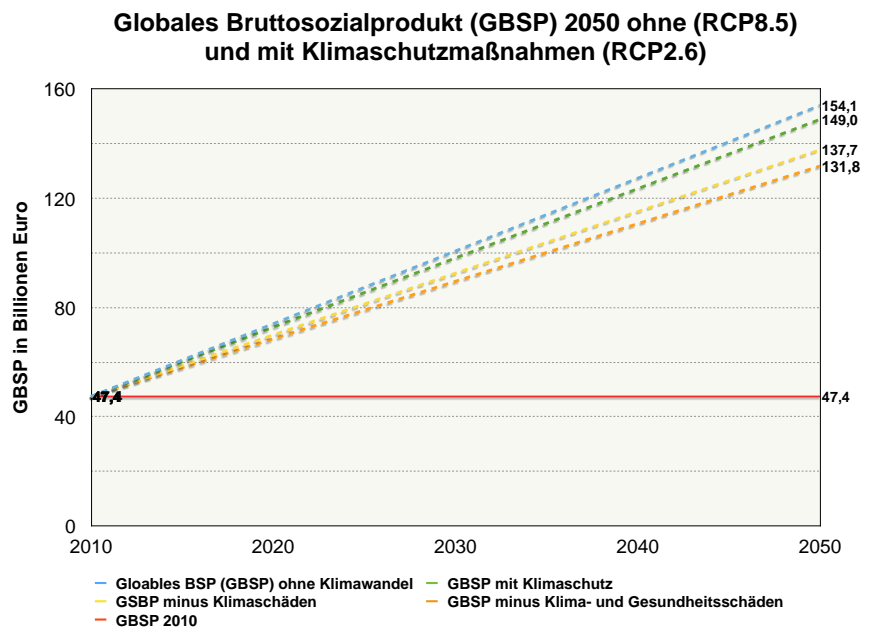


ZENTRUM FÜR NACHHALTIGE ENERGIESYSTEME (ZNES)
Abteilung Systemintegration

Nutzen des Klimaschutzes

Warum der 5. Sachstandsbericht des IPCC zu kurz greift



Gutachten im Auftrag von GERMANWATCH e.V.

Januar, 2015

Autor: Prof. Dr. Olav Hohmeyer

Europa-Universität Flensburg
Zentrum für nachhaltige Energiesysteme (ZNES)
Energie- und Umweltmanagement
Interdisziplinäres Institut für Umwelt-, Sozial- und Humanwissenschaften
Munketoft 3b
24937 Flensburg
Internet: www.znes-flensburg.de

Flensburg, Januar 2015

Diskussionsbeiträge 6
ISSN: 2192-4597 (Internetversion)

0 Inhalt

0 Inhalt	1
1 Executive Summary	2
1.1 Das Problem	2
1.2 Ziel dieses Diskussionspapiers	3
1.3 Ergebnisse der Untersuchung	3
1.4 Handlungsempfehlung	5
2 Ergebnisse des IPCC zu den Kosten des Klimaschutzes	6
2.1 Die vom IPCC verwendeten Emissionsszenarien	6
2.2 Kosten der Reduktion von Treibhausgasemissionen	10
2.3 Kosten der Anpassung an Klimaveränderungen	14
2.4 Monetarisierter Nutzen des Klimaschutzes	15
3 Wie kann der Nutzen des Klimaschutzes monetarisiert werden?	17
4 Vergleich der Kosten und Nutzen des Klimaschutzes	22
4.1 Vergleich der Klimaschutzkosten mit den direkten Klimaschutznutzen	22
4.2 Indirekte Klimaschutznutzen	25
5 Die notwendige Transformation zu einschneidendem Klimaschutz	26
5.1 Wichtige Elemente der Transformation	27
5.2 Ökonomische Chancen der Transformation	28
6 Literatur	34

1 Executive Summary

Im Herbst 2013 und Frühjahr 2014 hat das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) die ersten drei Teilberichte seines fünften großen Sachstandsbericht vorgelegt. Hierin berichtet das IPCC über den neusten Stand der Wissenschaft zu vier 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. Im Bericht der Arbeitsgruppen II des IPCC werden die neusten Erkenntnisse über die Auswirkungen der vom Menschen verursachten Klimaveränderungen in den verschiedensten Lebensbereichen und Weltregionen sowie die Möglichkeiten referiert, durch gezielte Anpassungsmaßnahmen die Auswirkungen des Klimawandels abzumildern (IPCC 2014). Im Bericht der Arbeitsgruppe III wird der neuste 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). Im Herbst 2014 wurde die Zusammenfassung aller drei Berichte in einem sogenannten Synthesebericht vom Plenum des IPCC verabschiedet.

