

STUDIE

Nutzen des Klimaschutzes

Warum der fünfte Sachstandsbericht des IPCC zu kurz greift

Erstellt im Auftrag von GERMANWATCH e. V. durch Olav Hohmeyer

Über diese Studie

Diese Studie füllt mit ihrem quantitativ-ökonomischen Vergleich von Kosten und Nutzen des Klimaschutzes eine zentrale Leerstelle im Sachstandsbericht des Weltklimarats IPCC, der die ökonomischen Kosten, die im Falle des Ausbleibens ambitionierter Treibhausgasminde- rung entstehen würden, nicht darstellt.

Im direkten Vergleich der Investitionskosten ambitionierten Klimaschutzes mit den durch diesen Klimaschutz vermiedenen Klimaschäden wird klar, dass anspruchsvolle Klimapolitik volkswirtschaftlich äußerst sinnvoll ist. Einer Einbuße von wenigen Prozent Wirtschaftswachstum durch die Investitionsausgaben für Klimaschutz steht ein vielfach höherer Nutzen durch vermiedene Klimaschäden gegenüber. Bereits zur Mitte des Jahrhunderts liegt der Nutzen des Klimaschutzes bei mehr als dem Dreifachen der Kosten. Konkret: Ambitionierter Klimaschutz, der das Zwei-Grad-Limit einhält, würde bei Investitionsausgaben von 5 Billionen Euro bis 2050 Klimaschadenskosten in der Größenordnung von weltweit 16 Billionen Euro verhindern. Das globale Brutto- sozialprodukt läge bei konsequentem Klimaschutz um mehr als 10 Prozent über der Wirtschaftsleistung ohne Klimaschutz.

Aus den Ergebnissen der Untersuchung ergibt sich, dass neben humanitären und moralischen auch starke ökonomische Gründe dafür sprechen, so schnell wie möglich eine entschiedene Klimaschutzstrategie umzusetzen, um das Zwei-Grad-Erwärmungs- limit, wie von der Weltgemeinschaft beschlossen, noch einhalten zu können. Hinzu kommt: Entschiederter Klimaschutz kann zum zentralen Motor für ressourceneffizientes Wachstum werden und so weitere positive volkswirtschaftliche Effekte auslösen.

Impressum

Autor: Prof. Dr. Olav Hohmeyer,
Europa-Universität Flensburg, Zentrum für nachhaltige Energiesysteme

Redaktion: Daniela Baum, Jan Burck, Oldag Caspar

Herausgeber:

Germanwatch e.V.

Büro Bonn:

Dr. Werner-Schuster-Haus

Kaiserstr. 201

D-53113 Bonn

Telefon +49 (0)228 / 60 492-0, Fax -19

Büro Berlin:

Stresemannstr. 72

D-10963 Berlin

Telefon +49 (0)30 / 28 88 356-0, Fax -1

Internet: www.germanwatch.org

E-Mail: info@germanwatch.org

November 2015

Bestellnr: 15-3-03

ISBN 978-3-943704-34-1

Diese Publikation kann im Internet abgerufen werden unter: www.germanwatch.org/de/10455

Brot
für die Welt

Gefördert aus Mitteln des Kirchlichen Entwicklungsdienstes Brot für die Welt –
Evangelischer Entwicklungsdienst.

Für den Inhalt ist alleine Germanwatch verantwortlich.

Inhalt

Vorwort	5
1. Zusammenfassung	6
1.1. Das Problem.....	6
1.2. Ziel dieser Studie.....	7
1.3. Ergebnisse der Untersuchung.....	7
1.4. Handlungsempfehlung	9
2. Ergebnisse des IPCC zu den Kosten des Klimaschutzes	11
2.1. Die vom IPCC verwendeten Emissionsszenarien	11
2.2. Kosten der Verminderung von Treibhausgasemissionen.....	15
2.3. Kosten der Anpassung an Klimaveränderungen.....	18
2.4. Monetarisierter Nutzen des Klimaschutzes	19
3. Wie lässt sich der Nutzen des Klimaschutzes monetarisieren?	22
4. Vergleich der Kosten und Nutzen des Klimaschutzes	26
4.1. Vergleich der Klimaschutzkosten mit den direkten Klimaschutznutzen	26
4.2. Indirekte Klimaschutznutzen	28
5. Die notwendige Transformation zu einschneidendem Klimaschutz	30
5.1. Wichtige Elemente der Transformation	30
5.2. Ökonomische Chancen der Transformation.....	31
6. Literatur	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung des globalen Bruttoinlandsprodukts mit und ohne Klimaschutz	9
Abbildung 2: Schadensdiagramm des IPCC, mögliche Temperaturentwicklung und die Wahrscheinlichkeit schwerer Schäden in fünf verschiedenen Schadensbereichen	13
Abbildung 3: Entwicklung von Schlüsselrisiken des Klimawandels bis zum Ende des 21. Jahrhunderts in Abhängigkeit von den verursachten Temperaturveränderungen	14
Abbildung 4: Klimaschutzkosten verschiedener Szenarien gemessen als prozentuale Konsumreduktion gegenüber einem Basisszenario ohne Klimaschutz.....	15
Abbildung 5: Klimaschutzkosten verschiedener Szenarien gemessen als prozentuale Reduzierung des Bruttoinlandsprodukts gegenüber einem Basisszenario ohne Klimaschutz	16

Abbildung 6: Vergleich der kumulierten Klimaschutzkosten (Barwert mit einem Diskontierungszinssatz von 5 %) gemessen als Konsumverringerung, Reduzierung des BIP und als Emissionsreduktionskosten	17
Abbildung 7: Entwicklung des globalen Bruttosozialprodukts bis 2050 mit (RCP2.6) und ohne Klimaschutzmaßnahmen (RCP8.5) nach IPCC 2014a	18
Abbildung 8: Vergleich der sektoralen Ergebnisse der Studie der Weltbank und der UNFCCC zu den Klimavermeidungskosten in Entwicklungsländern im Jahr 2050	19
Abbildung 9: Globales Bruttosozialprodukt ohne Klimawandel, mit Klimaschutzmaßnahmen (RCP2.6) und ohne Klimaschutzmaßnahmen (RCP8.5)	28
Abbildung 10: Entwicklung des globalen Bruttosozialprodukts mit und ohne Klimaschutz	29
Abbildung 11: Entwicklung der Beschäftigung in der Branche der erneuerbaren Energien sowie durch das EEG induzierte Beschäftigung von 2004 bis 2013	32
Abbildung 12: Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland von 2004 bis 2013 nach Technologiebereichen	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wichtigste Charakteristika der Szenarien des IPCC nach Treibhausgaskonzentrationsniveaus (IPCC 2014a, S. 54)	12
Tabelle 2: Überblick über die Ergebnisse verschiedener Studien zu den Anpassungskosten an den Klimawandel mit einem Zeithorizont bis zum Jahr 2050 (IPCC 2014, S. 959)	18
Tabelle 3: Mittlere soziale Kosten und Standardabweichungen für CO ₂ -Emissionen in US\$/t C für die Zeitpräferenzraten 0, 1 und 3 % (IPCC 2014, S. 691, Table 10-9)	21
Tabelle 4: Einfluss der Variation von drei Schlüsselparametern auf die Bewertung von Klimaschäden im Bereich von induzierten Todesfällen (Quelle: Hohmeyer 2005, S. 167)	23
Tabelle 5: Klimaschadenskosten in € ₂₀₁₀ /t CO _{2eq} nach den Berechnungen des Umweltbundesamtes (UBA 2014, Anhang B, S. 7)	24
Tabelle 6: Empfehlung des Umweltbundesamtes für Treibhausgas-Vermeidungskosten in € ₂₀₁₀ /t CO _{2eq} (UBA 2014, S. 6)	25
Tabelle 7: Empfehlungen des Umweltbundesamtes zur Quantifizierung der zu erwartenden Kosten des vom Menschen verursachten Klimawandels (in € ₂₀₁₀ /t CO _{2eq}) (UBA 2014, S. 7)	25
Tabelle 8: Direkte und indirekte Beschäftigungswirkungen verschiedener Energieszenarien mit und ohne Kernenergieausstieg bis zum Jahr 2010 auf die Branchen der deutschen Volkswirtschaft im Zeitraum 2000–2025 in Personenjahren (Produktivitäten von 1995, dem Basisjahr der verwendeten Input-Output-Tabelle (Quelle: Hohmeyer et al. 2000, S. 58)	34
Tabelle 9: Beschäftigungseffekte des Ausstiegsszenarios A im Vergleich zum Trendszenario mit Kernenergie in Personenjahren im Zeitraum 2000–2025 (Produktivitäten des Jahres 1995) (Quelle: Hohmeyer et al. 2000, S. 55)	35

Vorwort

Ohne Trendumkehr beim Emissionsausstoß rückt der Zeitpunkt näher, ab dem eine Begrenzung des Klimawandels nicht mehr in dem Maße möglich sein wird, dass katastrophale Auswirkungen vermieden werden können. Das ist eine der Kernaussagen des jüngsten Berichts des Weltklimarats IPCC (IPCC 2013, S. 19). Die schnelle Minderung von menschengemachten Treibhausgasemissionen (IPCC 2013, S. 27f) wird dadurch wichtiger denn je.

Die IPCC-Berichte sind Leitreferenz für klimapolitisches Handeln. Während der jüngste Bericht des Weltklimarats jedoch die ökonomischen Investitionskosten ambitionierten Klimaschutzes und notwendiger Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel klar quantifiziert, stellt der IPCC die monetären Kosten, die ein nicht ausreichend gebremster Klimawandel verursacht, nur exemplarisch dar.

Dies hängt maßgeblich damit zusammen, dass entsprechende Berechnungen zwangsläufig mit grundlegenden Wertentscheidungen verbunden sind: Wird nur der erhöhte Getreidepreis nach einer Wetterkatastrophe berechnet, oder auch die dadurch entstehenden Schäden für Gesundheit und Leben? Wie bewertet man künftige Schäden? Wie berechnet man Beeinträchtigungen von Menschenleben (z. B. durch Hunger)? Werden Todesfälle in reichen und armen Ländern – wie in vielen Wirtschaftsmodellen üblich – unterschiedlich gewichtet, da die Menschen eine unterschiedliche Kaufkraft haben?

Innerhalb des IPCC konnte kein Konsens erreicht werden, in welcher Form diese wertbezogenen Daten in den Bericht aufgenommen werden. Dies führt unter politischen und ökonomischen Gesichtspunkten zu einer bedenklichen Schiefelage: Die Kosten des Klimaschutzes bzw. des Umgangs mit Klimawandelauswirkungen werden dargestellt und beziffert, ohne dass diesen die Kosten des unterlassenen Klimaschutzes für einen Vergleich gegenüber gestellt werden. Dabei ist schon diese Unterlassung eine politisch sehr relevante Wertentscheidung. Indem lediglich die Kosten der Klimawandelanpassung – nicht aber jene der Schäden – den Kosten der Vermeidung gegenüber gestellt werden, fehlt das ausreichend klare Signal an die Politik, wie sinnvoll Klimaschutz aus volkswirtschaftlicher Perspektive ist.

Der vorliegenden Studie liegen europäische Wertvorstellungen zugrunde, die unter anderem auf dem Gleichheitsgrundsatz der UN-Menschenrechtskonvention – jeder Mensch ist gleich viel wert – beruhen und die auch im deutschen Grundgesetz verankert sind. Das Umweltbundesamt (UBA) hat in seiner viel beachteten „Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten“ diesen „Wertekonsens“ zusammengetragen. Die vorliegende Studie berechnet nun auf Grundlage dieser Methodenkonvention die Kosten für unterlassenen Klimaschutz bzw. Schäden des Klimawandels und stellt sie den vom IPCC berechneten Kosten für ambitionierten Klimaschutz gegenüber. Die Studie soll den Bericht des IPCC damit an einer zentralen Leerstelle ergänzen.

Aus moralischer oder politischer Perspektive bleibt bei diesem Vorgehen das generelle Problem, Menschenleben zu monetarisieren und als ökonomischen Faktor darzustellen. Indem die Studie dies tut, soll nicht der Eindruck erweckt werden, Geld könnte den Verlust eines Menschenlebens aufwiegen. Die Alternative wäre jedoch, diese Verluste gar nicht (also mit Null) in die Kosten-Nutzen-Rechnungen von Klimaschutz einzubeziehen. Diese Auslassung sendet ein falsches politisches Signal und kann schwerwiegende falsche Schlussfolgerungen bei EntscheidungsträgerInnen nach sich ziehen.

Christoph Bals,
Politischer Geschäftsführer von Germanwatch

1. Zusammenfassung

Im Herbst 2013 und Frühjahr 2014 hat das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) seinen fünften großen Sachstandsbericht vorgelegt. In ihm berichtet das IPCC über den neuesten Stand der Wissenschaft zu drei großen Problemkomplexen des vom Menschen verursachten globalen Klimawandels. Im Bericht der Arbeitsgruppe I des IPCC werden die Erkenntnisse aus den physischen Klimawissenschaften zusammengefasst (IPCC 2013), die aufzeigen, wie stark der Mensch durch seine Treibhausgasemissionen das globale Klima verändert. Der Bericht der Arbeitsgruppe II des IPCC zeigt die neuesten Erkenntnisse über die Auswirkungen der vom Menschen verursachten Klimaveränderungen in den verschiedensten Lebensbereichen und Weltregionen auf sowie die Möglichkeiten, durch gezielte Anpassungsmaßnahmen die Auswirkungen des Klimawandels abzumildern (IPCC 2014). Im Bericht der Arbeitsgruppe III wird der neueste Erkenntnisstand über die Möglichkeiten zusammengefasst, die einschneidendsten Auswirkungen des Klimawandels über mehr oder weniger drastische Senkungen der vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen zu vermeiden (IPCC 2014a).

In seiner Quintessenz weist der neue IPCC-Bericht darauf hin, dass sich die Menschheit mit großen Schritten dem Punkt nähert, ab dem es fast unmöglich wird, die Auswirkungen des Klimawandels durch Anpassungsmaßnahmen so weit zu begrenzen, dass katastrophale Schäden vermeidbar bleiben (IPCC 2013, S. 19). Der fünfte große IPCC-Bericht unterstreicht deshalb die dringende Notwendigkeit für eine einschneidende globale Verringerung der vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen (IPCC 2013, S.27f).

1.1. Das Problem

Obwohl sich die Autorinnen und Autoren der drei Teilberichte des fünften Sachstandsberichts auf richtig bemühen, den neuesten Stand der Wissenschaft zu der von ihnen bearbeiteten Teilfrage umfangreich zusammenzutragen und konzentriert darzustellen, bekommt das vermittelte Gesamtbild des Klimaproblems durch eine wesentliche Auslassung eine erhebliche Schiefelage: Die ökonomischen Kosten, die im Falle des Ausbleibens einer ambitionierten Treibhausgasminderung entstehen würden, werden nicht dargestellt.

Diese Schiefelage rührt aus der durch das Plenum des IPCC festgelegten inhaltlichen Strukturierung der drei Berichte. Während sowohl der Bericht der Arbeitsgruppe III ausführlich die Kosten der verschiedenen *Reduktionsstrategien* für Treibhausgasemissionen diskutiert und darstellt und auch die Arbeitsgruppe II die Kosten von *Anpassungsmaßnahmen* an den Klimawandel ausführlich behandelt, wird von derselben Arbeitsgruppe II der *Nutzen des Klimaschutzes durch vermiedene schwerwiegende Auswirkungen* des Klimawandels in der Regel nur qualitativ diskutiert oder in physischen Effekten quantifiziert. Selten finden sich in den mehr als tausend Seiten des Berichts der Arbeitsgruppe II Hinweise darauf, welche ökonomischen Ausmaße die Schäden annehmen werden, wenn der Klimawandel nicht aufgehalten wird.

Wie schon im dritten und vierten Sachstandsbericht des IPCC entsteht so auch im fünften Bericht leicht der Eindruck, dass Klimaschutz Wirtschaftswachstum kostet und diese Kosten den nicht näher bezifferten Nutzen des Klimaschutzes deutlich übersteigen würden. Dieser nachweisbar falsche Eindruck kann dazu führen, die Politik und Bevölkerung nicht entschieden genug handeln, um den Klimawandel ausreichend einzudämmen.

1.2. Ziel dieser Studie

Dieser Diskussionsbeitrag zeigt auf, dass es trotz der erheblichen Unsicherheiten bei der monetären Abschätzung des Nutzens von Klimaschutz (bzw. der potenziell verhinderten Kosten) möglich ist, diesen Nutzen zu beziffern und den Kosten des Klimaschutzes gegenüberzustellen.

Dabei wird berücksichtigt, dass eine solche Monetarisierung des Nutzens von Klimaschutz (und damit der verhinderten Schäden) viele qualitative Aspekte der vom IPCC zusammengetragenen Informationen über die verschiedenen Folgeschäden des Klimawandels nicht erfassen kann. Es ist etwa schwierig, Verluste an Artenvielfalt, eine Risikoverstärkung für einen Konflikt oder veränderte Wettermuster zu monetarisieren. Zur Monetarisierung der Schäden müssen zudem unausweichlich gesellschaftliche Werturteile herangezogen werden – entweder explizit oder implizit. Je nachdem, welche Wertentscheidung getroffen wird, kann etwa ein und derselbe Schaden bzw. die gleiche Zahl verlorener Menschenleben in ökonomisch armen Ländern zu einer im Vergleich zu den Industrieländern um ein Vielfaches niedrigeren oder auch gleich hohen errechneten monetären Schadenssumme führen. Alternativ kann die Wertentscheidung getroffen werden, Menschenleben aus ethischen Gründen gar nicht zu monetarisieren. In diesem Fall gehen verlorene Menschenleben in die ökonomische Rechnung mit Null ein, fallen also unter den Tisch.

So ist die ökonomische Bewertung von durch den Klimawandel zu erwartenden Verlusten erstens massiv davon abhängig, welche Systemabgrenzung bei der Betrachtung vorgenommen wird, ob etwa nur gestiegene Getreidepreise oder auch die Opfer der folgenden Hungersnot bewertet werden. Zweitens hängt das Ergebnis einer ökonomischen Bewertung sehr davon ab, ob – und wenn ja in welchem Ausmaß – künftige Tote „abdiskontiert“ und damit gegenüber heutigen Opfern abgewertet werden. Drittens ist sehr relevant, ob Betroffene in sogenannten Entwicklungsländern – etwa je nach Kaufkraft – als geringerer Verlust betrachtet werden als Betroffene in Industrieländern. Bei allen drei Fragen muss unvermeidlich – implizit oder explizit – auf Werturteile zurückgegriffen werden.

Eine monetäre Bewertung möglicher Klimaschäden ist dennoch notwendig, da weder die allgemeine Öffentlichkeit noch die handelnden Politikerinnen und Politiker komplexe qualitative Information über den Klimawandel – etwa über mögliche Schäden – und mit einfachen monetären Ergebnissen – etwa über das Wirtschaftswachstum – vergleichen können. Nur im direkten Vergleich der Investitionskosten für den Klimaschutz mit den durch diesen Klimaschutz vermeidbaren Klimaschadenskosten wird aus volkswirtschaftlicher Perspektive deutlich, inwiefern anspruchsvoller Klimaschutz, der die schwerwiegendsten Klimawandelfolgen vermeidet, volkswirtschaftlich sinnvoll ist.

