10	0	0	4	0	19.306
32	34	58	25	37	23	5	12	20	1	0	1.542
33	5	11	0	5	9	1	0	4	0	0	14.348
34	19	46	0	18	9	0	0	56	1	0	8.004
35	3	15	0	10	296	0	0	0	0	0	2.470
36	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	41.142
37	0	281	0	0	0	0	0	0	0	0	941
38	3	2	0	13	3	0	4	6	0	0	1.605
39	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	841
40	71	112	2	171	132	1	9	45	42	0	10.141
41	19	25	1	21	18	0	3	7	0	0	1.423
42	35	23	6	49	38	1	3	36	38	0	982
43	24	49	8	26	44	12	5	15	3	0	1.102
44	179	240	34	116	165	6	15	68	18	0	3.146
45	56	72	5	23	19	11	1	26	5	0	2.839
46	59	145	6	68	356	32	9	112	11	0	16.696
47	32	69	5	44	107	2	9	58	21	0	2.088
48	56	96	10	14	14	0	19	58	6	0	885
49	2	37	1	115	1	0	1	3	0	0	989
50	11	33	1	262	4	0	9	14	1	0	7.349
51	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	959
52	154	128	7	6	10	2	8	72	7	0	2.011
53	18	9	0	0	0	0	0	4	0	0	10.158
54	277	174	68	25	82	8	26	191	14	0	6.627
55	515	159	74	76	239	12	111	103	92	0	8.965
56	57	138	1	126	28	9	20	14	4	0	3.033
57	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	4.052
58	1.497	339	88	111	447	21	41	172	51	0	16.553
59	73	61	13	58	103	36	26	98	66	0	6.684
60	254	44	97	60	105	21	7	38	4	0	5.129
61	0	175	0	74	21	7	0	0	0	0	1.149
62	8.664	577	134	174	735	161	49	360	76	0	46.699
63	117	269	50	23	51	8	28	23	4	0	2.704
64	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
65	157	76	42	1.655	17	1	15	15	2	0	3.055
66	2	26	0	23	424	0	0	32	0	0	619
67	56	251	6	28	171	40	3	33	3	0	2.878
68	123	81	15	25	51	5	135	18	15	0	1.248
69	1.068	112	2	64	27	0	14	2.195	2	0	5.014
70	478	9	3	6	94	13	3	127	578	0	2.461
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	15.168	4.963	750	3.923	5.200	521	629	4.230	1.196	0	413.340
73	199	815	78	405	955	113	62	284	28	0	8.700
74	15.367	5.778	828	4.328	6.155	635	692	4.514	1.224	0	422.040
75	12.237	9.824	1.567	11.377	12.141	371	1.993	2.006	724	926	180.824
76	281	-35	0	-47	-661	-24	-36	-55	52	0	5.734
77	738	2.335	17	956	2.841	1.337	221	702	147	0	51.229
78	10.172	0	0	472	6.718	325	30	640	2.569	0	89.664
79	23.428	12.124	1.584	12.758	21.039	2.009	2.208	3.294	3.491	926	327.450
80	38.795	17.902	2.412	17.086	27.195	2.644	2.899	7.807	4.715	926	749.490
81											0
82	17.522	2.698	710	0	1.459	2.008	63	3.361	1.408	0	424.183
83											0
84	56.317	20.600	3.122	17.086	28.654	4.652	2.962	11.168	6.124	926	1.173.673

Tabelle A - 9: Key characteristics of the scenarios collected and assessed for WGIII AR5 (IPCC 2014a, S. 23)

IPCC Fifth Assessment Synthesis Report

Summary for Policymakers

Table SPM.1: Key characteristics of the scenarios collected and assessed for WGIII AR5. For all parameters, the 10th to 90th percentile of the scenarios is shown.^{1,5,16} {Table 3.1}

CO ₂ -eq Concentrations in 2100 (CO ₂ -eq) ⁶ Category label (conc. range)	Subcategories	Relative position of the RCPs ⁴	Change in CO ₂ -eq emissions compared to 2010 (in %) ³		Likelihood of staying below a specific temperature level over the 21st century (relative to 1850-1900) ^{4,5}			
			2050	2100	1.5°C	2°C	3°C	4°C
< 430	Only a limited number of individual model studies have explored levels below 430 ppm CO ₂ -eq ¹⁰							
450 (430 – 480)	Total range ^{1,7}	RCP2.6	-72 to -41	-118 to -78	More unlikely than likely	Likely		
500 (480 – 530)	No overshoot of 530 ppm CO ₂ -eq		-57 to -42	-107 to -73	More likely than not	More likely than not		
	Overshoot of 530 ppm CO ₂ -eq		-55 to -25	-114 to -90	Unlikely	About as likely as not	Likely	
550 (530 – 580)	No overshoot of 580 ppm CO ₂ -eq		-47 to -19	-81 to -59	Unlikely	More unlikely than likely ⁹		Likely
	Overshoot of 580 ppm CO ₂ -eq		-16 to 7	-183 to -86	Unlikely	More unlikely than likely ⁹		
(580 – 650)	Total range		-38 to 24	-134 to -50			More likely than not	
(650 – 720)	Total range	RCP4.5	-11 to 17	-54 to -21	Unlikely	Unlikely	More unlikely than likely	Unlikely
(720 – 1000) ²	Total range	RCP6.0	18 to 54	-7 to 72	Unlikely ⁸	Unlikely ⁸	Unlikely	More unlikely than likely
>1000 ²	Total range	RCP8.5	52 to 95	74 to 178	Unlikely ⁸	Unlikely ⁸	Unlikely	More unlikely than likely

¹ The 'total range' for the 430 ppm to 480 ppm CO₂-eq concentrations scenarios corresponds to the range of the 10th-90th percentile of the subcategory of these scenarios shown in Table 6.3 of the Working Group III report.

² Baseline scenarios fall into the >1000 and 720 ppm – 1000 ppm CO₂-eq categories. The latter category includes also mitigation scenarios. The baseline scenarios in the latter category reach a temperature change of 2.5–5.8°C above the average for 1850-1900 in 2100. Together with the baseline scenarios in the >1000 ppm CO₂-eq category, this leads to an overall 2100 temperature range of 2.5–7.8°C (range based on median climate response: 3.7–4.8°C) for baseline scenarios across both concentration categories.

³ The global 2010 emissions are 31% above the 1990 emissions (consistent with the historic GHG emission estimates presented in this report). CO₂-eq emissions include the basket of Kyoto gases (CO₂, CH₄, N₂O as well as F-gases).

⁴ The assessment here involves a large number of scenarios published in the scientific literature and is thus not limited to the RCPs. To evaluate the CO₂-eq concentration and climate implications of these scenarios, the MAGICC model was used in a probabilistic mode. For a comparison between MAGICC model results and the outcomes of the models used in WGI, see Section WGI 12.4.1.2 and WGI 12.4.8 and 6.3.2.6.

⁵ The assessment in this table is based on the probabilities calculated for the full ensemble of scenarios in WGIII using MAGICC and the assessment in WGI of the uncertainty of the temperature projections not covered by climate models. The statements are therefore consistent with the statements in WGI, which are based on the CMIP5 runs of the RCPs and the assessed uncertainties. Hence, the likelihood statements reflect different lines of evidence from both WGs. This WGI method was also applied for scenarios with intermediate concentration levels where no CMIP5 runs are available. The likelihood statements are indicative only {WGIII 6.3} and follow broadly the terms used by the WGI SPM for

Subject to final copy-edit and layout