In der Quintessenz weist der neue IPCC Bericht darauf hin, dass sich die Menschheit mit großen Schritten dem Punkt nähert, ab dem es fast unmöglich wird, den Klimawandel so weit zu begrenzen, dass katastrophale Auswirkungen noch vermieden werden können (IPCC 2013, S.19). Der Bericht unterstreicht die dringende Notwendigkeit für einschneidende globale Reduktionen der vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen (IPCC 2013, S.27f).

1.1 Das Problem

Obwohl sich die Autoren der drei Teilberichte des 5. Sachstandsberichts aufrichtig bemühen, den neusten Stand der Wissenschaft zu der von ihnen bearbeiteten Teilfrage zusammenzutragen und konzentriert darzustellen, bekommt das vermittelte Gesamtbild des Klimaproblems durch eine wesentliche Auslassung eine erhebliche Schiefelage. Diese rührt aus den durch das Plenum des IPCC festgelegten inhaltlichen Strukturen 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, werden die Nutzen des Klimaschutzes durch vermiedene schwerwiegende Auswirkungen des Klimawandels von der Arbeitsgruppe II 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 auch schon im vierten Sachstandsbericht des IPCC entsteht so leicht der Eindruck, dass Klimaschutz x% Wachstum kostet und auch die Anpassung an Klimaveränderungen zu hohen volkswirtschaftlichen Kosten führen wird und diese Kosten die nicht näher bezifferten Nutzen des Klimaschutzes deutlich übersteigen. Dieser Eindruck ist definitiv falsch und sollte in keinem Fall entstehen, da er dazu führen kann, dass Politiker nicht entschieden handeln, um den Klimawandel einzudämmen und auch erhebliche Teile der Öffentlichkeit nicht von der Notwendigkeit des Klimaschutzes überzeugt werden können.

1.2 Ziel dieses Diskussionspapiers

Es ist das Ziel dieses Diskussionsbeitrags aufzuzeigen, dass es möglich ist, trotz der erheblichen Unsicherheiten bei der monetären Abschätzung der Nutzen des Klimaschutzes, diesen zu beziffern und den Kosten des Klimaschutzes gegenüberzustellen.

Dabei wird nicht verkannt, dass die Monetarisierung der Nutzen des Klimaschutzes viele qualitative Aspekte der vom IPCC zusammengetragenen Informationen über die verschiedenen Folgeschäden des Klimawandels nicht erfassen kann. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die unausweichlich in die Monetarisierung einfließenden gesellschaftlichen Werturteile zu einer großen Bandbreite monetärer Ergebnisse für den selben Schaden führen können.

Da weder die allgemeine Öffentlichkeit noch die handelnden Politiker komplexe qualitative Information verarbeiten und mit einfachen monetären Ergebnissen vergleichen, ist eine monetäre Bewertung möglicher Klimaschäden notwendig. Nur im direkten Vergleich der Kosten des Klimaschutzes mit den durch diesen Klimaschutz vermeidbaren Klimaschadenskosten wird diesen Betrachtern klar, dass sich auch ein anspruchsvoller Klimaschutz, der die schwerwiegendsten Klimafolgen vermeidet, volkswirtschaftlich rechnet. Erst im direkten monetären Vergleich zeigt sich, dass einer Einbuße von wenigen Prozent Wirtschaftswachstum durch die Ausgaben für Klimaschutz ein deutlich höherer Nutzen durch vermiedene Klimaschäden gegenüber steht.