1.3. Ergebnisse der Untersuchung

Die Untersuchung zeigt, dass es bei einer Einigung über grundlegende Werturteile möglich ist, den monetären Nutzen eines entschiedenen Klimaschutzes genauso gut abzuschätzen, wie die Investitionskosten der erforderlichen Klimaschutzmaßnahmen. Für Deutschland liegt mit der Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten (UBA 2012) ein wissenschaftlich sehr gut fundierter Vorschlag für eine solche Einigung über notwendige Werturteile vor. Dieser führt die in der deutschen und westeuropäischen Gesellschaft vorherrschenden Vorstellungen mit dem Gleichheitsgrundsatz der UN-Menschenrechtskonvention – jeder Mensch ist gleich viel wert – zusammen und leitet hieraus entsprechende Klimaschadenskosten für einen ungebremsen Klimawandel ab. Für das Jahr 2050 kommt das Umweltbundesamt zu einem mittleren Wert der Klimaschadenskosten von 260 €₂₀₁₀/t CO_{2eq} (260 Euro im Wert des Jahres 2010 pro Tonne CO₂-Äquivalent), während

die in der kürzeren Frist bis 2030 entstehenden Kosten auf ca. 145 €₂₀₁₀/t CO_{2eq} veranschlagt werden (UBA 2014, S. 7).

Auf Basis des vom Umweltbundesamt vorgeschlagenen monetären Werts und der Angaben des IPCC zu den für das Jahr 2050 bei ungehemmter Entwicklung (RCP8.5) anzunehmenden Treibhausgasemissionen, kann ein ambitionierter Klimaschutz, der das Zwei-Grad-Limit einhält (entsprechend dem Szenario RCP2.6), bis 2050 Klimaschadenskosten in Höhe von weltweit ca. 16 Billionen Euro verhindern. Nach Angaben der Arbeitsgruppe III des IPCC kostet eine solche ambitionierte Klimaschutzstrategie etwa 5 Billionen Euro (berechnet aus den Angaben des IPCC, IPCC 2014a, S. 47).

Wie Abbildung 1 zeigt, ordnen sich die von der Arbeitsgruppe III des IPCC ausgewiesenen Investitionskosten für einen durchgreifenden Klimaschutz in eine Wirtschaftsentwicklung ein, die bis zum Jahr 2050 ohne jeden Klimawandel ein Weltbruttosozialprodukt von ca. 154 Billionen Euro erwarten ließe. Durch die notwendigen Klimaschutzmaßnahmen zur Einhaltung des Zwei-Grad-Limits reduziert sich dieses hypothetische globale Bruttosozialprodukt (GBSP) auf ca. 149 Billionen Euro. Verzichtet man auf diese Klimaschutzmaßnahmen, reduziert sich das GBSP jedoch auf knapp 138 Billionen Euro aufgrund der auftretenden Klimafolgeschäden. Zieht man zusätzlich ins Kalkül, dass ohne die Klimaschutzmaßnahmen erhebliche zusätzliche Schäden insbesondere durch die Emissionen von Luftschadstoffen auftreten, so ist ohne Klimaschutz mit weiteren Umwelt- und Gesundheitskosten von knapp 6 Billionen Euro zu rechnen. Das globale Bruttosozialprodukt läge ohne Klimaschutz 2050 demnach nur bei ca. 132 Billionen Euro und somit um mehr als zehn Prozent unter dem GBSP bei konsequentem Klimaschutz.

Hierbei ist eine eventuelle Erhöhung des Bruttosozialprodukts durch die Reparatur von Klimaschäden berücksichtigt. Da reparierte Schäden aber keine Bereicherung für die Betroffenen darstellen, sondern nur den vorherigen Zustand wiederherstellen, senken reparierte Schäden den Wohlstand gegenüber einer Entwicklung ohne Schäden deutlich. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die wichtigsten Klimaschäden – wie irreparable Umweltschäden oder Todesfälle – nicht „repariert“ werden können.

Aus der *Perspektive europäischer Wertvorstellungen* und auf Basis der Werte der UN-Menschenrechtscharta von Gleichheit und Gerechtigkeit ist damit ein durchgreifender Klimaschutz auch aus ökonomischer Sicht dringend anzuraten, da sein Nutzen bereits im Jahr 2050 bei mehr als dem Dreifachen der Investitionsausgaben liegt.

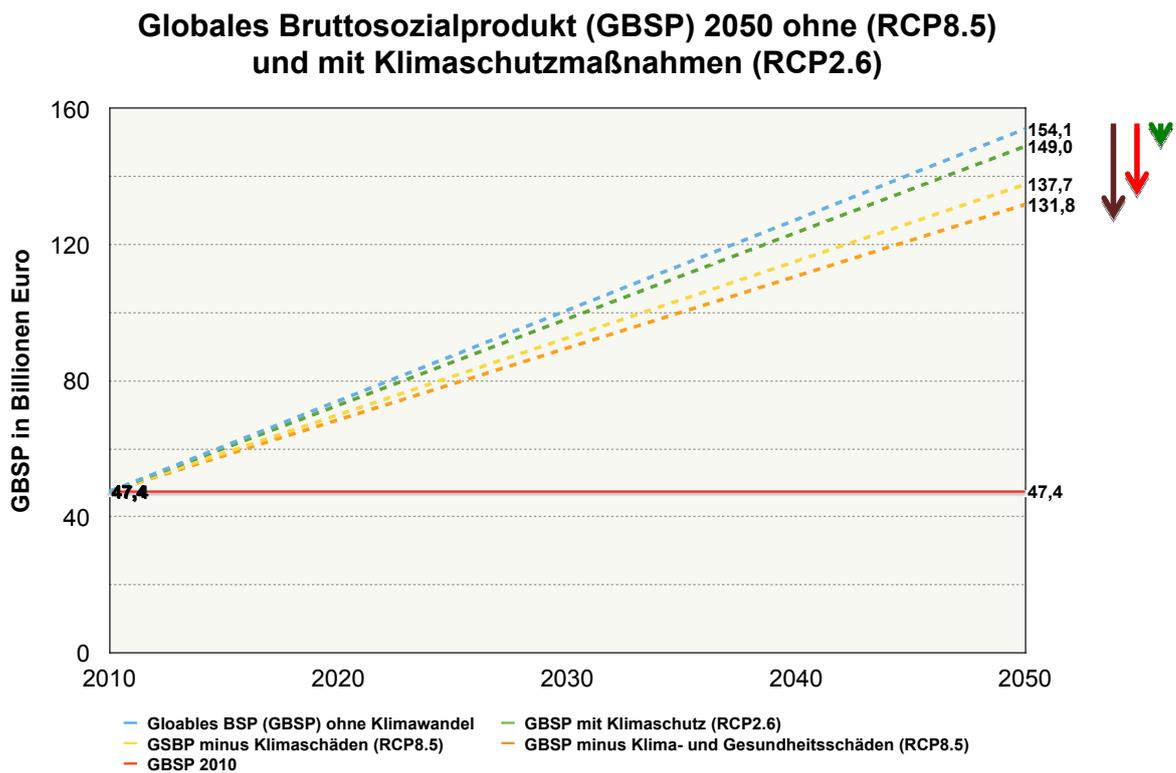


Abbildung 1: Entwicklung des globalen Bruttosozialprodukts mit und ohne Klimaschutz

(Eigene Berechnungen auf Basis von IPCC 2014a und UBA 2012)

Die Einhaltung des Zwei-Grad-Limits mit dem Ziel, katastrophale Auswirkungen des vom Menschen verursachten Klimawandels zu vermeiden, erfordert schnelles und entschiedenes Handeln. Wirkungsvoller Klimaschutz bedarf besonders in drei Teilbereichen einer grundlegenden Transformation unserer Wirtschaftsweise: im Bereich der Entwicklungsstrategien für schnell wachsende Mega-Städte, im Bereich der Landnutzung und vor allem im Bereich der Energieversorgung. Diese in den Berichten der Global Commission on the Economy and Climate (2014) und des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderung (WBGU 2011 und 2014) charakterisierte Transformation führt zu erheblichen positiven ökonomischen Effekten und kann zum Treiber eines klimafreundlichen Wachstums der nächsten Jahrzehnte werden. Damit rechnet sich entschiedener Klimaschutz nicht nur, sondern er kann auch zum Wachstumsmotor werden.

1.4. Handlungsempfehlung

Aus den Ergebnissen der Untersuchung ergibt sich, dass neben humanitären und moralischen auch starke ökonomische Gründe dafür sprechen, so schnell wie möglich eine entschiedene Klimaschutzstrategie umzusetzen, um die von der Weltgemeinschaft beschlossene Zwei-Grad-Obergrenze einzuhalten. Das vom IPCC entwickelte Szenario RCP2.6, das ein Budget für globale Emissionen beziffert und bis zum Jahr 2100 eine noch mögliche Emissionsmenge von circa

290 Gt C_{eq}¹ zulässt (IPCC 2013, S. 103), kann und muss somit Grundlage aller weiteren Klimapolitik sein.

Vor diesem Hintergrund gilt es, möglichst rasch wirkungsvolle Maßnahmen zur durchgreifenden Verminderung der weltweiten Treibhausgasemissionen zu ergreifen und die sich bietenden wirtschaftlichen und technologischen Chancen einer grundlegenden Transformation der Weltwirtschaft zu nutzen, um die notwendigen Emissionsreduzierungen mit dem für viele Länder erforderlichen Wirtschaftswachstum in Einklang zu bringen. Besonders im Bereich der Energieeffizienz und der Umstellung auf eine regenerative Energieversorgung bieten sich vielfältige Chancen, die ein erhebliches Emissionsreduktionspotenzial haben und damit Schäden durch den Klimawandel sowie die entsprechenden Kosten verringern.

Diese Studie geht von einem in Deutschland und der EU vorherrschenden Wertverständnis aus. Deshalb hat eine EU-Politik, die sich an den Menschenrechten und anderen für die EU grundlegenden Werten ausrichtet, die Verpflichtung, einerseits die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen und – da der notwendige Klimaschutz alleine nicht zu erreichen ist – die Dynamik in anderen Staaten und Regionen zu steigern.

¹ Entspricht bis zum Jahr 2100 einer noch möglichen Emissionsmenge von circa 1000 Gt CO₂ ab 2011.

2. Ergebnisse des IPCC zu den Kosten des Klimaschutzes

Im Folgenden wird zunächst zusammengefasst, welche Kosten des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel der fünfte Sachstandsbericht des IPCC annimmt. Darüber hinaus thematisiert das Kapitel, wie der fünfte Sachstandsbericht die zu erwartenden Klimaschäden diskutiert.

2.1. Die vom IPCC verwendeten Emissionsszenarien

Der IPCC geht davon aus (vgl. IPCC 2014a, S. 19), dass die atmosphärische Konzentration der Treibhausgase, die im Jahr 2010 bei ca. 400 ppm CO_{2eq} lag, ohne Klimaschutzmaßnahmen bis 2030 auf über 450 ppm und bis zum Jahr 2100 auf 750 bis über 1300 ppm CO_{2eq} steigen wird. Dies bedeutet, dass die kumulierten Treibhausgasemissionen ab 2010 bis zum Jahr 2030 bei über 700 Milliarden Tonnen (Gt CO_{2eq}), bis 2050 bei über 1.500 Gt CO_{2eq} und bis 2100 bei deutlich über 4.000 Gt CO_{2eq} liegen werden (IPCC 2014a, S. 19). Diese Entwicklung der Emissionen würde bis zum Jahr 2100 zu einem Temperaturanstieg von 4–5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau führen (vgl. Tabelle 1 unten).

Um die Auswirkungen verschiedener zukünftiger Entwicklungen der Treibhausgasemissionen systematisch untersuchen zu können, hat der IPCC einen Satz von Emissionsszenarien definiert, die allen Analysen des fünften Sachstandsberichts zu Grunde liegen. Diese sogenannten repräsentativen Konzentrationsentwicklungspfade (representative concentration pathways oder RCPs) werden nach der Energieerhöhung im Klimasystem (radiative forcing) in W/m² Erdoberfläche benannt, die gegenüber dem Stand vor der industriellen Revolution bis zum Jahr 2100 verursacht wird. Bis 2010 belief sich die vom Menschen verursachte Erhöhung auf ca. 2,3 W/m² (vgl. IPCC 2013, S. 12). Die untersuchten Szenarien reichen von RCP2,6 bis RCP8,5. Diese Szenarien entsprechen Treibhausgaskonzentrationen von 450 bis über 1.000 ppm CO_{2eq}. Tabelle 1 aus dem Bericht der Arbeitsgruppe III des IPCC zeigt, zu welchen Temperaturerhöhungen verschiedene Szenarien bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten führen werden.

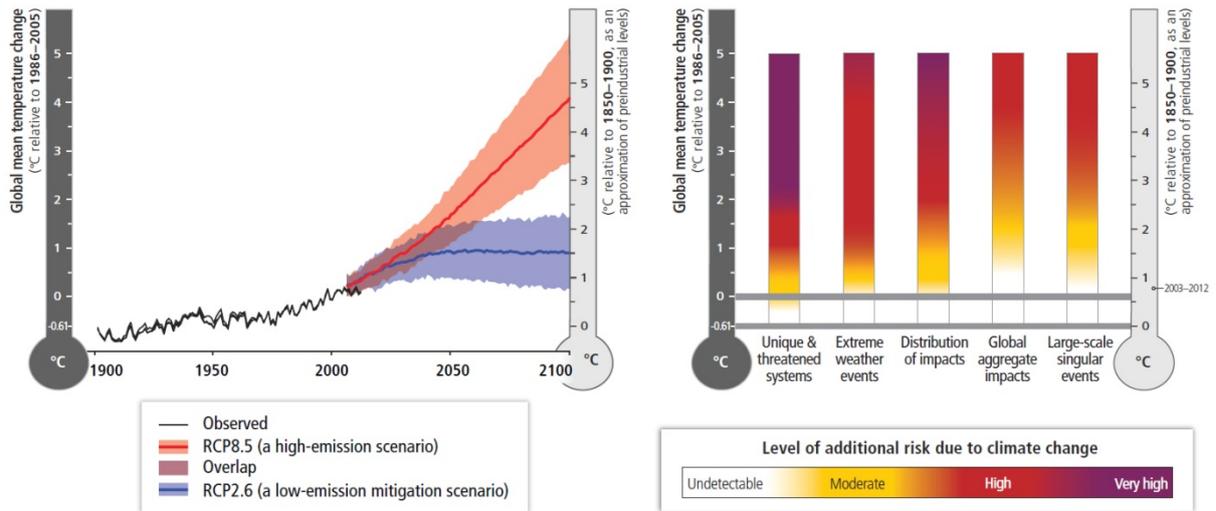
Um schwerwiegende Auswirkungen des Klimawandels zu vermeiden, gehen Experten in der Regel davon aus, dass der Temperaturanstieg gegenüber dem vorindustriellen Niveau auf ca. 2 °C begrenzt werden muss. Da es sich bei diesen Auswirkungen um hunderte verschiedener Effekte handelt, bedient sich der IPCC eines Diagramms, das zeigt, wie in Abhängigkeit von der globalen Temperaturveränderung die Schäden in verschiedenen Bereichen steigen (vgl. Abb. 2). Aus diesem Diagramm ist bereits nachvollziehbar, dass ab einer Temperaturerhöhung um ca. 2 °C mit erheblichen Klimafolgeschäden zu rechnen ist. Gleichzeitig zeigt die Abbildung anhand der Szenarien RCP2.6 und RCP8.5, wie dramatisch sich die Auswirkungen zwischen einer Entwicklung ohne Klimaschutzmaßnahmen (RCP8.5) und einer durchgreifenden Klimaschutzpolitik (RCP2.6) bereits bis zum Ende dieses Jahrhunderts unterscheiden werden. Die Entwicklung im Szenario RCP8.5 zeigt auch, dass sich bei einem solchen Verlauf die Temperatur zum Ende des Jahrhunderts nicht bei einem Plus von gut 4 °C stabilisiert, sondern bedrohlich weiter steigt. Im Gegensatz dazu kann eine Entwicklung entsprechend dem Szenario RCP2.6 bereits um die Mitte des Jahrhunderts zu einem Ende des Temperaturanstiegs führen.

Tabelle 1: Wichtigste Charakteristika der Szenarien des IPCC nach Treibhausgaskonzentrationsniveaus (IPCC 2014a, S. 54)

CO ₂ eq Concentrations in 2100 [ppm CO ₂ eq] Category label (concentration range) ⁹	Subcategories	Relative position of the RCPs ⁵	Cumulative CO ₂ emissions ³ [GtCO ₂]		Change in CO ₂ eq emissions compared to 2010 in [%] ⁴		Temperature change (relative to 1850–1900) ^{6,6}				
			2011–2050	2011–2100	2050	2100	2100 Temperature change [°C] ⁷	Likelihood of staying below temperature level over the 21st century ⁸			
								1.5 °C	2.0 °C	3.0 °C	4.0 °C
< 430	Only a limited number of individual model studies have explored levels below 430 ppm CO ₂ eq										
450 (430–480)	Total range ^{1, 10}	RCP2.6	550–1300	630–1180	–72 to –41	–118 to –78	1.5–1.7 (1.0–2.8)	More unlikely than likely	Likely	Likely	Likely
500 (480–530)	No overshoot of 530 ppm CO ₂ eq		860–1180	960–1430	–57 to –42	–107 to –73	1.7–1.9 (1.2–2.9)	Unlikely	More likely than not		
	Overshoot of 530 ppm CO ₂ eq		1130–1530	990–1550	–55 to –25	–114 to –90	1.8–2.0 (1.2–3.3)		About as likely as not		
550 (530–580)	No overshoot of 580 ppm CO ₂ eq		1070–1460	1240–2240	–47 to –19	–81 to –59	2.0–2.2 (1.4–3.6)	Unlikely	More unlikely than likely ¹²	Likely	Likely
	Overshoot of 580 ppm CO ₂ eq		1420–1750	1170–2100	–16 to 7	–183 to –86	2.1–2.3 (1.4–3.6)				
(580–650)	Total range	RCP4.5	1260–1640	1870–2440	–38 to 24	–134 to –50	2.3–2.6 (1.5–4.2)	Unlikely	More likely than not	Likely	Likely
(650–720)	Total range		1310–1750	2570–3340	–11 to 17	–54 to –21	2.6–2.9 (1.8–4.5)				
(720–1000) ²	Total range	RCP6.0	1570–1940	3620–4990	18 to 54	–7 to 72	3.1–3.7 (2.1–5.8)	Unlikely ¹¹	More unlikely than likely	More unlikely than likely	More unlikely than likely
>1000 ²	Total range	RCP8.5	1840–2310	5350–7010	52 to 95	74 to 178	4.1–4.8 (2.8–7.8)	Unlikely ¹¹	Unlikely		

Notes:

- ¹ The 'total range' for the 430–480 ppm CO₂eq scenarios corresponds to the range of the 10th–90th percentile of the subcategory of these scenarios shown in Table 6.3.
- ² Baseline scenarios (see TS.2.2) fall into the >1000 and 720–1000 ppm CO₂eq categories. The latter category also includes mitigation scenarios. The baseline scenarios in the latter category reach a temperature change of 2.5–5.8 °C above preindustrial in 2100. Together with the baseline scenarios in the >1000 ppm CO₂eq 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 For comparison of the cumulative CO₂ emissions estimates assessed here with those presented in WGI AR5, an amount of 515 [445–585] GtC (1890 [1630–2150] GtCO₂), was already emitted by 2011 since 1870 [WGI 12.5]. Note that cumulative CO₂ emissions are presented here for different periods of time (2011–2050 and 2011–2100) while cumulative CO₂ emissions in WGI AR5 are presented as total compatible emissions for the RCPs (2012–2100) or for total compatible emissions for remaining below a given temperature target with a given likelihood [WGI Table SPM.3, WGI SPM.E.8].
- ⁴ The global 2010 emissions are 31 % above the 1990 emissions (consistent with the historic GHG emissions estimates presented in this report). CO₂eq emissions include the basket of Kyoto gases (CO₂, CH₄, N₂O as well as F-gases).
- ⁵ The assessment in WGI AR5 involves a large number of scenarios published in the scientific literature and is thus not limited to the RCPs. To evaluate the CO₂eq concentration and climate implications of these scenarios, the MAGICC model was used in a probabilistic mode (see Annex II). For a comparison between MAGICC model results and the outcomes of the models used in WGI, see Sections WGI 12.4.1.2, WGI 12.4.8 and 6.3.2.6. Reasons for differences with WGI SPM Table.2 include the difference in reference year (1986–2005 vs. 1850–1900 here), difference in reporting year (2081–2100 vs 2100 here), set-up of simulation (CMIP5 concentration-driven versus MAGICC emission-driven here), and the wider set of scenarios (RCPs versus the full set of scenarios in the WGI AR5 scenario database here).
- ⁶ Temperature change is reported for the year 2100, which is not directly comparable to the equilibrium warming reported in WGI AR4 [Table 3.5, Chapter 3; see also WGI AR5 6.3.2]. For the 2100 temperature estimates, the transient climate response (TCR) is the most relevant system property. The assumed 90 % range of the TCR for MAGICC is 1.2–2.6 °C (median 1.8 °C). This compares to the 90 % range of TCR between 1.2–2.4 °C for CMIP5 [WGI 9.7] and an assessed *likely* range of 1–2.5 °C from multiple lines of evidence reported in the WGI AR5 [Box 12.2 in Section 12.5].
- ⁷ Temperature change in 2100 is provided for a median estimate of the MAGICC calculations, which illustrates differences between the emissions pathways of the scenarios in each category. The range of temperature change in the parentheses includes in addition the carbon cycle and climate system uncertainties as represented by the MAGICC model [see 6.3.2.6 for further details]. The temperature data compared to the 1850–1900 reference year was calculated by taking all projected warming relative to 1986–2005, and adding 0.61 °C for 1986–2005 compared to 1850–1900, based on HadCRUT4 [see WGI Table SPM.2].
- ⁸ The assessment in this table is based on the probabilities calculated for the full ensemble of scenarios in WGI AR5 using MAGICC and the assessment in WGI AR5 of the uncertainty of the temperature projections not covered by climate models. The statements are therefore consistent with the statements in WGI AR5, 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 [6.3], and follow broadly the terms used by the WGI AR5 SPM for temperature projections: *likely* 66–100 %, *more likely than not* >50–100 %, *about as likely as not* 33–66 %, and *unlikely* 0–33 %. In addition the term *more unlikely than likely* 0–<50 % is used.
- ⁹ The CO₂-equivalent concentration includes the forcing of all GHGs including halogenated gases and tropospheric ozone, as well as aerosols and albedo change (calculated on the basis of the total forcing from a simple carbon cycle/climate model, MAGICC).
- ¹⁰ The vast majority of scenarios in this category overshoot the category boundary of 480 ppm CO₂eq concentrations.
- ¹¹ For scenarios in this category no CMIP5 run [WGI Chapter 12, Table 12.3] as well as no MAGICC realization [6.3] stays below the respective temperature level. Still, an *unlikely* assignment is given to reflect uncertainties that might not be reflected by the current climate models.
- ¹² Scenarios in the 580–650 ppm CO₂eq category include both overshoot scenarios and scenarios that do not exceed the concentration level at the high end of the category (like RCP4.5). The latter type of scenarios, in general, have an assessed probability of *more unlikely than likely* to stay below the 2 °C temperature level, while the former are mostly assessed to have an *unlikely* probability of staying below this level.



Assessment Box SPM.1 Figure 1 | A global perspective on climate-related risks. Risks associated with reasons for concern are shown at right for increasing levels of climate change. The color shading indicates the additional risk due to climate change when a temperature level is reached and then sustained or exceeded. Undetectable risk (white) indicates no associated impacts are detectable and attributable to climate change. Moderate risk (yellow) indicates that associated impacts are both detectable and attributable to climate change with at least *medium confidence*, also accounting for the other specific criteria for key risks. High risk (red) indicates severe and widespread impacts, also accounting for the other specific criteria for key risks. Purple, introduced in this assessment, shows that very high risk is indicated by all specific criteria for key risks. [Figure 19-4] For reference, past and projected global annual average surface temperature is shown at left, as in Figure SPM.4. [Figure RC-1, Box CC-RC; WGI AR5 Figures SPM.1 and SPM.7] Based on the longest global surface temperature dataset available, the observed change between the average of the period 1850–1900 and of the AR5 reference period (1986–2005) is 0.61°C (5–95% confidence interval: 0.55 to 0.67°C) [WGI AR5 SPM, 2.4], which is used here as an approximation of the change in global mean surface temperature since preindustrial times, referred to as the period before 1750. [WGI and WGII AR5 glossaries]

Abbildung 2: Schadensdiagramm des IPCC, mögliche Temperaturentwicklung und die Wahrscheinlichkeit schwerer Schäden in fünf verschiedenen Schadensbereichen
(IPCC 2014, S. 13)

Zusätzlich stellt die Arbeitsgruppe II in ihrem Bericht dar, wie sich die Entwicklung großer Einzelrisiken in Abhängigkeit vom Temperaturanstieg bis zum Ende des Jahrhunderts verhalten wird. Aus dem in Abbildung 3 wiedergegebenen Beispiel ist klar ersichtlich, dass diese Risiken bei einem Temperaturanstieg von deutlich über 2 °C erhebliche Ausmaße annehmen und auch durch Anpassungsmaßnahmen nicht mehr abgefangen werden können.

Climate-related drivers of impacts									Level of risk & potential for adaptation		
Warming trend	Extreme temperature	Drying trend	Extreme precipitation	Damaging cyclone	Flooding	Storm surge	Ocean acidification	Carbon dioxide fertilization			
Global Risks											
Key risk		Adaptation issues & prospects		Climatic drivers		Timeframe		Risk & potential for adaptation			
<p>Reduction in terrestrial carbon sink: Carbon stored in terrestrial ecosystems is vulnerable to loss back into the atmosphere, resulting from increased fire frequency due to climate change and the sensitivity of ecosystem respiration to rising temperatures (<i>medium confidence</i>)</p> <p>[4.2, 4.3]</p>		<ul style="list-style-type: none"> Adaptation options include managing land use (including deforestation), fire and other disturbances, and non-climatic stressors. 				<p>Present</p> <p>Near term (2030–2040)</p> <p>Long term (2080–2100)</p> <p>2°C</p> <p>4°C</p>		<p>Very low Medium Very high</p>			
<p>Boreal tipping point: Arctic ecosystems are vulnerable to abrupt change related to the thawing of permafrost, spread of shrubs in tundra, and increase in pests and fires in boreal forests (<i>medium confidence</i>)</p> <p>[4.3, Box 4-4]</p>		<ul style="list-style-type: none"> There are few adaptation options in the Arctic. 				<p>Present</p> <p>Near term (2030–2040)</p> <p>Long term (2080–2100)</p> <p>2°C</p> <p>4°C</p>		<p>Very low Medium Very high</p>			
<p>Amazon tipping point: Moist Amazon forests could change abruptly to less-carbon-dense, drought- and fire-adapted ecosystems (<i>low confidence</i>)</p> <p>[4.3, Box 4-3]</p>		<ul style="list-style-type: none"> Policy and market measures can reduce deforestation and fire. 				<p>Present</p> <p>Near term (2030–2040)</p> <p>Long term (2080–2100)</p> <p>2°C</p> <p>4°C</p>		<p>Very low Medium Very high</p>			
<p>Increased risk of species extinction: A large fraction of the species assessed is vulnerable to extinction due to climate change, often in interaction with other threats. Species with an intrinsically low dispersal rate, especially when occupying flat landscapes where the projected climate velocity is high, and species in isolated habitats such as mountaintops, islands, or small protected areas are especially at risk. Cascading effects through organism interactions, especially those vulnerable to phenological changes, amplify risk (<i>high confidence</i>)</p> <p>[4.3, 4.4]</p>		<ul style="list-style-type: none"> Adaptation options include reduction of habitat modification and fragmentation, pollution, over-exploitation, and invasive species; protected area expansion; assisted dispersal; and <i>ex situ</i> conservation. 				<p>Present</p> <p>Near term (2030–2040)</p> <p>Long term (2080–2100)</p> <p>2°C</p> <p>4°C</p>		<p>Very low Medium Very high</p>			
<p>Reduced growth and survival of commercially valuable shellfish and other calcifiers (e.g., reef-building corals, calcareous red algae) due to ocean acidification (<i>high confidence</i>)</p> <p>[5.3, 6.1, 6.3, 6.4, 30.3, Box CC-OA]</p>		<ul style="list-style-type: none"> Evidence for differential resistance and evolutionary adaptation of some species exists, but they are <i>likely</i> to be limited at higher CO₂ concentrations and temperatures. Adaptation options include exploiting more resilient species or protecting habitats with low natural CO₂ levels, as well as reducing other stresses, mainly pollution, and limiting pressures from tourism and fishing. 				<p>Present</p> <p>Near term (2030–2040)</p> <p>Long term (2080–2100)</p> <p>2°C</p> <p>4°C</p>		<p>Very low Medium Very high</p>			
<p>Marine biodiversity loss with high rate of climate change (<i>medium confidence</i>)</p> <p>[6.3, 6.4, Table 30-4, Box CC-MB]</p>		<ul style="list-style-type: none"> Adaptation options are limited to reducing other stresses, mainly pollution, and limiting pressures from coastal human activities such as tourism and fishing. 				<p>Present</p> <p>Near term (2030–2040)</p> <p>Long term (2080–2100)</p> <p>2°C</p> <p>4°C</p>		<p>Very low Medium Very high</p>			

Table TS.4 | Key sectoral risks from climate change and the potential for reducing risks through adaptation and mitigation. Key risks have been identified based on assessment of the relevant scientific, technical, and socioeconomic literature detailed in supporting chapter sections. Identification of key risks was based on expert judgment using the following specific criteria: large magnitude, high probability, or irreversibility of impacts; timing of impacts; persistent vulnerability or exposure contributing to risks; or limited potential to reduce risks through adaptation or mitigation. Each key risk is characterized as very low to very high for three timeframes: the present, near term (here, assessed over 2030–2040), and longer term (here, assessed over 2080–2100). The risk levels integrate probability and consequence over the widest possible range of potential outcomes, based on available literature. These potential outcomes result from the interaction of climate-related hazards, vulnerability, and exposure. Each risk level reflects total risk from climatic and non-climatic factors. For the near-term era of committed climate change, projected levels of global mean temperature increase do not diverge substantially for different emission scenarios. For the longer-term era of climate options, risk levels are presented for two scenarios of global mean temperature increase (2°C and 4°C above preindustrial levels). These scenarios illustrate the potential for mitigation and adaptation to reduce the risks related to climate change. For the present, risk levels were estimated for current adaptation and a hypothetical highly adapted state, identifying where current adaptation deficits exist. For the two future timeframes, risk levels were estimated for a continuation of current adaptation and for a highly adapted state, representing the potential for and limits to adaptation. Climate-related drivers of impacts are indicated by icons. Risk levels are not necessarily comparable because the assessment considers potential impacts and adaptation in different physical, biological, and human systems across diverse contexts. This assessment of risks acknowledges the importance of differences in values and objectives in interpretation of the assessed risk levels.

Abbildung 3: Entwicklung von Schlüsselrisiken des Klimawandels bis zum Ende des 21. Jahrhunderts in Abhängigkeit von den verursachten Temperaturveränderungen
(Auszug aus IPCC 2014, S. 64, Table TS.4)

2.2. Kosten der Verminderung von Treibhausgasemissionen

Der IPCC quantifiziert vor allem die Kosten des Klimaschutzes im Bericht der Arbeitsgruppe III. Die Arbeitsgruppe weist ausdrücklich darauf hin, dass die abgeschätzten Kosten nicht den Nutzen des Klimaschutzes durch die Reduzierung von Klimaschäden beinhalten: „Further, these costs do not capture the benefits of reducing climate change impacts through mitigation“ (IPCC 2014a, S. 59).

Da sich die Ergebnisse der verschiedenen Modelle zu den Klimaschutzkosten oftmals deutlich unterscheiden, gibt der IPCC Bandbreiten für die Kosten an. Gemessen wird jeweils, um wie viel höher die Kosten im Vergleich zu einer Basisentwicklung ohne Klimaschutzmaßnahmen sind. Hierbei sind die Kosten für durchgreifende Klimaschutzmaßnahmen im Szenario RCP2.6, entsprechend einer Treibhausgaskonzentration von 430–480 ppm CO_{2eq} in den Jahren 2030, 2050 und 2100, sehr viel höher als die Kosten sehr moderater Klimaschutzstrategien, die lediglich eine Treibhausgaskonzentration von 650–720 ppm CO_{2eq} (RCP4.5 oberer Bereich, vgl. Tabelle 1) sicherstellen, oder als die Kosten einer Strategie ohne Klimaschutz (in etwa RCP8.5).

Die Klimaschutzkosten werden in unterschiedlichen Modellen mit verschiedenen Maßstäben (Metriken) gemessen, daher berechnet der IPCC in seinem Bericht die Kosten nach drei verschiedenen Metriken (Reduzierung des Bruttoinlandsproduktes (BIP), Verringerung des möglichen Konsums und Vermeidungskosten). Diese werden jeweils als Prozentsatz des BIP des Bezugsjahres ausgedrückt. Abbildung 4 zeigt die Konsumverringereungen gegenüber dem Basisszenario ohne Klimaschutz durch fünf verschiedene Klimaschutzenszenarien.

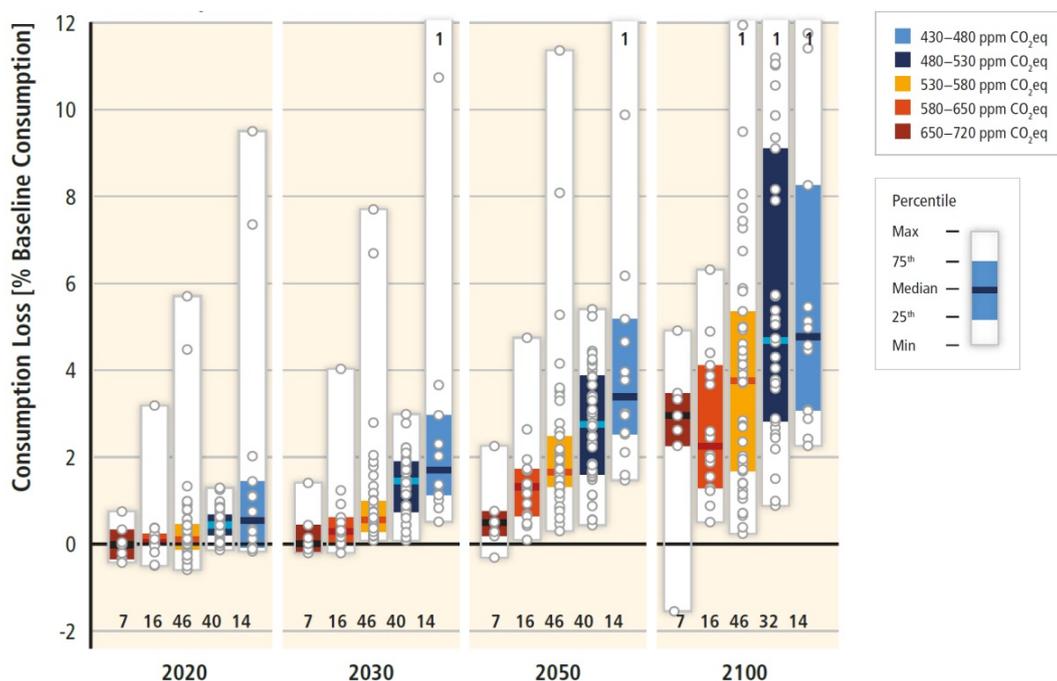


Abbildung 4: Klimaschutzkosten verschiedener Szenarien gemessen als prozentuale Konsumreduktion gegenüber einem Basisszenario ohne Klimaschutz

(IPCC 2014a, S. 450) Die Zahlen unter den Balken gibt die Anzahl der jeweils einbezogenen Szenarien an. Die Zahlen an der Spitze der Balken zeigen die Anzahl der Szenarien außerhalb des angegebenen Bereichs.

Szenarien, die zu einer Begrenzung der Treibhausgaskonzentrationen im Bereich von 430–480 ppm CO_{2eq} führen und damit eine sehr gute Chance (66–100 %) haben, den Temperaturanstieg bis zum Jahr 2100 auf weniger als 2 °C zu begrenzen, führen bis zum Jahr 2030 zu einer Reduktion

des möglichen Konsums um 1–4 %, bis 2050 um 2–6 % und bis 2100 um 3–11 % (IPCC 2014a, S. 449). Die Mittelwerte für diese Jahre liegen jeweils bei ca. 1,8, 3,35 und 4,8 % des jeweiligen Konsums.

Der Rückgang des Bruttoinlandsprodukts liegt in einer ganz ähnlichen Größenordnung wie Abbildung 5 zeigt. Die Zahlen sind nicht vollständig vergleichbar, da es sich hierbei nicht um exakt übereinstimmende Grundgesamtheiten an Modellen und Szenarien handelt.

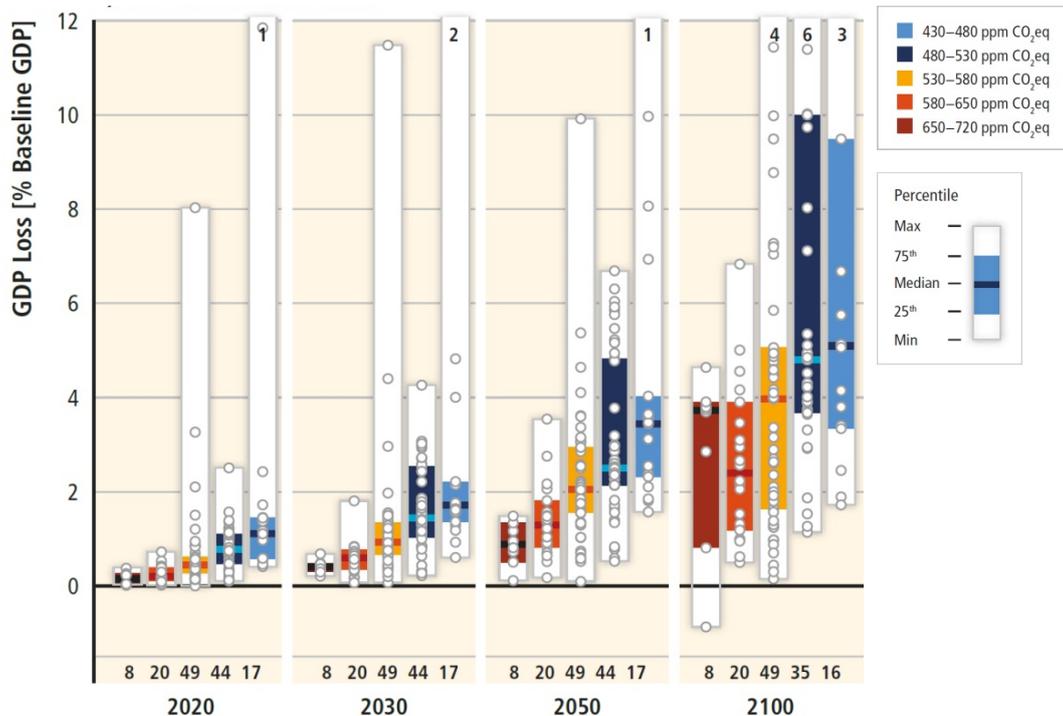


Abbildung 5: Klimaschutzkosten verschiedener Szenarien gemessen als prozentuale Reduzierung des Bruttoinlandsprodukts gegenüber einem Basisszenario ohne Klimaschutz

(IPCC 2014a, S. 450) Die Zahlen unter den Balken geben die Anzahl der jeweils einbezogenen Szenarien an. Die Zahlen an der Spitze der Balken zeigen die Anzahl der Szenarien außerhalb des angegebenen Bereichs.