1.3 Ergebnisse der Untersuchung

Die Untersuchung zeigt, dass es bei einer Einigung über grundlegende Werturteile möglich ist, den monetären Nutzen eines entschiedenen Klimaschutzes genau so gut abzuschätzen, wie die Kosten der erforderlichen Klimaschutzmaßnahmen. Für Deutschland liegt mit der Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten (UBA 2012) ein wissenschaftlich sehr gut fundierter Vorschlag für die notwendigen Werturteile vor, der die in der deutschen und westeuropäischen Gesellschaft vorherrschenden Vorstellungen mit dem Gleichheitsgrundsatz der UN-Menschenrechtskonvention zusammenführt und hieraus entsprechende Klimaschadenskosten für einen ungebremsten Klimawandel ableitet. Für das Jahr 2050 kommt das Umweltbundesamt zu einem mittleren Wert von 260 €₂₀₁₀/tCO_{2eq}, während die in der kürzeren Frist bis 2030 entstehenden Klimaschadenskosten auf ca. 145 €₂₀₁₀/tCO_{2eq} veranschlagt werden (UBA 2014, S.7).

Auf der Basis der 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 entschiedener Klimaschutz, der das 2°C-Limit einhält (entsprechend dem Szenario RCP2.6), Klimafolgeschäden in Höhe von ca. 16 Billionen Euro verhindern. Nach Angaben der Arbeitsgruppe III des IPCC kostet eine solche Klimaschutzstrategie etwa 5 Billionen Euro (berechnet aus den Angaben des IPCC, IPCC 2014a, S.47).

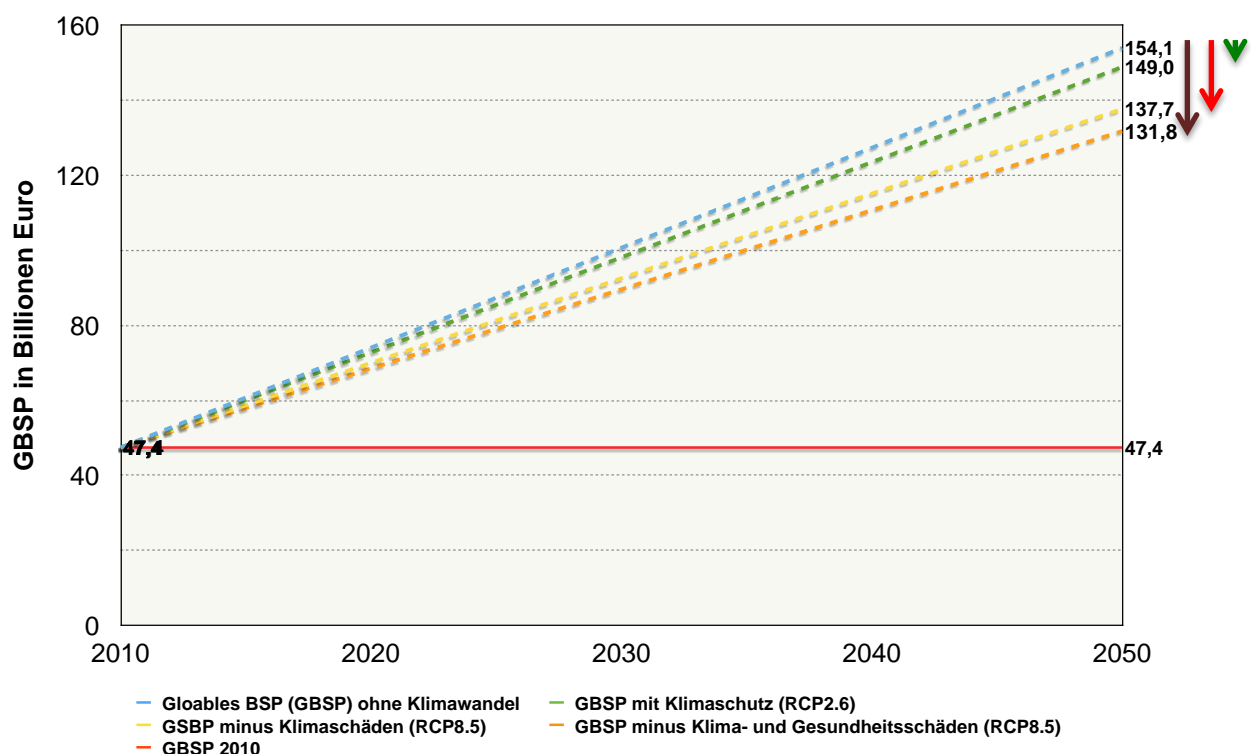
Wie Abbildung 1 zeigt, ordnen sich die von der Arbeitsgruppe III des IPCC ausgewiesenen Kosten für einen durchgreifenden Klimaschutz in eine Wirtschaftsentwicklung ein, die bis zum Jahr 2050 ohne jeden Klimawandel ein Weltbruttosozialprodukt von ca. 154 Billionen Euro erwarten ließe. Durch die notwendigen Klimaschutzmaßnahmen zur Einhaltung des 2°C-Limits reduziert sich dieses hypothetische globale Bruttosozialprodukt (GBSP) auf ca. 149 Billionen Euro. Verzichtet man auf diese Klimaschutzmaßnahmen reduziert sich das GBSP knapp 138 Billionen Euro aufgrund der