Bei einer Aggregation der Klimaschutzkosten über den gesamten Zeitraum 2015–2100 und einer von den Autoren des IPCC-Berichts vorgenommenen Abdiskontierung mit 5 % auf einen einheitlichen Barwert zeigt sich, dass die prozentualen Verringerungen im Bereich des Konsums ganz ähnlich liegen, wie die Reduzierungen im Bereich des Bruttoinlandsprodukts, während die reinen (eher technisch abgeschätzten) Emissionsvermeidungskosten bei weniger als der Hälfte der Kosten liegen, die auch die volkswirtschaftlichen Kosten von Klimaschutzmaßnahmen durch Produktionskostenerhöhungen und verdrängten Konsum berücksichtigen (vgl. Abb. 6 unten). Durch Abdiskontierung oder Abzinsung werden Kosten in der Zukunft geringer bewertet als Kosten die sofort entstehen. Es handelt sich damit um die in die Vergangenheit gerichtete Anwendung des Gedankens der Verzinsung, die ich in der Zukunft für ein heutiges (Geld-)Vermögen erreichen könnte. In den Wirtschaftswissenschaften wird die Abdiskontierung eingesetzt, um Zahlungsströme vergleichbar zu machen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten realisiert werden können. Die Autoren des IPCC-Berichts weisen darauf hin, dass die verwendeten Modelle bei der Berechnung der Verringerung des Konsums gleichzeitig davon ausgehen, dass der Gesamtkonsum im Basisfall bis zum Jahr 2050 um den Faktor 2 bis 4,5 und bis zum Jahr 2100 um den Faktor 4 bis 10 wächst. Die Verringerung des Konsums bis zum Jahr 2050 um 2 bis 6 % ordnet sich so in einen insgesamt auf 200 bis 450 % gewachsenen Konsum ein, der sich durch einschneidende

Klimaschutzmaßnahmen zur Sicherstellung des Zwei-Grad-Limits auf ca. 198 % bis 444 % reduziert (Eigene Berechnungen auf der Basis der Angaben aus IPCC 2014a, S. 449).

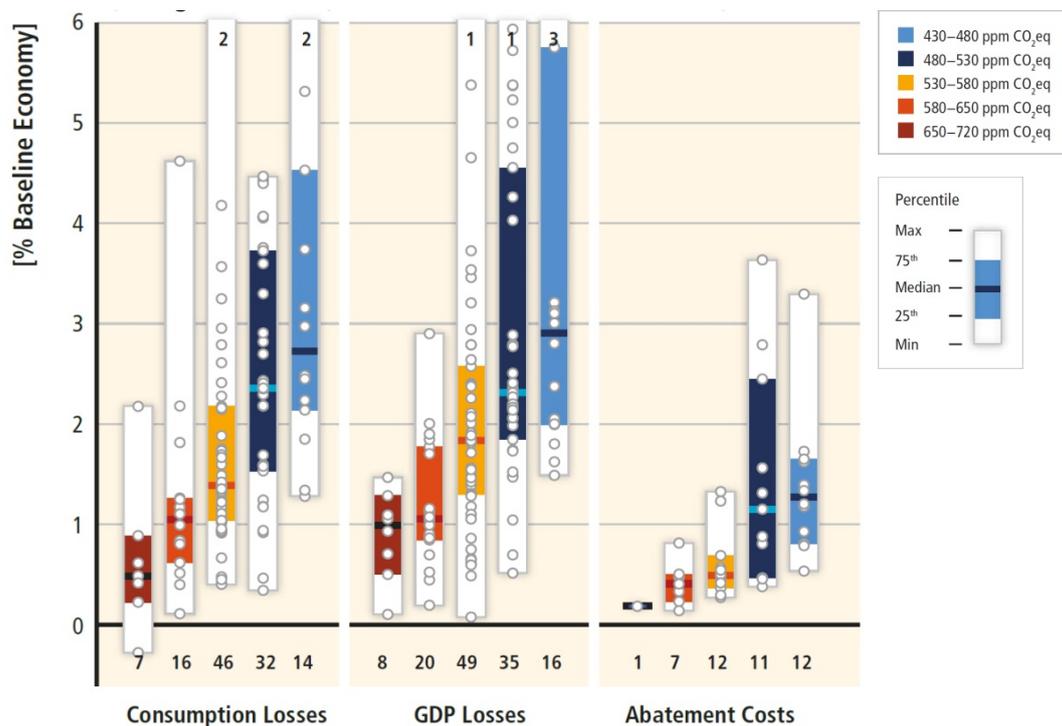


Abbildung 6: Vergleich der kumulierten Klimaschutzkosten (Barwert mit einem Diskontierungszinsfuß von 5 %) gemessen als Konsumverringerung, Reduzierung des BIP und als Emissionsreduktionskosten (IPCC 2014a, S. 450)

Wie Abbildung 7 veranschaulicht, vermittelt der Bericht der Arbeitsgruppe III den Eindruck, dass durchgreifender Klimaschutz (mit einer Stabilisierungskonzentration von 430–480 ppm CO_{2eq}) hohe volkswirtschaftliche Kosten verursacht und ein moderater Klimaschutz (650–720 ppm CO_{2eq}) zu sehr viel niedrigeren Kosten führt, da einfach nur berechnet wird, welche zusätzlichen Kosten durch den Klimaschutz entstehen und wie diese das globale Bruttosozialprodukt verringern. Verwendet man die mittleren Annahmen der Berechnungen, so wächst das globale Bruttosozialprodukt ohne Klimaschutzmaßnahmen (RCP8.5) von 47,7 Billionen Euro₂₀₁₀ im Jahr 2010 auf gut 154 Billionen Euro₂₀₁₀ im Jahr 2050. Dieser Wert wird durch die in Abbildung 6 wiedergegebenen Ergebnisgraphiken des IPCC für eine Entwicklung ohne Klimaschutz entsprechend dem Szenario RCP8.5 suggeriert. Auch der verbale Hinweis im Text, dass dieser Wert die möglicherweise entstehenden Klimaschadenskosten nicht berücksichtigt, ändert den optisch erzeugten Eindruck nicht.

Der berechneten Entwicklung des globalen Bruttosozialprodukts ohne Klimaschutz werden die Kosten eines durchgreifenden Klimaschutzes gegenübergestellt, der die Treibhausgaskonzentration auf 430–480 ppm CO_{2eq} begrenzt. Verwendet man wieder die mittleren Annahmen des IPCC, um diese Klimaschutzkosten für 2050 zu beziffern, so verringert sich das globale Bruttosozialprodukt um 5,1 Billionen Euro₂₀₁₀ auf 149 Billionen Euro₂₀₁₀ im Jahr 2050. Abbildung 7 veranschaulicht diese Entwicklung.

Um ein vollständiges Bild der Kosten und Nutzen des Klimaschutzes zu liefern, müssten die aufgrund von fehlendem Klimaschutz entstehenden Klimaschadenskosten beziffert werden. Die Arbeitsgruppe III des IPCC bleibt diesen Vergleich aber auftragsgemäß schuldig, da die Staatengemeinschaft im Plenum des IPCC diese Aufgabe der Arbeitsgruppe II zugewiesen hat.

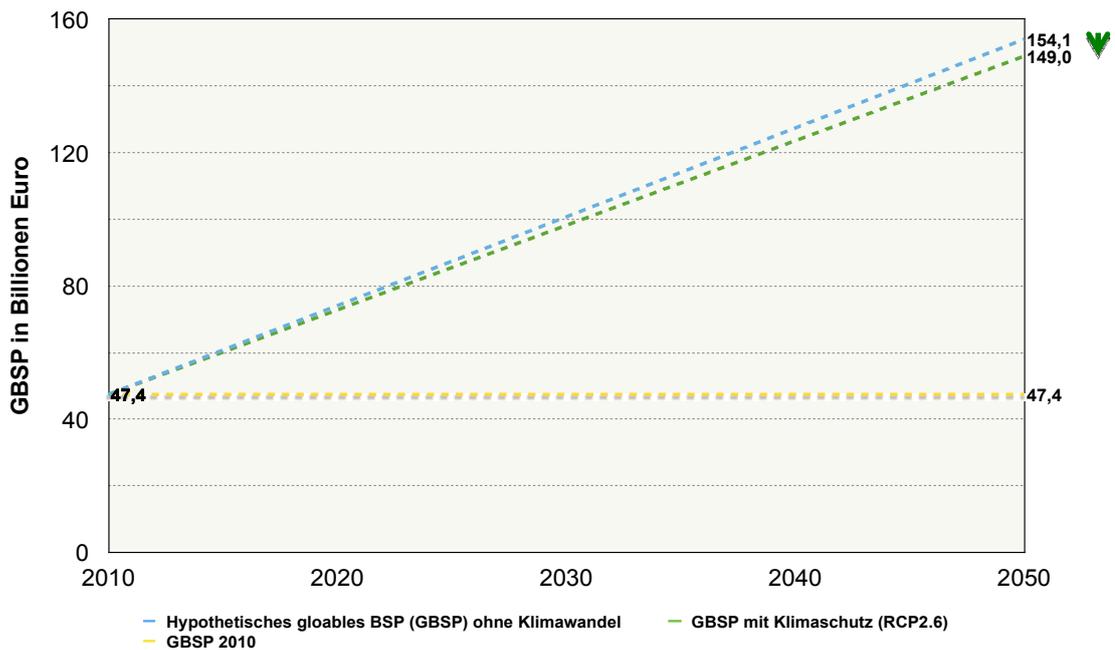


Abbildung 7: Entwicklung des globalen Bruttosozialprodukts bis 2050 mit (RCP2.6) und ohne Klimaschutzmaßnahmen (RCP8.5) nach IPCC 2014a
(eigene Berechnungen auf der Basis von IPCC WG III 2014)

2.3. Kosten der Anpassung an Klimaveränderungen

Das Kapitel des Berichts der Arbeitsgruppe II des IPCC zur Frage der Wirtschaftlichkeit von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel (IPCC 2014, S. 944–966) trägt die Ergebnisse unterschiedlicher Studien zusammen, die in der Regel einen Zeithorizont bis 2050 betrachten. Wie Tabelle 2 zeigt, liegen die ausgewiesenen jährlichen Anpassungskosten im Jahr 2050 in der Größenordnung von 28 bis 109 Milliarden US-Dollar pro Jahr.

Tabelle 2: Überblick über die Ergebnisse verschiedener Studien zu den Anpassungskosten an den Klimawandel mit einem Zeithorizont bis zum Jahr 2050 (IPCC 2014, S. 959)

Study	Results (billion US\$ per year)	Time frame	Sectors	Methodology and comments
World Bank (2006)	9–41	Present	Unspecified	Cost of climate proofing foreign direct investments, gross domestic investments, and Official Development Assistance
Stern (2007)	4–37	Present	Unspecified	Update of World Bank (2006)
Oxfam (2007)	>50	Present	Unspecified	World Bank (2006) plus extrapolation of cost estimates from national adaptation plans and NGO projects
UNDP (2007)	86–109	2015	Unspecified	World Bank (2006) plus costing of targets for adapting poverty reduction programs and strengthening disaster response systems
UNFCCC (2007)	28–67	2030	Agriculture, forestry and fisheries; water supply; human health; coastal zones; infrastructure	Planned investment and financial flows required for the international community
World Bank (2010a)	70–100	2050	Agriculture, forestry and fisheries; water supply; human health; coastal zones; infrastructure; extreme events	Improvement on UNFCCC (2007): more precise unit cost, inclusion of cost of maintenance and port upgrading, risks from sea level rise and storm surges

Source: Modified from Agrawala and Fankhauser (2008) and Parry et al. (2009) to include estimates from World Bank (2010a).

Auch wenn die Studien von UNFCCC und Weltbank zu ähnlichen Gesamtergebnissen kommen, so unterscheiden sich die Kostenschätzungen für die betrachteten Einzelbereiche zum Teil erheblich, wie Abbildung 8 zeigt.

Die Autorinnen und Autoren der Arbeitsgruppe II des IPCC stellen zum einen fest, dass die bisher vorliegenden Abschätzungen der Anpassungskosten noch sehr vorläufig sind, sie aber darauf hindeuten, dass bis zum Jahr 2050 ein sehr hoher Bedarf für finanzielle Transfers in Entwicklungsländer bestehen wird, der mit ca. 70–100 Milliarden Dollar pro Jahr um Größenordnungen über der derzeitigen Ausstattung internationaler Fonds im Klimaschutzbereich liegt (IPCC 2014, S. 959). Im Englischen entspricht „billion“ einer Milliarde. Im Vergleich zu den von der Arbeitsgruppe III ausgewiesenen Klimaschutzkosten von ca. 5 Billionen (5.000 Milliarden) Euro₂₀₁₀ im Jahr 2050 nehmen sich diese Zahlen allerdings eher bescheiden aus.

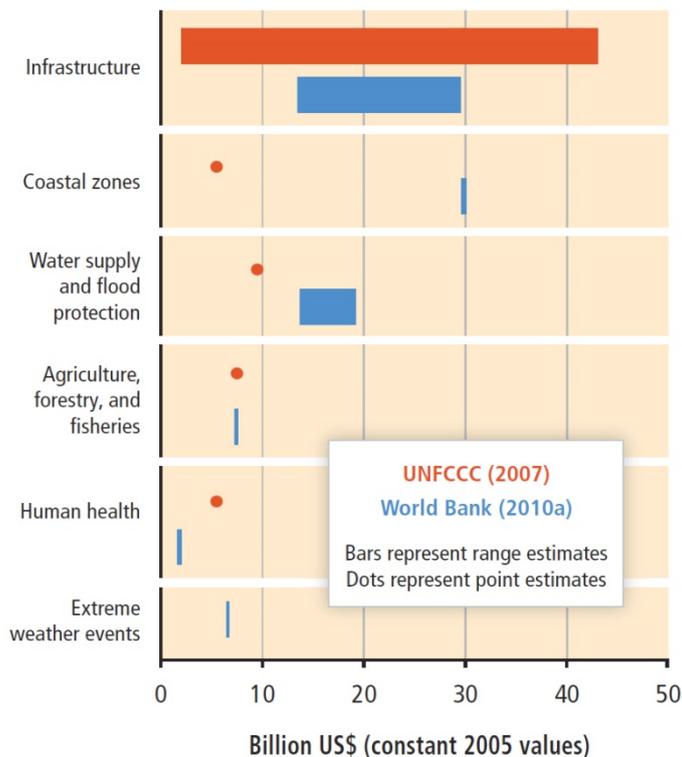


Abbildung 8: Vergleich der sektoralen Ergebnisse der Studie der Weltbank und der UNFCCC zu den Klimavermeidungskosten in Entwicklungsländern im Jahr 2050
(IPCC 2014, S. 960)

2.4. Monetarisierter Nutzen des Klimaschutzes

Im Bericht der Arbeitsgruppe II des IPCC ziehen sich die Autorinnen und Autoren auf die Position zurück, dass eine Würdigung der Schäden durch den Klimawandel über eine ökonomische Bewertung hinausgehen muss und entwickeln Strategien zur Entscheidungsunterstützung (decision support), die komplexe Entscheidungen unter Unsicherheit unterstützen sollen (vgl. IPCC 2014, S. 195–217). Zu möglichen Schadenskosten nennt der Bericht nur vereinzelt Zahlen. In der Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger taucht dann ein ausdrücklich als unvollständige Schätzung bezeichneter Bereich auf, der mögliche Schäden für eine Erhöhung der globalen Temperatur um 2 °C auf 0,2–2 % des (wohl globalen) Einkommens beziffert (IPCC 2014, S. 19). Es wird ausdrücklich hervorgehoben, dass diese Zahlen nicht belastbar sind, eine Vielzahl wichtiger Schäden nicht beinhalten und auf umstrittenen Annahmen beruhen. Der Bericht der Arbeitsgruppe II verzichtet darauf, zu den Kosten des Klimaschutzes der Arbeitsgruppe III vergleichbare Zahlen

zu liefern (vgl. IPCC 2014a, S. 450). Auf der anderen Seite macht der Bericht der Arbeitsgruppe II durchaus Angaben zu den Kosten möglicher Anpassungsstrategien (IPCC 2014, S. 959f).

Auch wenn der Grundüberlegung und Vorgehensweise der Autorinnen und Autoren der Arbeitsgruppe II aufgrund der schwierigen Datenlage und der notwendigen Werturteile im Prinzip zugestimmt werden muss, so führt diese Vorgehensweise doch dazu, dass die einzelnen IPCC-Berichte auf der einen Seite hohe Kosten für den Klimaschutz präsentieren, während sie auf der anderen Seite von extrem niedrigen Schadenskosten ausgehen, die weit unter den Kosten liegen, die ein entschiedener Klimaschutz vermeiden kann. Dies führt bei allen gut gemeinten Versuchen, die Diskussion über die Auswirkungen des Klimawandels in verschiedenen qualitativen Dimensionen zu erfassen und zu beschreiben, in der Öffentlichkeit zu dem Eindruck, dass Klimaschutz vor allem viel Geld und Wachstum kostet. Politiker bekommen gerade durch die Art der Darstellung im Bericht der Arbeitsgruppe III (vgl. IPCC 2014a, S. 450) den Eindruck, dass sich mit einem Klimaschutz „light“ erhebliche Wachstumseinbußen vermeiden lassen könnten, ohne die tiefgreifenden ökonomischen Folgen des Klimawandels dabei überhaupt in den Blick zu nehmen. Schadenskosten müssten sich Betrachter mühsam aus den im Bericht der Arbeitsgruppe II verstreuten Zahlen zusammensuchen, da Klimaschadenskosten weder systematisch für die einzelnen untersuchten Auswirkungsbereiche berichtet, noch in einer zusammenfassenden Übersicht mit Bezug zu den relevanten Emissionsszenarien dargestellt werden. Auch mit detektivischer Kleinarbeit lässt sich nur ein zufälliger, eher kleiner, Ausschnitt der Kosten zusammentragen.

Im Bericht der Arbeitsgruppe II finden sich vor allem verstreute Angaben zu monetär bewerteten Einzelschäden. Diese Angaben basieren oftmals auf vereinzelt Studien und im Ganzen entsteht der Eindruck, dass die Arbeitsgruppe es vermeidet, eine einheitliche Vorgehensweise für die Abschätzung der monetarisierten Schadenskosten vorzuschlagen. Es fällt auf, dass einer der koordinierenden Leitautoren von Kapitel 10 („Key Economic Sectors and Services“), welches die Frage der monetarisierten Schäden behandelt, Richard Tol ist. Tol ist seit Jahren dafür bekannt, dass er versucht, die Schadenskosten des Klimawandels klein zu rechnen. Ihm wurden bei seinen eigenen Arbeiten schwerwiegende wissenschaftliche Fehler nachgewiesen, die zu sehr starken Unterschätzungen der Klimaschadenskosten führen (vgl. Nestle 2010, S.61ff). Bezeichnend ist, dass die Arbeit, in der die systematischen Fehlschätzungen nachgewiesen wurden, weder im IPCC-Bericht zitiert wird, noch in der Datenbasis über Studien zu Klimaschadenskosten enthalten ist, auf die sich der Bericht stützt (vgl. 2014, S. 690). Ebenso taucht eine der richtungsweisenden Arbeiten in diesem Bereich nicht im Bericht und der Datenbank auf. Das vom Umweltbundesamt veröffentlichte Papier bietet eine systematische Möglichkeit zur Abschätzung der Klimaschadenskosten auf der Basis eines breiten wissenschaftlichen Konsensprozesses (UBA 2007 und 2012).

Die einzige halbwegs verwendbare Unterlage zur systematischen Bezifferung von Klimaschadenskosten im ganzen Bericht der Arbeitsgruppe II ist eine Tabelle (IPCC 2014, S. 691; vgl. Tabelle 3), welche die Ergebnisse einer relativ großen Zahl verschiedener Studien zusammenfasst und die Variation der durchschnittlichen Schadenskostenschätzungen über die zugrunde gelegten Zeitpräferenzraten (0,1 und 3 %) angibt. Die Zeitpräferenzrate gibt an, um wie viel Prozent pro Jahr dem Betrachter ein Nutzen oder Schaden in der Zukunft weniger wert ist als heute. Für eine Gesellschaft als Ganzes liegt diese Rate gerade vor dem Hintergrund des Ziels einer langfristig nachhaltigen Entwicklung sehr viel niedriger als für ein Individuum mit begrenzter Lebenserwartung. Allerdings ist nicht nachvollziehbar, welche Änderungen der Treibhausgaskonzentration oder welche Zeithorizonte hier jeweils betrachtet worden sind. Dennoch liefert die Tabelle erste Anhaltspunkte für die Größenordnung der möglichen Klimaschadenskosten, die im Durchschnitt aller Studien bei Schadenskosten von 428 US-Dollar pro Tonne Kohlenstoff liegen. Sehr deutlich wird der Einfluss der unterstellten Abdiskontierung zukünftiger Schadenskosten. Bei einer Zeitpräferenzrate von 0 % liegen die Werte bei 585 US\$/t C, während sie bei einer Rate von 3 % auf 40 US\$/t C sinken. Die Arbeitsgruppe merkt selbst an, dass verschiedene Untersuchungen zeigen, dass die

Ergebnisse mit dem angenommenen Bevölkerungswachstum um den Faktor 2, unter Einbeziehung von Unsicherheit um den Faktor 3 und um wenigstens den Faktor 4 mit der angenommenen Zeitpräferenzrate variieren können (IPCC 2014, S. 691). Im schlimmsten Fall können die berechneten Schadenskosten für den gleichen physischen Schaden um mehr als den Faktor 24 auseinanderfallen.

Tabelle 3: Mittlere soziale Kosten und Standardabweichungen für CO₂-Emissionen in US\$/t C für die Zeitpräferenzraten 0, 1 und 3 % (IPCC 2014, S. 691, Table 10-9)

Table 10-9 | Selected statistical characteristics of the social cost of carbon: average (Avg) and standard deviation (SD), both in dollar per tonne of carbon, and number of estimates (*N*; number of studies in brackets).

PRTP	Post-AR4			Pre-AR4			All studies		
	Avg	SD	<i>N</i>	Avg	SD	<i>N</i>	Avg	SD	<i>N</i>
0%	270	233	97	745	774	89	585	655	142
1%	181	260	88	231	300	49	209	284	137
3%	33	29	35	45	39	42	40	36	186
All	241	233	462 (35)	565	822	323 (49)	428	665	785 (84)

Sources: See Section SM10.2 of the on-line supplementary material.

PRTP = pure rate of time preference.

Zu noch gravierenderen Unterschieden kommt Hohmeyer (2005), der bei einer Untersuchung über den Einfluss von drei Parametern auf die Klimaschadenskosten im Bereich der Auswirkungen verminderter landwirtschaftlicher Produktion auf die Ernährung und den Hunger in der Welt zu einer möglichen Differenz um sechs Größenordnungen kommt. Hierbei variiert er allerdings die mögliche Abdiskontierung zukünftiger Klimaschäden zwischen 0 und 10 %.

Da die in Kapitel 10 des Berichts der Arbeitsgruppe II des IPCC angegebenen Schadenskosten nicht zu den Emissionen der verschiedenen Klimaschutzszenarien in Beziehung gesetzt werden können, erlauben sie es auch nicht, die trotz aller Unsicherheiten unter einheitlichen Annahmen (Werturteilen) bestimmbaren Kosten des Klimaschutzes mit den durch diesen Klimaschutz vermeidbaren Kosten ins Verhältnis zu setzen. Somit sind die Leser mit den Ergebnissen der Arbeitsgruppe III konfrontiert, ohne diese in einen sinnvollen ökonomischen Zusammenhang einordnen zu können.

3. Wie lässt sich der Nutzen des Klimaschutzes monetarisieren?

Wie bereits in Kapitel 2 angesprochen, ist es schwierig, den Nutzen des Klimaschutzes zu monetarisieren. Denn dies setzt eine Bewertung der vermiedenen Klimaschadenskosten voraus, die nicht ohne einen Konsens über wichtige Werturteile möglich ist. Der monetäre Wert von Umwelt- und Gesundheitsschäden wird in der Regel von vermiedenen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und menschliches Leben dominiert, daher ist für die Bewertung vermiedener Klimaschäden ausschlaggebend, wie hoch der Wert eines vermiedenen Krankheits- oder Todesfalls angesetzt wird. Zu dieser Fragestellung gibt es eine Vielzahl verschiedenster Studien, die in den Arbeiten im Rahmen der ExternE-Projekte der EU-Kommission (1991–2005) und seiner Nachfolgeprojekte wie dem NEEDS-Projekt (2004–2008) oder dem CASES-Projekt (2006–2008) systematisch zusammengetragen worden sind. Für europäische Industrieländer liegen diese Werte, die in der Regel mit dem sogenannten „Value of statistical life“ (VSL) die gesellschaftliche Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung eines zusätzlichen Todesfalls wiedergeben, in der Größenordnung von 2,5–4,4 Millionen Euro pro vermiedenen Todesfall (European Commission 1995, S. 49).

Da die Klimaschäden heute emittierter Treibhausgase aufgrund der langen Verweilzeit der Treibhausgase in der Atmosphäre und der weiter steigenden Erderwärmung vor allem in der ferneren Zukunft auftreten, stellt sich die Frage wie der Verlust von Menschleben in der Zukunft bewertet werden soll. Ist der angesetzte Wert wie ein materieller Schaden aufgrund des gestiegenen Pro-Kopf-Einkommens abzudiskontieren, oder steigt dieser Wert proportional zum Einkommen und wird daher im Gegensatz zu materiellen Gütern nicht abdiskontiert, wie Rabel (1999) überzeugend argumentiert? Zu dieser Frage gibt es in der ökonomischen Literatur sehr unterschiedliche Auffassungen.

Klimaschäden werden nach Aussagen des IPCC (IPCC 2014, S. 6) vor allem die ärmsten Staaten der Welt und die ärmsten Bevölkerungsteile in allen Ländern der Welt besonders hart treffen, weil diese Opfergruppen die geringsten Möglichkeiten haben, sich an den Klimawandel anzupassen. So können wohlhabende Bürgerinnen und Bürger in einem Industrieland auf die durch den Klimawandel steigende Lebensmittelknappheit einfach dadurch reagieren, dass sie einen etwas größeren Teil ihres Einkommens für die teurer gewordenen Lebensmittel ausgeben. Subsistenzfarmer in der Sahelzone können auf den Ausfall ihrer Ernte durch den Klimawandel nicht dadurch reagieren, dass sie einfach die jetzt teuer zu kaufenden Lebensmittel, die sie vorher selbst für den Lebensunterhalt ihrer Familie erzeugt haben, auf dem Markt einkaufen. Der Ernteausfall führt nicht nur dazu, dass sie keine Lebensmittel mehr produzieren können, sie verfügen auch über kein Einkommen, um ihre Familie mit gekauften Lebensmitteln zu ernähren. Ein Ernteausfall kann daher im ersten Fall bedeuten, dass ein Bauer in den USA geringere Getreidemengen produzieren kann und dieser Ausfall nur teilweise über die gestiegenen Getreidepreise ausgeglichen wird, die die Konsumenten in den USA bezahlen müssen. Oder im letzteren Fall, dass ein Bauer und seine Familie in der Sahelzone aufgrund von Missernten durch Klimawandel hungern oder gar verhungern müssen. An dieser Stelle stellt sich die Frage, ob man Ernteausfälle durch die Mindermengen an Getreide in Tonnen und die Klimaschäden durch die Multiplikation dieser Mengen mit dem Getreidepreis ermittelt, oder ob man das Leid durch Hunger oder die Todesfälle durch Verhungern in die Klimaschadenskosten mit einbezieht (vgl. hierzu Nestle 2010, S. 140ff).

Sollte man sich dafür entscheiden, die Todesfolgen von Missernten in die Bepreisung von Klimaschäden mit einzubeziehen, steht die nächste Wertentscheidung an: Wie und nach welchen Maßstäben wird der Todesfall in der Sahelzone bewertet? Es gibt eine Denkschule in den Wirtschaftswissenschaften, die eine solche Bewertung nach der sogenannten „Willingness to Pay“ (WTP) vornimmt. Hier wird gefragt, wie viel der Betroffene zu zahlen bereit wäre, um diesen Todes-

fall abzuwenden (IPCC 1996, S. 196f). Dieser Ansatz führt dazu, dass ein Todesfall in reichen Industrieländern aufgrund des hohen Pro-Kopf-Einkommens sehr viel höher bewertet wird als in armen Entwicklungsländern, weil den Menschen dort nur ein sehr geringes Einkommen zur Verfügung steht, das sie ihrer geäußerten Zahlungsbereitschaft zugrunde legen können. Geht man so vor, wird ein Todesfall in Folge des globalen Klimawandels in der Sahelzone nur mit ca. einem Hundertstel der Summe bewertet, die für einen Todesfall in einem reichen Industrieland angesetzt würde.

Es gibt eine andere Denkschule, die fordert, dass gerade im Bereich der Klimafolgekosten eine Bewertung aller Todesfälle mit dem monetären Maßstab der Industrieländer zu messen ist, da diese den größten Teil des Problems verursacht haben (z. B. Hohmeyer und Gärtner 1992). Diese Diskussion ist im Zusammenhang mit globalen Umweltschäden unter dem Begriff „Equity Weighting“ bekannt geworden. Will man eine Gleichbehandlung aller betroffenen Menschen auf der Welt erreichen, so würde ein lokal bezifferter Schaden mit dem Kehrwert des Verhältnisses des lokalen Durchschnittseinkommens gewichtet (multipliziert). Im Fall eines Bürgers der Sahelzone liegt dieses Verhältnis etwa bei 1/0,02, so dass der lokal bezifferte Schaden mit dem Faktor 50 zu multiplizieren wäre. Im Fall eines wohlhabenden Bürgers aus einem reichen Industrieland liegt dieser Faktor vielleicht bei 1/5. Geht man bei den Klimaschäden vom Verursacherprinzip aus, das in Deutschland und Europa allgemein als Grundlage der Umweltpolitik anerkannt ist, muss man das Equity Weighting noch eine Stufe weiter treiben und jeden Todesfall mit dem Wert ansetzen, der ihm in den Hauptverursacherländern beigemessen wird. Eine weitere Denkschule schlägt vor, für alle Todesfälle infolge des Klimawandels einen globalen Durchschnittswert zu verwenden (vgl. z. B. UBA 2012). Es ist offenkundig, dass sich durch die Entscheidung, wie der große Anteil von Todesfällen durch Klimawandel in Entwicklungsländern bewertet wird, das Gesamtergebnis der monetarisierten Klimaschäden entscheidend verändert. Hohmeyer (2005) hat die Auswirkungen der Kombination der drei hier diskutierten Effekte (verminderte Getreideernte oder Hungertote, unterstellter Diskontierungszinssatz bei Verlust an Menschenleben, Bewertung von Todesfällen in Entwicklungsländern als Folge des Klimawandels) in einer Gesamtrechnung zusammengetragen (vgl. Tabelle 4), die zu dem Ergebnis kommt, dass allein die mögliche Variation dieser Wertentscheidungen das berechnete Ergebnis um sechs Größenordnungen verändern kann.

Tabelle 4: Einfluss der Variation von drei Schlüsselparametern auf die Bewertung von Klimaschäden im Bereich von induzierten Todesfällen (Quelle: Hohmeyer 2005, S. 167)

	Ernteverlust ¹	Todesfall ¹	
	200 kg Getreide	WTP Niger	WTP USA
Heutiger Wert	80	33 000	3 300 000
Barwert zukünftiger Schäden in 50 Jahren bei einem Diskontierungssatz von:			
0 % real	80	33 000	3 300 000
1 % real	49	20 065	2 006 528
3 % real	18	7 528	752 753
5 % real	7	2 878	287 772
10 % real	0,7	281	28 111
Barwert zukünftiger Schäden in 100 Jahren bei einem Diskontierungssatz von:			
0 % real	80	33 000	3 300 000
1 % real	30	12 200	1 220 047
3 % real	4	1 717	171 708
5 % real	0,61	251	25 095
10 % real	0,006	2,4	239

¹ Werte in US-\$.
Quelle: Eigene Berechnungen.

Diese Berechnungen zeigen zum einen, wie sehr sich Vertreter unterschiedlicher Werturteile über den „richtigen“ monetären Wert streiten können. Sie zeigen zum anderen aber auch, dass es durchaus möglich ist, zu einem eindeutigen monetären Ergebnis zu kommen, wenn Einigkeit über die drei Werturteile besteht.

In den letzten zwanzig Jahren ist in Europa durch ein umfangreiches Forschungsprogramm (ExternE, NEEDS, CASES) der Europäischen Kommission eine gemeinsame Grundlage für die Bewertung von Umweltschäden im Energie- und Verkehrsbereich geschaffen worden. Basierend auf den Ergebnissen dieses europäischen Forschungsprogramms hat das Umweltbundesamt seit einigen Jahren eine einheitliche Methode entwickelt, wie in Deutschland die Umweltkosten des Energie- und Verkehrsbereichs monetär bewertet werden sollen (UBA 2007 und 2014). Zusammen mit der neuesten Fassung dieser sogenannten Methodenkonvention hat das Umweltbundesamt (UBA) 2014 auch Empfehlungen für konkrete Zahlenwerte für Klimaschäden herausgegeben, die sich sehr stark an dem inzwischen in der deutschen wissenschaftlichen Diskussion entwickelten Konsens orientieren. Es werden hierbei sowohl Schadenswerte für einen als moderat angesehenen Emissionspfad (EMF14) angegeben, der ohne einschneidende Klimaschutzmaßnahmen im Jahr 2011 für wahrscheinlich gehalten wurde, als auch die Vermeidungskosten für ein Einhalten des Zwei-Grad-Limits für bestimmte Zieljahre beziffert. Das UBA gibt hierbei jeweils für verschiedene Zieljahre eine Reihe von Werten auf der Basis unterschiedlicher Annahmen an, um nicht durch eine einzelne Zahl zu suggerieren, dass diese Zahlen exakt abschätzbar wären. Für die monetären Schadenskosten weist das Umweltbundesamt Zahlen auf Basis von zwei verschiedenen Abdiskontierungszinssätzen (0 % und 1 %) und zwei verschiedenen Equity-Weighting-Ansätzen (Weltdurchschnitt und europäische Zahlungsbereitschaft) zur Bewertung von Todesfällen aus. Die Ergebnisse des UBA sind in Tabelle 5 wiedergegeben.

Tabelle 5: Klimaschadenskosten in €₂₀₁₀/t CO_{2eq} nach den Berechnungen des Umweltbundesamtes (UBA 2014, Anhang B, S. 7)

	2005	2015	2025	2035	2045	2055
Equity Weighting (WEu) Zeitpräferenz: 0%	416,72	511,97	569,00	509,50	508,33	671,33
Equity Weighting (WEu) Zeitpräferenz: 1%	111,81	141,23	170,55	158,51	164,96	225,95
Equity Weighting (Av) Zeitpräferenz: 0%	87,5	103,7	112,7	100,4	101,0	136,7
Equity Weighting (Av) Zeitpräferenz: 1%	23,5	28,6	33,8	31,2	32,8	46,0

WEu: West European Equity Weighting; Av: Average Equity Weighting

Rechnet man diese Zahlen auf Grundlage des inzwischen für wahrscheinlicher erachteten Emissionsszenarios RCP8.5 als Basisfall ohne Klimaschutz für das Jahr 2050 um, so liegen die Werte für ein europäisches Equity Weighting und eine Zeitpräferenzrate von 0 % bei 760 €₂₀₁₀/t CO_{2eq} und für eine Zeitpräferenzrate von 1 % bei 216 €₂₀₁₀/t CO_{2eq}. Die Umrechnung basiert auf einer linearen Interpolation der vom UBA angegebenen Werte für 2045 und 2055 und der proportionalen Umrechnung dieser Werte auf die höheren Emissionsmengen des Szenarios RCP8.5 (20,61 Gt C_{eq} in 2050) im Vergleich zum Mittelwert des vom UBA verwendeten EMF14-Szenarios (16 Gt C_{eq} bei einem angegebenen Bereich von 15–17 Gt C_{eq} in 2050). Da die Schadensverläufe mit großer Wahrscheinlichkeit nicht linear sind, sondern überproportional mit den Emissionen steigen, kann diese Form der Umrechnung als konservativ angesehen werden. Da es sich bei dem größten Teil der zu erwartenden monetarisierten Schäden durch Klimawandel um Schäden im Bereich von zusätzlichen Todesfällen oder Krankheiten handeln wird, erscheint es nicht angebracht, diese Schäden im Zeit-

verlauf mit einer Zeitpräferenzrate zu belegen und abzudiskontieren (vgl. Rabl, 1995). Daher liegt der auf Basis der europäischen Wertevorstellungen berechenbare Schadenswert für das Jahr 2050 eher bei 760 €₂₀₁₀/t CO_{2eq} als bei dem niedrigeren Wert von 216 €₂₀₁₀/t CO_{2eq}.

Die Vermeidungskosten, die es ermöglichen, gegenüber dieser „Business-as-usual“ Entwicklung das Einhalten des Zwei-Grad-Limits sicherzustellen, weist das UBA im gleichen Bericht aus. Diese Zahlen sind in Tabelle 6 wiedergegeben. Die Angaben des UBA basieren auf einer umfassenden Meta-Studie (Kuik et al. 2009) und einer Ausarbeitung des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) auf Grundlage des europäischen Forschungsprogramms (Wille et al. 2012). Die Verwendung von Vermeidungskosten für die Einhaltung des Zwei-Grad-Limits lässt sich damit begründen, dass dieses Klimaschutzziel von der Staatengemeinschaft in Cancún im Rahmen der globalen Klimaverhandlungen als weltweit verbindliches Klimaziel beschlossen worden ist und somit als kollektive Zahlungsbereitschaft der Weltgemeinschaft zur Vermeidung der bisher bekannten Klimaschäden bei einer Überschreitung dieser Grenze angesehen werden kann.