auftretenden Klimafolgeschäden. Zieht man zusätzlich ins Kalkül, dass ohne die Klimaschutzmaßnahmen erhebliche zusätzliche Schäden besonders durch die Emissionen von Luftschadstoffen auftreten, so ist ohne Klimaschutz mit weiteren Umwelt- und Gesundheitskosten von knapp 6 Billionen Euro zu rechnen. Das GBSP liegt ohne Klimaschutz 2050 damit nur bei ca. 132 Billionen Euro und damit um mehr als 10% unter dem GBSP bei konsequentem Klimaschutz. Hierbei ist eine eventuelle Erhöhung des Bruttosozialprodukts durch die Reparatur von Klimaschäden berücksichtigt.

Aus der Perspektive europäischer Wertvorstellungen und auf der 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.

Abbildung 1: Entwicklung des globalen Bruttosozialprodukts mit und ohne Klimaschutz (Eigene Berechnungen auf der Basis IPCC 2014a und UBA 2012)

Globales Bruttosozialprodukt (GBSP) 2050 ohne (RCP8.5) und mit Klimaschutzmaßnahmen (RCP2.6)



Die Einhaltung des 2°C-Limits zur Vermeidung katastrophaler Auswirkungen des vom Menschen verursachten Klimawandels erfordert schnelles und entschiedenes Handeln. Wirkungsvoller Klimaschutz bedarf einer grundlegenden Transformation unserer Wirtschaftsweise besonders in drei Teilbereichen, 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.

Entschiedener Klimaschutz rechnet sich nicht nur, sondern er kann auch zum entscheidenden Wachstumsmotor der Zukunft werden. Durchgreifender Klimaschutz ist mit Sicherheit eine der lohnendsten Investition in unsere Zukunft.

1.4 Handlungsempfehlung

Aus den Ergebnissen der Untersuchung ergibt sich, dass neben humanitären und moralischen Gründen auch ökonomischen Gründe dafür sprechen, so schnell wie möglich eine entschiedene Klimaschutzstrategie umzusetzen, um extremen ökonomischen Schaden abzuwenden und alles daran zu setzen, das von der Weltgemeinschaft beschlossene 2°C-Limit zu erreichen. Das vom IPCC entwickelte Szenario RCP2.6 und die damit verbundenen bis zum Jahr 2100 noch möglichen Emissionsmengen von ca. 290 Gt C_{eq} (IPCC 2013, S.103) können und müssen somit zur Grundlage aller weiteren Klimapolitik gemacht werden.

Vor diesem Hintergrund gilt es möglichst rasch wirkungsvolle Maßnahmen zur durchgreifenden Reduktion der weltweiten Treibhausgasemissionen zu ergreifen und die sich bietenden wirtschaftlichen und technologischen Chancen einer grundlegenden Transformation der Weltwirtschaft zu nutzen, um die notwendigen Emissionsreduktionen 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 großes Emissionsreduktionspotential aufweisen.

2 Ergebnisse des IPCC zu den Kosten des Klimaschutzes

Im Folgenden soll zunächst zusammengefasst werden, welche Kosten des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel der 5. Sachstandsbericht des IPCC berichtet. Darüber hinaus wird thematisiert, wie der 5. Sachstandsbericht über die zu erwartenden Klimaschäden diskutiert.

2.1 Die vom IPCC verwendeten Emissionsszenarien

Das 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} gelegen hat, 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 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 das IPCC einen Satz von Emissionsszenarien definiert, die allen Analysen des 5. 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 bezeichnet, 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 RCP 2,6 bis RCP 8,5. 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 das 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 noch 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.