Tabelle 6: Empfehlung des Umweltbundesamtes für Treibhausgas-Vermeidungskosten in €₂₀₁₀/t CO_{2eq} (UBA 2014, S. 6)

	2010	2020	2025	2030	2040	2050
unterer Wert	44	59	68	79	106	143
mittlerer Wert	77	104	119	139	186	251
oberer Wert	135	182	211	244	329	442

Quelle: Wille et al. (2012) auf Basis von Kuik et al. (2009),
Umrechnung in €₂₀₁₀: eigene Berechnungen.

Auf Basis der beiden Vorgehensweisen empfiehlt das Umweltbundesamt einen gemischt begründeten Bewertungsansatz, der zum einen die Schadenskosten einbezieht, diese aber mit den Vermeidungskosten für das Zwei-Grad-Limit abgleicht. Tabelle 7 gibt die vom UBA zur Bewertung von externen Kosten des Klimawandels empfohlenen Werte für die Jahre 2010 bis 2050 wieder. Auch hier werden mittlere Werte auf der Basis einer Zeitpräferenzrate von 1%/Jahr als Empfehlung gegeben und gleichzeitig Wertebereiche ausgewiesen, um diese einzuordnen. Für das Jahr 2050 empfiehlt das Umweltbundesamt auf dieser Basis die Verwendung eines Werts von 260 €₂₀₁₀/t CO_{2eq} (vgl. Tabelle 7). Es weist aber ausdrücklich darauf hin, dass sich unter Verwendung einer anderen Zeitpräferenzrate deutlich höhere Werte rechtfertigen lassen (UBA 2014, S. 7), wie die Schadenskosten in Tabelle 5 oben deutlich belegen.

Tabelle 7: Empfehlungen des Umweltbundesamtes zur Quantifizierung der zu erwartenden Kosten des vom Menschen verursachten Klimawandels (in €₂₀₁₀/t CO_{2eq}) (UBA 2014, S. 7)

	Klimakosten in € ₂₀₁₀ / t CO ₂		
	Kurzfristig 2010	Mittelfristig 2030	Langfristig 2050
Unterer Wert	40	70	130
Mittlerer Wert	80	145	260
Oberer Wert	120	215	390

Da die vom Umweltbundesamt vorgeschlagenen Werte für die Abschätzung der Kosten des Klimawandels sowohl auf einer breiten Auswertung der Literatur und den Ergebnissen eines langjäh-

rigen europäischen Forschungsprogramms als auch auf einem aufwendigen Diskussionsprozess im Zusammenhang mit der Entwicklung der Methodenkonvention und der empfohlenen Zahlenwerte basieren (das Projekt des Umweltbundesamtes wurde von einem eigens eingerichteten wissenschaftlichen Beirat intensiv begleitet), können diese Zahlen zurzeit als die beste und unumstrittenste Abschätzung der Kosten des Klimawandels aus deutscher und europäischer Sicht angesehen werden. Der vom UBA für 2050 empfohlene mittlere Wert von 260 €₂₀₁₀/t CO_{2eq} wird daher in den folgenden Betrachtungen als Grundlage des Vergleichs von Kosten und Nutzen des Klimaschutzes verwendet. Wie bereits im Zusammenhang mit der Abschätzung der Klimaschadenskosten durch das UBA oben angemerkt, handelt es sich bei diesen Kostenschätzungen aufgrund der verwendeten Emissionsszenarien (EMF14) um eher konservative Werte. Die im EMF14 für 2050 angenommenen Treibhausgasemissionen liegen um ca. 20 % niedriger als im Fall des RCP8.5-Szenarios.

Die in die Empfehlungen des Umweltbundesamtes eingeflossenen Werturteile können als der Versuch angesehen werden, den Grundsatz der Gleichheit aller Menschen entsprechend Artikel 1 der UN-Menschenrechtscharta (UN 2015) zum Leitprinzip aller in die Monetarisierung einfließenden Werturteile zu machen.

4. Vergleich der Kosten und Nutzen des Klimaschutzes

4.1. Vergleich der Klimaschutzkosten mit den direkten Klimaschutznutzen

Für einen Vergleich der Kosten und direkten Nutzen des Klimaschutzes durch vermiedene Klimafolgeschäden soll im Folgenden das Jahr 2050 zur Grundlage der Überlegungen gemacht werden, da bis 2050 sowohl erhebliche Klimaschutzkosten für die Einhaltung des Zwei-Grad-Limits als auch substantielle Schäden durch einen ungebremsen Klimawandel entstehen. In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts werden voraussichtlich noch deutlich höhere Schadenskosten entstehen, da sich die Situation noch weiter verschärft, falls die Treibhausgasemissionen nicht drastisch reduziert werden. Für 2050 stehen mit den Abschätzungen des Umweltbundesamtes auch Schadenskosten pro t CO_{2eq} zur Verfügung, die ein hohes Maß an gesellschaftlichem Konsens beinhalten und auf der Basis der IPCC-Szenarien (RCP2.6 und RCP8.5) eine Berechnung der durch unterschiedenen Klimaschutz vermeidbaren Kosten erlauben.

Der Bericht der Arbeitsgruppe III des IPCC beziffert die Kosten, die das Erreichen des Zwei-Grad-Limits durch Einhalten eines Konzentrationskorridors zwischen 430 und 480 ppm CO_{2eq} entsprechend RCP2.6 weitgehend sicherstellt, mit 1–4 % des möglichen Konsums des Jahres 2050 (siehe hierzu Kapitel 2.2). Diese Verringerung ist im Kontext eines um Faktor 2–4,5 erhöhten Gesamtkonsums zu sehen (IPCC 2014a, Chapter 6, S. 449). Um die absoluten Kosten des notwendigen Klimaschutzes und die Kosten pro Tonne CO_{2eq} zu berechnen, werden im Folgenden die im Bericht der Arbeitsgruppe III ebenfalls ausgewiesenen Reduktionen im globalen Bruttosozialprodukt des Jahres 2050 herangezogen, da diese sich auf Basis des heutigen BSP (2010) berechnen lassen, während unklar ist, wie der im Bericht benannte Konsum abgegrenzt ist. Global sind Bruttosozialprodukt und Bruttoinlandsprodukt identisch. Die Modellrechnungen, die der IPCC ausgewertet hat,

rechnen aber in der Regel die Summe der Veränderungen der nationalen Bruttoinlandsprodukte aus, daher wird im Bericht der Arbeitsgruppe III die Bezeichnung „gross domestic product“ (GDP) verwendet. Bei Betrachtung aggregierter globaler Effekte ist allerdings der Begriff des globalen Bruttosozialproduktes sehr viel einleuchtender, als der des globalen Bruttoinlandsprodukts. Da bei globaler Betrachtung beide Begriffe den gleichen fachlichen Tatbestand beschreiben, wird im Folgenden der Begriff des globalen Bruttosozialprodukts verwendet.

Das globale Bruttosozialprodukt lag nach Angaben der Weltbank (World Bank 2014) für das Jahr 2010 bei 63,048 Billionen Dollar. Rechnet man dies mit dem durchschnittlichen Wechselkurs des Jahres 2010 (vgl. Wirtschaftskammer Österreich, 2014) von 1,33 US\$/€ in Euro um, so lag das globale BSP im Jahr 2010 bei 47,4 Billionen Euro₂₀₁₀.

Ausgehend von einem realen Wachstum bis 2050 auf das 2- bis 4,5-fache dieses Wertes, erhält man ein globales Bruttosozialprodukt von 94,8–213,3 Billionen Euro₂₀₁₀. Will man diese Werte mit der zentralen Schätzung der Klimaschutzkosten für das Jahr 2050 verbinden (Reduktion des globalen BSP um ca. 3,3 % nach Abbildung 6.21 des Berichts der Arbeitsgruppe III des IPCC) (IPCC 2014a, S. 450), ist hierfür der Mittelwert des globalen Bruttosozialprodukts für das Jahr 2050 von 154,05 Billionen Euro₂₀₁₀ heranzuziehen. Die Klimaschutzkosten im Jahr 2050 für die Einhaltung des Zwei-Grad-Limits belaufen sich damit auf ca. 5,1 Billionen Euro₂₀₁₀.

Dieser Wert ist nun mit den durch diesen Klimaschutz vermiedenen Folgekosten eines durchgreifenden Klimawandels ohne entsprechende Klimaschutzmaßnahmen zu vergleichen. Hierzu werden die im Jahr 2050 erreichten Verringerungen der Treibhausgasemissionen aus dem Vergleich der Szenarien RCP8.5 (ungebremste Emissionsentwicklung) und RCP2.6 (Klimaschutz zur Einhaltung des Zwei-Grad-Limits) berechnet. Nach IPCC Arbeitsgruppe I (IPCC 2013, Annex II, Tabelle AII.2.1.c, S. 1410) werden im RCP8.5 im Jahr 2050 Emissionen von 20,61 Gt C ausgewiesen. Dies entspricht bei einer Umrechnung mit den Molekulargewichten von Kohlenstoff (12 g/mol) und CO₂ (44 g/mol) Kohlendioxidemissionen in Höhe von 75,57 Gt CO_{2eq}. Da die Emissionen des Szenarios RCP2.6 in Höhe von 3,5 Gt C bzw. 12,83 Gt CO_{2eq} durch die Klimaschutzmaßnahmen nicht vermieden werden, denn sie sind ja noch mit dem Zwei-Grad-Limit vereinbar, müssen diese von den Emissionen des Szenarios RCP8.5 abgezogen werden. Die im Jahr 2050 durch die Einhaltung des Szenarios RCP2.6 vermiedenen Treibhausgasemissionen belaufen sich damit auf 62,64 Gt CO_{2eq}.

Bewertet man die vermiedenen Treibhausgasemissionen nun mit dem Ansatz des Umweltbundesamtes von 260 €/2010/t CO_{2eq}, so ergeben sich vermiedene Klimaschadenskosten von 16,31 Billionen €₂₀₁₀.

Die im Jahr 2050 vermiedenen Klimaschäden haben mit gut 16 Billionen Euro mehr als den dreifachen Wert der im gleichen Jahr für die Vermeidung dieser Schäden entstehenden Klimaschutzkosten von ca. 5 Billionen Euro. Im Gegensatz zu dem von der Arbeitsgruppe III des IPCC erweckten Eindruck, dass das globale Bruttosozialprodukt durch Klimaschutz im Jahr 2050 geringer ausfällt als ohne Klimaschutzmaßnahmen, liegt das globale Bruttosozialprodukt ohne Klimaschutz aufgrund der auftretenden Klimaschäden mehr als 10 Billionen Euro₂₀₁₀ niedriger als mit durchgreifenden Klimaschutzmaßnahmen, wie Abbildung 9 anschaulich verdeutlicht.

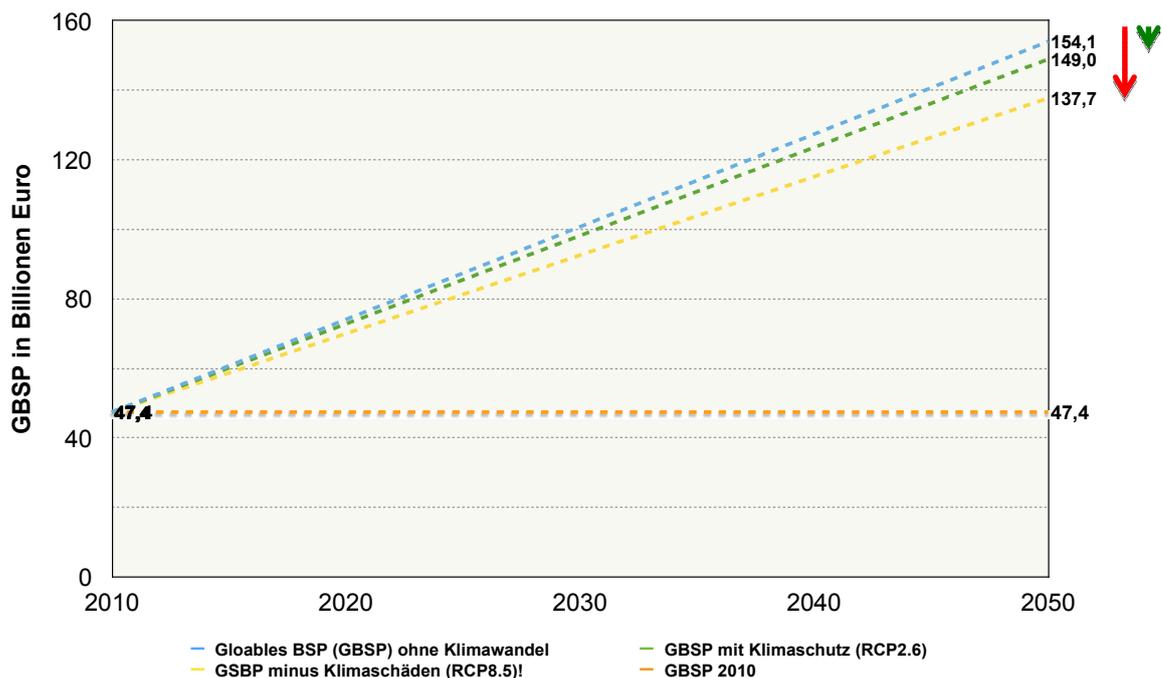


Abbildung 9: Globales Bruttosozialprodukt ohne Klimawandel, mit Klimaschutzmaßnahmen (RCP2.6) und ohne Klimaschutzmaßnahmen (RCP8.5)

(Eigene Berechnungen auf der Basis IPCC 2014a und UBA 2014)

Hierbei ist eine eventuelle Erhöhung des Bruttosozialprodukts durch die Reparatur von Klimaschäden berücksichtigt. Auf der einen Seite führen Reparaturen in der Systematik der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung als Ausgaben zu einem positiven Beitrag zum Bruttosozialprodukt. Dafür stehen auf der anderen Seite die für die Reparatur aufgewendeten Mittel nicht für die Verwendungen zur Verfügung, die im Normalfall getätigt worden wären und zu einer Erhöhung des Bruttosozialprodukts geführt hätten. Da reparierte Schäden aber keine Bereicherung für die Betroffenen darstellen, sondern nur den vorherigen Zustand wiederherstellen, senken reparierte Schäden den Wohlstand gegenüber einer Entwicklung ohne Schäden deutlich. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die wichtigsten Klimaschäden, wie irreparable Umweltschäden oder Todesfälle nicht „repariert“ werden können.

Aus der Perspektive europäischer Wertvorstellungen und auf Basis der Werte der UN-Menschenrechtscharta von Gleichheit und Gerechtigkeit ist ein durchgreifender Klimaschutz auch aus ökonomischer Sicht dringend anzuraten, da sein Nutzen bereits im Jahr 2050 bei mehr als dem Dreifachen der Kosten liegt.

4.2. Indirekte Klimaschutznutzen

Im gerade erschienen „New Climate Economy Report“ der Global Commission on the Economy and Climate (2014) werden, wie auch schon im Kapitel 8 des dritten Sachstandsberichts des IPCC (IPCC 2001, S. 523ff), die zusätzlichen Nutzen („co-benefits“) des Klimaschutzes analysiert. Hierbei stehen die aufgrund des verringerten Einsatzes fossiler Brennstoffe zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen gleichzeitig verursachten Minderungen von Luftschadstoffen und die damit vermiedenen Gesundheitsschäden im Mittelpunkt der Analyse.

Im Gegensatz zum IPCC zitiert die Global Commission on the Economy and Climate aber verwendbare Zahlen, die nicht nur einzelne Teilaspekte des Problems erfassen. So kommt er auf der

Grundlage einer für den Bericht angefertigten Studie (Hamilton et al., 2014 zu global durch Klimaschutz vermeidbare Gesundheitskosten von 50 bis 200 US\$/t CO₂ (Global Commission on the Economy and Climate 2014a, S. 11). Geht man davon aus, dass es sich auch hier in etwa um Werte in Preisen des Jahres 2010 handelt, so lässt sich dieser Bereich in 37,6–150,4 €₂₀₁₀/tCO_{2eq} umrechnen.

Verknüpft man diese in Geldeinheiten bewerteten Zusatznutzen des Klimaschutzes mit den im Jahr 2050 vermeidbaren Treibhausgasemissionen einer Entwicklung ohne durchgreifenden Klimaschutz, die einen massiven Einsatz von fossilen Brennstoffen sähe, so ergäben sich zusätzlich durch die Klimaschutzmaßnahmen eingesparte Kosten in Höhe von 2,4–9,4 Billionen €₂₀₁₀. Mit einem mittleren Wert von 5,9 Billionen € liegt allein der Zusatznutzen eines einschlägigen Klimaschutzes für die Emissionsverringerungen im Jahr 2050 über den Kosten der notwendigen Klimaschutzmaßnahmen im gleichen Jahr. Das globale Bruttosozialprodukt liegt ohne Klimaschutz bei Berücksichtigung der Klimaschadenskosten und der gleichzeitig entstehenden Kosten durch Luftschadstoffe, die durch Klimaschutzmaßnahmen vermieden werden könnten, nur bei 131,8 Billionen Euro₂₀₁₀ und nicht bei den von der Arbeitsgruppe III des IPCC suggerierten 154,1 Billionen Euro₂₀₁₀.

Abbildung 10 zeigt anschaulich, wie sich das globale Bruttosozialprodukt von 2010 bis 2050 mit und ohne Klimaschutz entwickelt und wie sich die Berücksichtigung der Kosten der Klimafolgeschäden und der durch Klimaschutz vermeidbaren Schäden durch Luftschadstoffe auf das globale Bruttosozialprodukt bis 2050 auswirken, wenn man unterstellt, dass sich die Kosten proportional zum Wachstum des Bruttosozialprodukts entwickeln (eine Annahme, die hier nur der Veranschaulichung dient). Bei dem von der Arbeitsgruppe III des IPCC suggerierten globalen Bruttosozialprodukt von 154,1 Billionen Euro₂₀₁₀ handelt es sich nicht um das mögliche Bruttosozialprodukt ohne Klimaschutz, sondern um das potenzielle Bruttosozialprodukt, wenn es keine Klimaveränderung durch die vom Menschen emittierten Treibhausgase gäbe. Eine völlig hypothetische Zahl, die aber mit Szenarien ohne Klimaschutzmaßnahmen in Verbindung gebracht wird.

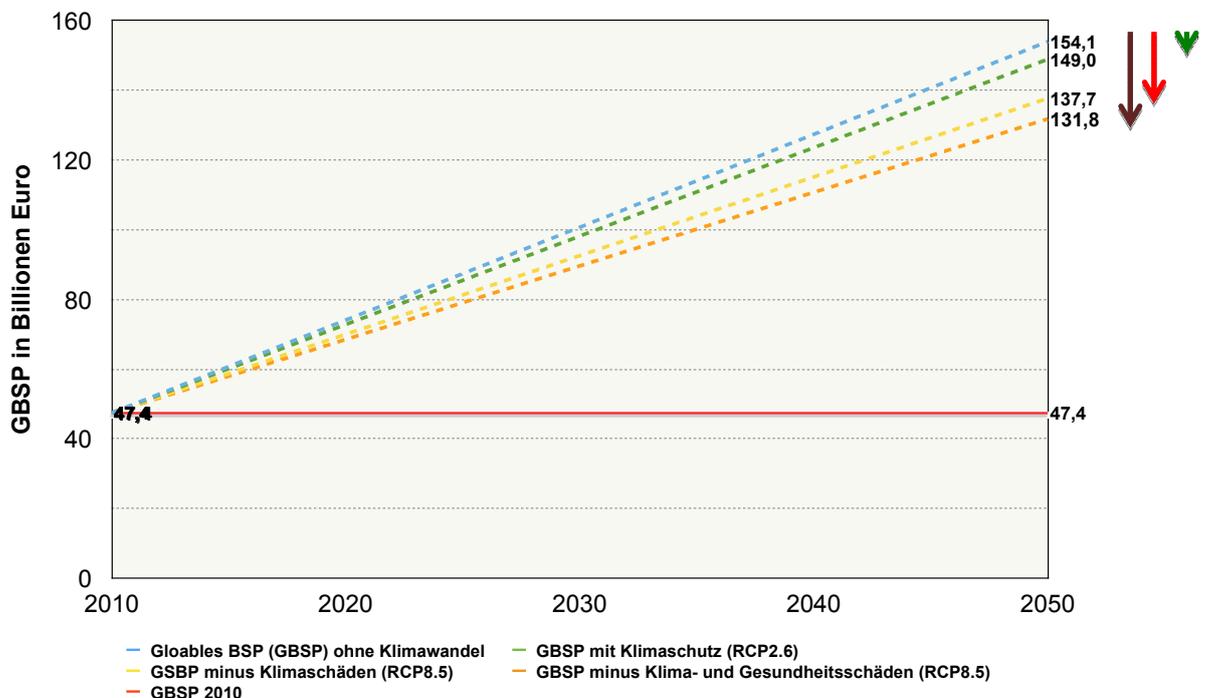


Abbildung 10: Entwicklung des globalen Bruttosozialprodukts mit und ohne Klimaschutz
(Eigene Berechnungen auf Basis von IPCC 2014a und UBA 2012)

5. Die notwendige Transformation zu einschneidendem Klimaschutz

Der fünfte Sachstandsbericht des IPCC zeigt, dass ein schnelles und massives Umsteuern bei den anthropogenen Treibhausgasemissionen dringend notwendig ist (IPCC 2014, S. 13). Der Vergleich der vermeidbaren Schadenskosten mit den Kosten des notwendigen Klimaschutzes zeigt, dass sich Klimaschutz auch aus ökonomischer Sicht eindeutig rechnet. Um die notwendige Verringerung der Treibhausgasemissionen zu erreichen, ist eine durchgreifende Transformation der Weltwirtschaft besonders in den Bereichen Energieversorgung, Stadtentwicklung und Landnutzung unabdingbar. Neuere Untersuchungen zeigen, dass diese Transformation in erheblichem Maße zusätzliche positive ökonomische Wirkungen entfalten kann. Daher werden im Folgenden die Grundelemente der notwendigen Transformation kurz skizziert und ihre ökonomischen Nutzen vorgestellt.

5.1. Wichtige Elemente der Transformation

Wie die Global Commission on the Economy and Climate herausarbeitet, wird die Weltwirtschaft in den nächsten 15 Jahren einen grundlegenden Transformationsprozess durchlaufen, im Laufe dessen ca. 90 Billionen Dollar in die Infrastruktur der Städte, die Landnutzung und das Energiesystem investiert werden müssen (2014, S. 8). Wie diese Investitionen getätigt werden, entscheidet im Wesentlichen über die Zukunft des Weltklimas. Ähnliche Ausführungen finden sich auch im Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) „Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation“ (WBGU 2011).

Die weitere Entwicklung der schnell wachsenden Städte der Welt wird einen erheblichen Einfluss auf deren Energiebedarf haben. Wenn sich Städte um ein gut geplantes und ausgebautes System des öffentlichen Nahverkehrs kompakt entwickeln, können die in den nächsten 15 Jahren notwendigen Investitionen in die städtische Infrastruktur um mehr als 3 Billionen Dollar gesenkt werden (Global Commission on the Economy and Climate 2014, S. 8).

Die Produktivitätsentwicklung der Landnutzung der nächsten 15 Jahre wird nach Einschätzung der Global Commission on the Economy and Climate darüber entscheiden, ob es gelingt, die auf ca. 8 Milliarden Menschen anwachsende Weltbevölkerung zu ernähren. Die Wiederherstellung von gerade einmal 12 % der degradierten Landwirtschaftsflächen der Welt könnte 200 Millionen Menschen zusätzlich ernähren und gleichzeitig erheblich zu einer Verminderung der Treibhausgasemissionen beitragen (Global Commission on the Economy and Climate 2014, S. 8).

Das Energiesystem wird das Wachstum in allen Ländern mit der nötigen Energie versorgen müssen. In den nächsten 15 Jahren fallen richtungsweisende Entscheidungen: Entweder wird der Anteil der fossilen Energieträger an der Energieversorgung weiter ausgebaut und so die Gefahr heraufbeschworen, dass die gebauten Anlagen wie z. B. Kraftwerke später aus Klimaschutzgründen vorzeitig abgeschaltet werden müssen. Oder es gelingt, den Übergang auf ein weitgehend durch regenerative Energiequellen gespeistes Energiesystem einzuleiten und die Energieeffizienz weiter voran zu treiben (Global Commission on the Economy and Climate 2014, S. 8).

Für diese notwendigen Übergänge zu nachhaltigem und klimaverträglichem Wachstum der Städte, einer klimaverträglichen Landnutzung und einer nachhaltigen und klimaverträglichen Energieversorgung, sind nach Auffassung der Global Commission on the Economy and Climate drei wesentliche Treiber des Wandels entsprechend einzusetzen. Dies sind eine starke Erhöhung der Ressourcenproduktivität, die auf Nachhaltigkeit und Klimaschutz ausgerichteten Investitionen in die

Infrastrukturen der Zukunft sowie die Stimulation von klimafreundlichen Innovationen (vgl. Global Commission on the Economy and Climate 2014, S. 9).

Die Ausführungen der Global Commission on the Economy and Climate unterscheiden sich von den Vorschlägen des WBGU vor allem dadurch, dass sie auch die Kernenergie als eine mögliche Energiequelle für eine klimaverträgliche Entwicklung ansieht, die vom WBGU aufgrund der großen Gefahrenpotenziale der Kernenergie als nicht nachhaltige Form der Energieversorgung verworfen wird. Die Position der Global Commission on the Economy and Climate verwundert nicht, denn drei der sieben Länder, die den Bericht finanziert haben – Großbritannien, Schweden und Südkorea – gehören zu den wichtigsten Befürwortern einer weiteren Kernenergienutzung und auch Indonesien, als viertes finanzierendes Land, verfolgt Pläne zum Bau eigener Kernkraftwerke.

In seinem neuesten Sondergutachten „Klimaschutz als Weltbürgerbewegung“ ergänzt der WBGU seine Ausführungen von 2011 über die Notwendigkeit einer grundlegenden Transformation hin zu einer klimaverträglichen Gesellschaft. Der WBGU unterstreicht darin die Rolle dezentraler Institutionen und der Zivilgesellschaft als Treiber des notwendigen Transformationsprozesses (WBGU 2014).

5.2. Ökonomische Chancen der Transformation

Die Global Commission on the Economy and Climate unterstreicht, dass die wesentlichen Mittel für die notwendige Transformation ohnehin für die anstehende Modernisierung wie z. B. für den erforderlichen Kapazitätsausbau des Kapitalstocks im Bereich der Energieversorgung und der städtischen Infrastrukturen aufgewendet werden müssen (Global Commission on the Economy and Climate 2014, S. 8). Es geht daher vor allem darum, diese Mittel nicht in die falschen Technologien zu investieren, die über Jahrzehnte die weitere Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und dem motorisierten Individualverkehr festschreiben. Investitionen in Kraftwerke und städtische Infrastruktur schreiben über viele Jahrzehnte Entwicklungspfade fest, die nach Investitionen in die falschen Technologien nur unter großen volkswirtschaftlichen Verlusten verlassen werden können.

Besonders die Investitionen in neue Technologien zur Nutzung regenerativer Energiequellen und zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz sieht die Global Commission on the Economy and Climate (S. 8f) als Treiber für neues nachhaltiges Wachstum an.

Das Beispiel der deutschen Entwicklung im Bereich der regenerativen Energiequellen belegt mit der Entstehung einer neuen Industrie mit knapp 400.000 Beschäftigten (vgl. O’Sullivan et al. 2014, S. 8), dass die Transformation des Energiesektors zu erheblichen neuen ökonomischen Aktivitäten und Beschäftigungseffekten führen kann. Im Jahr 1990, vor Einführung des Stromeinspeisegesetzes zur Förderung regenerativer Stromerzeugung, existierte die Branche jenseits des Baus und Betriebs von großen Wasserkraftwerken nicht. Im Jahr 2004 war die Beschäftigtenzahl bereits auf ca. 160.000 gestiegen, um im Jahr 2012 ihren vorläufigen Höhepunkt mit knapp unter 400.000 Beschäftigten zu erreichen (vgl. Abbildung 11). Im Jahr 2013 brach dann die Beschäftigung im Bereich der Solarenergie ein, da die Förderung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) drastisch gekürzt wurde. Inwieweit hier noch andere Faktoren zur Verschärfung der Krise der deutschen Solarindustrie geführt haben, ist strittig. Im Jahr 2013 gingen allein knapp 50.000 Arbeitsplätze verloren (vgl. O’Sullivan et al. 2014, S.12 und Abbildung 12 unten).

Aus dem Arbeitsplatzverlust im Bereich der Solarenergienutzung wird deutlich, dass die Entwicklung neuer Industrien im Bereich des Klimaschutzes extrem auf staatliche Rahmensetzungen angewiesen ist. Bei einer Diskontinuität der staatlichen Förderung kann es relativ schnell zu durchaus krisenhaften Entwicklungsverläufen kommen. So hat eine zu großzügige Förderpolitik für die photovoltaische Stromerzeugung in Deutschland zunächst zu explosionsartigem Absatz- und Beschäf-

tigungswachstum von ca. 25.000 Arbeitsplätzen im Jahr 2004 auf gut 110.000 Arbeitsplätze im Jahr 2012 geführt. Da das extreme Wachstum im Bereich der photovoltaischen Stromerzeugung zu hohen Kostenbelastungen der Verbraucher führte, musste diese Entwicklung dann durch sehr starkes förderpolitisches Gegensteuern eingedämmt werden. Dieses Gegensteuern hatte im Wesentlichen den extremen Einbruch der deutschen Photovoltaikindustrie zur Folge.

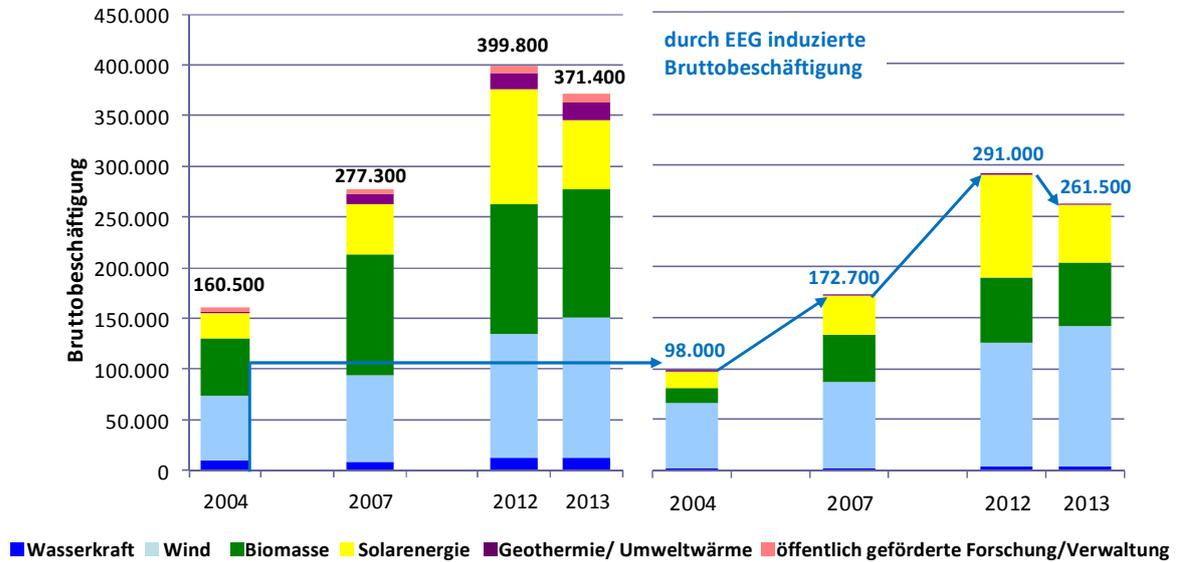


Abbildung 11: Entwicklung der Beschäftigung in der Branche der erneuerbaren Energien sowie durch das EEG induzierte Beschäftigung von 2004 bis 2013

(Quelle: O’Sullivan et al. 2014, S. 8)

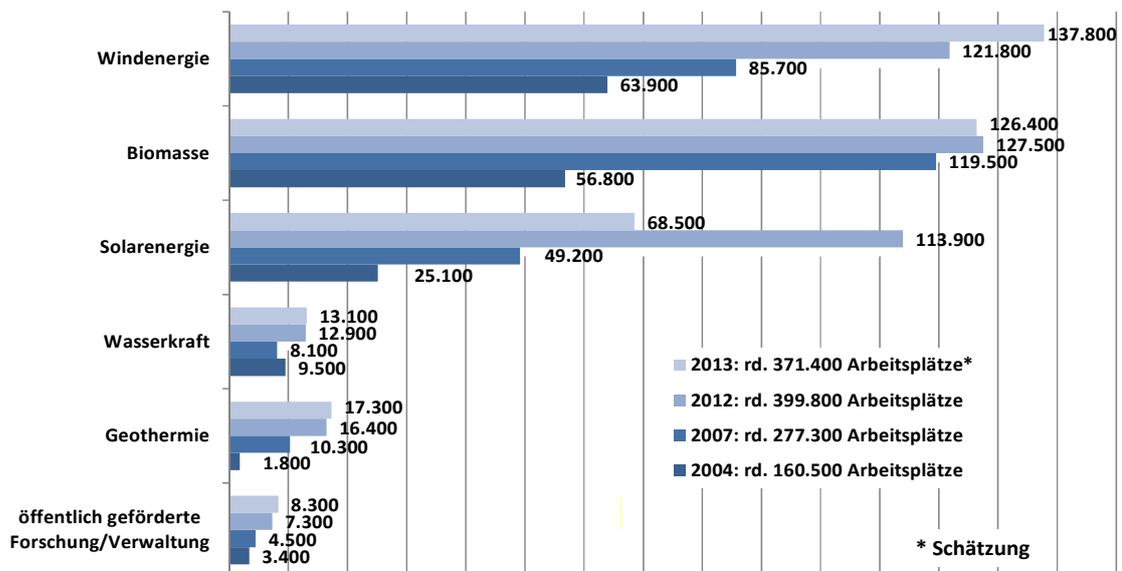


Abbildung 12: Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland von 2004 bis 2013 nach Technologiebereichen

(Quelle: O’Sullivan et al. 2014, S. 12)

Um die notwendige Transformation ohne krisenhafte Entwicklungen sicherzustellen, bedarf es daher sehr verlässlicher politischer Rahmenbedingungen, die das notwendige Entwicklungstempo

sicherstellen, ohne gleichzeitig eine krisenhafte Überhitzung und das anschließende Zusammenbrechen der neuen Märkte zu bewirken.

Die notwendige Transformation wird aber nicht nur neue Branchen mit wachsender Produktion und Beschäftigung hervorbringen. Sie wird gleichzeitig auch in anderen Branchen, wie der Kohle- und Mineralölindustrie zu Umsatz- und Beschäftigungseinbußen führen. Mit einer entsprechenden Analyse der Nettogesamtwirkungen eines frühzeitigen Kernenergieausstiegs bei gleichzeitiger Sicherstellung der deutschen Klimaschutzziele in Deutschland, haben Hohmeyer et al. (2000) untersucht, wie viele Arbeitsplätze im Bereich der konventionellen Stromerzeugung verloren gehen, während in den Bereichen der regenerativen Energieträger und der Energieeinsparung neue Arbeitsplätze entstehen. Tabelle 8 zeigt nicht nur die direkten sondern auch die indirekten Beschäftigungsgewinne und -verluste in den verschiedenen Branchen der deutschen Volkswirtschaft für zwei Ausstiegsszenarien mit einer Beendigung des Kernenergieeinsatzes bis zum Jahr 2010 (Szenario A und B) und ein Trendszenario mit einem uneingeschränkten Weiterbetrieb der im Jahr 2000 vorhandenen Kernkraftwerke in Deutschland. Die Spalten „Delta“ zeigen jeweils die kumulierten Beschäftigungsgewinne und Verluste der Zeitspanne 2000 bis 2025 pro Branche in Personenjahren (in Arbeitsproduktivitäten des Jahres 1995). Insgesamt liegt die Beschäftigung in der gesamten Volkswirtschaft im Fall eines schnellen Kernenergieausstiegs um knapp 10 % höher als bei einem Weiterbetrieb der Kernkraftwerke, allerdings weisen 14 von 58 Branchen auch Beschäftigungsverluste auf.