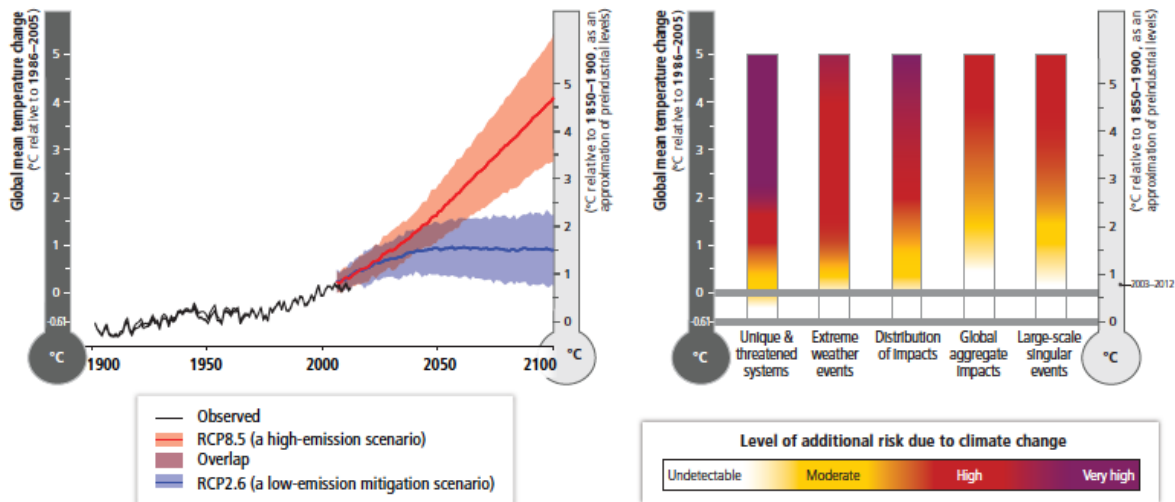
Tabelle 1: Wichtigste Charakteristika der Szenarien des IPCC nach Treibhausgaskonzentrationsniveaus (IPCC 2014a, S.54)

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) ^{5,6}										
			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					
	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	Unlikely			
(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 likely than not	
>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	More unlikely than likely
																	Unlikely ¹¹

Notes:

- 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.
- 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.
- 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].
- 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).
- The assessment in WGIII 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 WGIII AR5 scenario database here).
- Temperature change is reported for the year 2100, which is not directly comparable to the equilibrium warming reported in WGIII AR4 [Table 3.5, Chapter 3; see also WGIII 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].
- 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].
- The assessment in this table is based on the probabilities calculated for the full ensemble of scenarios in WGIII 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.
- 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).
- The vast majority of scenarios in this category overshoot the category boundary of 480 ppm CO₂eq concentrations.
- 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.
- 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.

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



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]

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.

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)

Climate-related drivers of impacts										Level of risk & potential for adaptation	
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>	<p>• Adaptation options include managing land use (including deforestation), fire and other disturbances, and non-climatic stressors.</p>					<p>Present</p> <p>Near term (2030–2040)</p> <p>Long term 2°C (2080–2100)</p> <p>4°C</p>	<p>Very low</p> <p>Medium</p> <p>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>	<p>• There are few adaptation options in the Arctic.</p>					<p>Present</p> <p>Near term (2030–2040)</p> <p>Long term 2°C (2080–2100)</p> <p>4°C</p>	<p>Very low</p> <p>Medium</p> <p>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>	<p>• Policy and market measures can reduce deforestation and fire.</p>					<p>Present</p> <p>Near term (2030–2040)</p> <p>Long term 2°C (2080–2100)</p> <p>4°C</p>	<p>Very low</p> <p>Medium</p> <p>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>	<p>• 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>					<p>Present</p> <p>Near term (2030–2040)</p> <p>Long term 2°C (2080–2100)</p> <p>4°C</p>	<p>Very low</p> <p>Medium</p> <p>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>	<p>• Evidence for differential resistance and evolutionary adaptation of some species exists, but they are likely to be limited at higher CO₂ concentrations and temperatures.</p> <p>• 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>					<p>Present</p> <p>Near term (2030–2040)</p> <p>Long term 2°C (2080–2100)</p> <p>4°C</p>	<p>Very low</p> <p>Medium</p> <p>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>	<p>• Adaptation options are limited to reducing other stresses, mainly pollution, and limiting pressures from coastal human activities such as tourism and fishing.</p>					<p>Present</p> <p>Near term (2030–2040)</p> <p>Long term 2°C (2080–2100)</p> <p>4°C</p>	<p>Very low</p> <p>Medium</p> <p>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.