Tabelle 8: Direkte und indirekte Beschäftigungswirkungen verschiedener Energieszenarien mit und ohne Kernenergieausstieg bis zum Jahr 2010 auf die Branchen der deutschen Volkswirtschaft im Zeitraum 2000–2025 in Personenjahren (Produktivitäten von 1995, dem Basisjahr der verwendeten Input-Output-Tabelle (Quelle: Hohmeyer et al. 2000, S. 58)

	Branche	Direkte und indirekte Beschäftigungseffekte in Personenjahren (2000-2025)					
		Delta A	Szenario A	Trend A	Delta B	Szenario B	Trend B
Br. Nr. 1	Produkte der Landwirtschaft	165329	329738	164408	167231	329260	162029
Br. Nr. 2	Produkte der Forstwirtschaft und Fischerei	123373	256639	133265	125386	256728	131341
Br. Nr. 3	Elektrizität, Dampf, Warmwasser	-60722	164889	225611	-62949	159469	222418
Br. Nr. 4	Gas	16	4560	4544	92	4576	4484
Br. Nr. 5	Wasser	-441	5427	5868	-393	5398	5791
Br. Nr. 6	Kohle, Erzeugnisse des Kohlebergbaus	-310991	897230	1208220	-294208	896994	1191202
Br. Nr. 7	Bergbauerzeugnisse (ohne Kohle, Erdöl)	-159846	21142	180987	-148097	30398	178496
Br. Nr. 8	Erdöl, Erdgas	142315	247105	104790	93192	196298	103105
Br. Nr. 9	Chemische Erzeugnisse, Spalt- und Brutstoffe	-11796	105584	117380	-11864	103893	115757
Br. Nr. 10	Mineralölerzeugnisse	-2333	9964	12297	-2462	9664	12126
Br. Nr. 11	Kunststofferzeugnisse	5742	48108	42366	8314	50150	41836
Br. Nr. 12	Gummierzeugnisse	1874	12266	10391	1514	11764	10250
Br. Nr. 13	Steine und Erden, Baustoffe usw.	-28852	72581	101434	-28123	72316	100439
Br. Nr. 14	Feinkeramische Erzeugnisse	9384	16730	7347	9694	16956	7262
Br. Nr. 15	Glas und Glaswaren	5533	15112	9578	6945	16408	9463
Br. Nr. 16	Eisen und Stahl	1482	25542	24060	1775	25538	23763
Br. Nr. 17	NE-Metalle, NE-Metallhalbezeug	7212	18932	11720	9210	20786	11576
Br. Nr. 18	Giessereierzeugnisse	12591	48213	35621	13177	48354	35177
Br. Nr. 19	Erzeugnisse der Ziehereien, Kaltwalzwerke	3493	76902	73408	3974	76473	72499
Br. Nr. 20	Stahl- und Leichtmetallbau	-55770	306844	362614	-62593	295560	358153
Br. Nr. 21	Maschinenbauerzeugnisse	-93281	532534	625815	-103313	514515	617828
Br. Nr. 22	Bueromaschinen, ADV-Geräte und Einrichtungen	11242	47914	36672	10056	46295	36239
Br. Nr. 23	Strassenfahrzeuge	12027	37734	25707	8172	33525	25353
Br. Nr. 24	Wasserfahrzeuge	19083	25383	6300	18527	24741	6214
Br. Nr. 25	Luft- und Raumfahrzeuge	39674	59260	19586	39752	59144	19392
Br. Nr. 26	Elektrotechnische Erzeugnisse	177299	573826	396527	258356	649901	391546
Br. Nr. 27	Feinmechanische und optische Erzeugnisse	7873	13672	5798	7842	13563	5721
Br. Nr. 28	EBM-Waren	9123	46460	37337	13193	50066	36873
Br. Nr. 29	Musikinstrumente, Spielwaren, Sportgeräte	8757	9709	952	8434	9374	940
Br. Nr. 30	Holz	-1294	7939	9233	-1070	8056	9127
Br. Nr. 31	Holzwaren	-503	22556	23060	-169	22609	22778
Br. Nr. 32	Zellstoff, Holzschliff, Papier, Pappe	2949	6662	3714	3064	6729	3665
Br. Nr. 33	Papier- und Pappwaren	7601	18436	10835	8297	18995	10698
Br. Nr. 34	Erzeugnisse der Druckereien und Vervielfältigungen	21321	54243	32922	20663	53156	32493
Br. Nr. 35	Leder, Lederwaren, Schuhe	16100	16705	606	15491	16089	598
Br. Nr. 36	Textilien	56602	66718	10115	54722	64702	9980
Br. Nr. 37	Bekleidung	11512	12765	1253	11095	12332	1236
Br. Nr. 38	Nahrungsmittel (ohne Getränke)	12751	31364	18612	12489	30850	18360
Br. Nr. 39	Getränke	2780	6553	3773	2675	6398	3723
Br. Nr. 40	Tabakwaren	964	1445	481	940	1415	475
Br. Nr. 41	Hoch- und Tiefbauleistungen u. ae.	-123373	278431	401804	-118398	278202	396600
Br. Nr. 42	Ausbauleistungen	23261	246492	223230	20055	240396	220340
Br. Nr. 43	DI. des Grosshandels u. ae., Rückgewinnung	42774	301289	258515	60929	316252	255323
Br. Nr. 44	DI. des Einzelhandels	-1214	34309	35523	-377	34719	35096
Br. Nr. 45	DI. der Eisenbahnen	31102	77543	46441	30098	75941	45842
Br. Nr. 46	DI. der Schifffahrt, Wasserstraßen, Häfen	5242	15356	10114	5174	15153	9979
Br. Nr. 47	DI. des Postdienstes und Fernmeldewesens	25491	73249	47758	25409	72566	47157
Br. Nr. 48	DI. des sonstigen Verkehrs	55439	200780	145341	52147	195614	143467
Br. Nr. 49	DI. der Kreditinstitute	153302	234982	81681	155623	236377	80754
Br. Nr. 50	DI. der Versicherungen (ohne Sozialversicherungen)	-22794	44170	66965	-19726	46349	66074
Br. Nr. 52	Marktbestimmte DI. des Gastgewerbes und der Heime	42458	155143	112684	39665	150882	111217
Br. Nr. 53	DI. der Wissenschaft und Kultur und der Verlage	37594	147887	110293	35014	143805	108792
Br. Nr. 54	Marktbestimmte DI. des Gesundheits- und Veterinär	35740	49550	13811	38815	52439	13624
Br. Nr. 55	Sonstige marktbestimmte Dienstleistung	17330	864018	846687	8987	844760	835773
Br. Nr. 56	Dienstleistungen der Gebietskörperschaften	17518	99524	82007	17709	98668	80959
Br. Nr. 57	Dienstleistungen der Sozialversicherungen	70856	240531	169675	73616	240958	167342
Br. Nr. 58	Privaten Organisationen ohne Erwerbscharakter	29512	43361	13849	28509	42177	13668
	Summen	610414	7382004	6771590	672281	7354696	6682415
	Prozent des Basisszenario	9,01%			10,06%		

Am Beispiel des Szenarios A lässt sich in Tabelle 9 nachvollziehen, wie diese unterschiedlichen Beschäftigungseffekte in den verschiedenen Branchen durch Verschiebungen der Nachfrage nach den einzelnen Energietechnologien zustande kommen. Herausragend sind hierbei zum einen die Beschäftigungsverluste im Bereich des Betriebs von Atom- und Kohlekraftwerken und zum anderen die Beschäftigungsgewinne durch den Bau und Betrieb von Gaskraftwerken, Windenergie-, Solar- und Bioenergieanlagen, wie durch die Investitionen in Energieeinspartechnologien.

Tabelle 9: Beschäftigungseffekte des Ausstiegsszenarios A im Vergleich zum Trendszenario mit Kernenergie in Personenjahren im Zeitraum 2000–2025 (Produktivitäten des Jahres 1995) (Quelle: Hohmeyer et al. 2000, S. 55)

	Technologie	Nettoeffekte	Szenario A	Trendszenario	
Investitionskosten	Steinkohlekraftwerk	-107.707	0	107.707	
	Braunkohlekraftwerk	-67.678	0	67.678	
	Gas-GuD-Kraftwerk	109.165	171.745	62.580	
	Laufwasserkraftwerk	-128.782	53.010	181.792	
	Windenergiekonverter	297.138	394.364	97.226	
	Photovoltaikanlage	111.466	128.737	17.271	
	Biomassekraftwerk	76.195	91.781	15.586	
	Einspartechnologie	627.538	627.538	0	
Betriebskosten ex Brennstoff	Steinkohlekraftwerk	-192.192	500.457	692.648	
	Braunkohlekraftwerk	-223.217	455.941	679.159	
	Ölkraftwerk	2.590	8.874	6.284	
	Gas-GuD-Kraftwerk	183.574	314.686	131.111	
	Atomkraftwerk	-1.195.575	68.506	1.264.080	
	Laufwasserkraftwerk	-4.697	168.356	173.053	
	Windenergiekonverter	208.170	355.450	147.280	
	Photovoltaikanlage	3.393	4.129	736	
	Biomassekraftwerk	71.957	133.209	61.252	
Brennstoffkosten	Steinkohle	-57.037	479.957	536.994	
	Braunkohle	-436.745	899.421	1.336.166	
	Heizöl	5.192	17.540	12.348	
	Erdgas	472.795	810.155	337.359	
	Kernbrennstoff incl. Entsorgungskosten	-524.753	30.068	554.821	
	Biomasse (Holz)	337.943	625.607	287.664	
	Förderprogramm Energieeinsparung	39.149	39.149	0	
	Zusätzlicher Konsum	1003.323	1003.323	0	
	Gesamte Beschäftigungseffekte		611.204	7.381.999	6.770.795

Die erheblichen Arbeitsplatzverluste im Bereich des Baus und Betriebs konventioneller Kraftwerke, wie sie sich in den Berechnungen von Hohmeyer et al. 2000 für den beschleunigten Kernenergieausstieg mit Einhaltung der Klimaschutzziele gezeigt haben, machen deutlich, dass eine entsprechende Transformation, wie sie in noch sehr viel größerem Umfang von der Global Commission on

the Economy and Climate (S. 8f) vorgeschlagen wird, auch flankierende Strategien für die Sicherung der Beschäftigung in den negativ betroffenen Branchen erfordern.

Hohmeyer et al. (2000) sind in ihrer Studie zum beschleunigten Kernenergieausstieg in Deutschland auch dieser Frage nachgegangen und haben hierfür beispielhaft für die Betriebsmannschaften der Kernkraftwerke Stade, Biblis A und B sowie Isar I und II Vorschläge entwickelt (Hohmeyer et al. 2000, S. 70ff). Diese Vorschläge stellten stark darauf ab, neue Produktionsaktivitäten der expandierenden Branchen an den Standorten der Kernkraftwerke anzusiedeln und so direkt qualifizierte Beschäftigungsmöglichkeiten an diesen benachteiligten Standorten zu schaffen. Im Fall des Kernkraftwerks Stade wurde der Vorschlag entwickelt, hier Großkomponenten wie Rotorblätter, Türme oder Fundamente für Offshore Windenergieanlagen zu bauen (Hohmeyer et al. 2000, S. 84ff), da die Lage an der Unterelbe für diese sehr großen und schweren Komponenten sehr gute Voraussetzungen aufweist. Auch wenn diese Vorschläge von den politischen Vertretern der Gemeinde zunächst vehement zurückgewiesen wurden, so ist es nach der Stilllegung des KKW Stade zur Ansiedlung der Rotorblattfertigung der Firma Areva (ehemals Multibrid) gekommen, die heute über mehr Arbeitsplätze verfügt als das stillgelegte Kernkraftwerk.

Auch wenn die notwendige große Transformation der Wirtschaft und der Energieversorgung für den Klimaschutz unausweichlich ist und unter dem Strich ein erhebliches Plus an Beschäftigung und Wertschöpfung erbringen kann, so muss sie doch frühzeitig geplant und flankiert werden, um nicht im Bereich der Energiewirtschaft oder im Automobilbau zu erheblichen regionalen Arbeitsplatzeinbußen ohne entsprechende Kompensation zu führen. Eine frühzeitige Planung und Steuerung der notwendigen Umbauprozesse sowie klare und verlässliche politische Signale können die negativen Anpassungseffekte minimieren und den gesamtgesellschaftlichen Nutzen der Transformation maximieren.

Gelingt ein entsprechendes Politikdesign, das sowohl einen stetigen Aufbau der neuen Industrien und eine Konversion der nicht mehr benötigten bisherigen Wirtschaftsaktivitäten sicherstellt, bietet die notwendige Transformation sowohl im Bereich der Energienutzung und -gewinnung als auch im Bereich der städtischen Infrastrukturen erhebliche ökonomische Chancen und kann entsprechend der Einschätzung der Global Commission on the Economy and Climate (S. 10) zum Motor für ein nachhaltiges und klimaverträgliches Wachstum werden.

Wie auch der Vergleich der Entwicklung des globalen Bruttosozialprodukts mit und ohne Klimaschutz in Kapitel 4 gezeigt hat, ist ein entschiedener Klimaschutz, der die Einhaltung des Zwei-Grad-Limits sicherstellen kann, die beste Strategie, um in den nächsten Jahrzehnten ein Maximum an nachhaltigem Wachstum zu ermöglichen.

6. Literatur

- European Commission (Hrsg.) (1995): ExternE – Externalities of Energy. Volume 1: Summary. Compiled by ETSU, UK. EUR16520 EN. Luxemburg. Im Internet verfügbar unter: http://www.externe.info/externe_d7/sites/default/files/vol1c12.pdf
- Global Commission on the Economy and Climate Change (2014): *Better Growth – Better Climate. The New Climate Economy Report. The Synthesis Report*. Washington D.C. Heruntergeladen am 2.10.2014 von: <http://static.newclimateeconomy.report/TheNewClimateEconomyReport.pdf>
- Global Commission on the Economy and Climate Change (2014a): *Better Growth – Better Climate. The New Climate Economy Report. Energy*. Washington D.C. Heruntergeladen am 2.10.2014 von: <http://static.newclimateeconomy.report/TheNewClimateEconomyReport.pdf>
- Hamilton, K., M. Brahmabhatt, N. Bianco und J.M. Liu (2014): *Co-Benefits and Climate Action*. New Climate Economy contributing paper. World Resources Institute, Washington, DC. (Zitiert nach: Global Commission on the Economy and Climate).
- Hohmeyer, Olav und Michael Gärtner (1992): *The Costs of Climate Change*. Report to the Commission of the European Communities. Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung. Karlsruhe
- Hohmeyer, Olav, Roland Menges und Anton Schweiger (2000): *Arbeitsplatzeffekte einer integrierten Strategie für Klimaschutz und Atomausstieg in Deutschland*. Untersuchung im Auftrag von Greenpeace Deutschland. Universität Flensburg, Flensburg
- Hohmeyer, Olav (2005): Die Abschätzung der Kosten des anthropogenen Treibhauseffekts – Dominieren normative Setzungen die Ergebnisse? In: *Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung*, 74(2005), 2, S. 164-168
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (1996): *Climate Change 1995 – Economic and Social Dimensions of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [J.P. Bruce, H. Lee, E.F. Haites (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/ipccreports/sar/wg_III/ipcc_sar_wg_III_full_report.pdf
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001): *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, R. Swart, J. Pan], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Heruntergeladen am 10.3.2012 von: http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg3/index.htm
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007): Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Heruntergeladen am 10.3.2012 von: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-spm.pdf>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2013): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cam-

- bridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. Heruntergeladen am 15.2.2014 von: http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Frontmatter_FINAL.pdf
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2014): *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* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Heruntergeladen am 30.12.2014 von: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2014a): *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Heruntergeladen am 30.12.2014 von: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf
- Kuik, O., L. Brander und R.S.J. Tol (2009): Marginal Abatement Costs of Greenhouse Gas Emissions. A Meta-Analysis. *Energy Policy* 37, S. 1395-1403
- Nestle, Ingrid (2010): *The Cost of Climate Change in the Agricultural Sector – A Comparison of Two Calculating Approaches*. Doktorarbeit an der Universität Flensburg. Flensburg
- O'Sullivan, Marlene, Dietmar Edler, Peter Bickel, Ulrike Lehr, Frank Peter und Fabian Sakowski (2014): *Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2014 – Eine erste Abschätzung – Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb – heute und morgen, dritter Bericht zur Bruttobeschäftigung*. Heruntergeladen am 2.10.2014 von: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/B/bericht-zur-bruttobeschaeftigung-durch-erneuerbare-energien-jahr-2013.property%3Dpdf.bereich%3Dbmwi2012.sprache%3Dde.rwb%3Dtrue.pdf>
- Rabl, Ari (1999): Discounting of Long Term Costs: What Would Future Generations Prefer Us to Do? In: *Olav Hohmeyer und Klaus Rennings (Hrsg.): Man-Made Climate Change. Economic Aspects and Policy Options*. Heidelberg
- Umweltbundesamt (UBA) (2007): *Ökonomische Bewertung von Umweltschäden – Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten*. Berlin
- Umweltbundesamt (UBA) (2012): *Ökonomische Bewertung von Umweltschäden – Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten*. Berlin
- Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2014): *Best-Practice Kostenansätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung. Anhang B der „Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten“*. Autoren: Sylvia Schwermer, Phillip Pries und Wolf Müller. Berlin (ursprüngliche Fassung 2012), Aktualisierte Fassung vom Februar 2014
- United Nations (UN) (2014): *The Universal Declaration of Human Rights*. Full Text. Heruntergeladen am 2.1.2015 von: <http://www.un.org/en/documents/udhr/index.shtml>

- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2011): *Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine große Transformation*. Hauptgutachten. Berlin 2011
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2014): *Klimaschutz als Weltbürgerbewegung*. Sondergutachten. Berlin 2014
- Wille, V. und R. Friedrich (2012): *Sachstandspapier zu Treibhausgasen und Klimawandel*. Sachstandspapier im Rahmen des Vorhabens „Schätzung Externer Umweltkosten und Vorschläge zur Kosteninternalisierung in ausgewählten Politikfeldern“. Umweltbundesamt, Forschungsprojekte FKZ 3708 14 101, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart
- Wirtschaftskammer Österreich (2014): *Wechselkurs: EUR (bis 1998: ATS) je Dollar*. Heruntergeladen am 15.9.2014 von: <http://wko.at/statistik/widat/wechselkurs.pdf>
- World Bank (2014): *World Development Indicators Database. 1 July 2011. Gross domestic product 2010*. Heruntergeladen am 15.9.2014 von: siteresources.worldbank.org

Sie fanden diese Publikation interessant?

Wir stellen unsere Veröffentlichungen zum Selbstkostenpreis zur Verfügung, zum Teil auch unentgeltlich. Für unsere weitere Arbeit sind wir jedoch auf Spenden und Mitgliedsbeiträge angewiesen.

Spendenkonto: BIC/Swift: BFSWDE33BER, IBAN: DE33 1002 0500 0003 212300

Spenden per SMS: Stichwort „Weitblick“ an 8 11 90 senden und 5 Euro spenden.

Mitgliedschaft: Werden Sie Fördermitglied (Mindestbeitrag 60 Euro/Jahr) oder stimmberechtigtes Mitglied (ab 150 Euro/Jahr, Studierende ab 120 Euro/Jahr) bei Germanwatch. Weitere Informationen und das Anmeldeformular finden Sie auf unserer Website unter:

www.germanwatch.org/de/mitglied-werden

Wir schicken Ihnen das Anmeldeformular auf Anfrage auch gern postalisch zu:
Telefon: 0228/604920, E-Mail: info@germanwatch.org

Germanwatch

„Hinsehen, Analysieren, Einmischen“ – unter diesem Motto engagiert sich Germanwatch für globale Gerechtigkeit und den Erhalt der Lebensgrundlagen und konzentriert sich dabei auf die Politik und Wirtschaft des Nordens mit ihren weltweiten Auswirkungen. Die Lage der besonders benachteiligten Menschen im Süden bildet den Ausgangspunkt unseres Einsatzes für eine nachhaltige Entwicklung.

Unsere Arbeitsschwerpunkte sind Klimaschutz & Anpassung, Welternährung, Unternehmensverantwortung, Bildung für Nachhaltige Entwicklung sowie Finanzierung für Klima & Entwicklung/Ernährung. Zentrale Elemente unserer Arbeitsweise sind der gezielte Dialog mit Politik und Wirtschaft, wissenschaftsbasierte Analysen, Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit sowie Kampagnen.

Germanwatch finanziert sich aus Mitgliedsbeiträgen, Spenden und Zuschüssen der Stiftung Zukunftsfähigkeit sowie aus Projektmitteln öffentlicher und privater Zuschussgeber.

Möchten Sie die Arbeit von Germanwatch unterstützen? Wir sind hierfür auf Spenden und Beiträge von Mitgliedern und Förderern angewiesen. Spenden und Mitgliedsbeiträge sind steuerlich absetzbar.

Bankverbindung / Spendenkonto:

Bank für Sozialwirtschaft AG,
IBAN: DE33 1002 0500 0003 2123 00,
BIC/Swift: BFSWDE33BER

Weitere Informationen erhalten Sie unter **www.germanwatch.org** oder bei einem unserer beiden Büros:

Germanwatch – Büro Bonn

Dr. Werner-Schuster-Haus
Kaiserstr. 201, D-53113 Bonn
Telefon +49 (0)228 / 60492-0, Fax -19

Germanwatch – Büro Berlin

Stresemannstr. 72, D-10963 Berlin
Telefon +49 (0)30 / 2888 356-0, Fax -1

E-Mail: info@germanwatch.org

Internet: www.germanwatch.org



Hinsehen. Analysieren. Einmischen.

Für globale Gerechtigkeit und den Erhalt der Lebensgrundlagen.