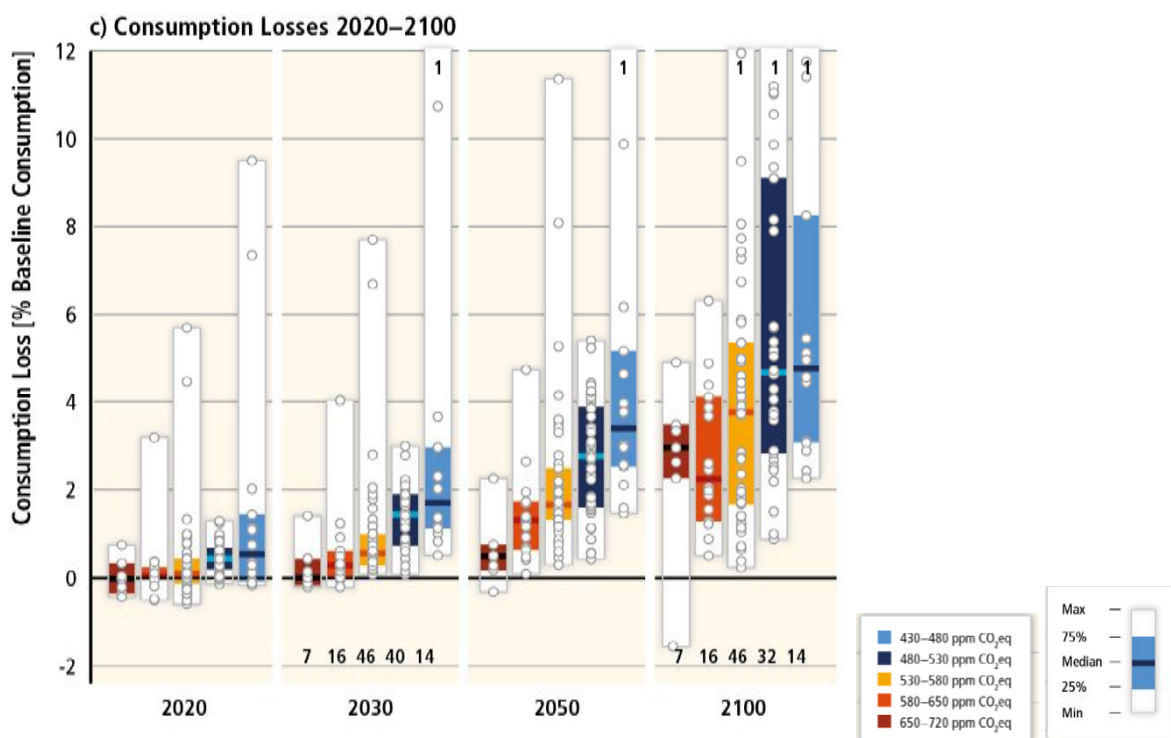
2.2 Kosten der Reduktion von Treibhausgasemissionen

Das 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 Reduktion 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 das 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 ppmCO_{2eq} in den Jahren 2030, 2050 und 2100, sehr viel höher als die Kosten sehr moderater Klimaschutzstrategien, die lediglich eine Treibhausgaskonzentration von 650-720 ppmCO_{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 berichtet das IPCC in seinem Bericht die Kosten nach drei verschiedenen Metriken (Reduktion im Bruttoinlandsprodukt (BIP), Reduktion des möglichen Konsums und Vermeidungskosten). Diese werden jeweils als Prozentsatz des BIP des Bezugsjahres ausgedrückt. Abbildung 4 zeigt die Konsumreduktionen gegenüber dem Basisszenario ohne Klimaschutz durch sechs verschiedene Klimaschutzenszenarien.

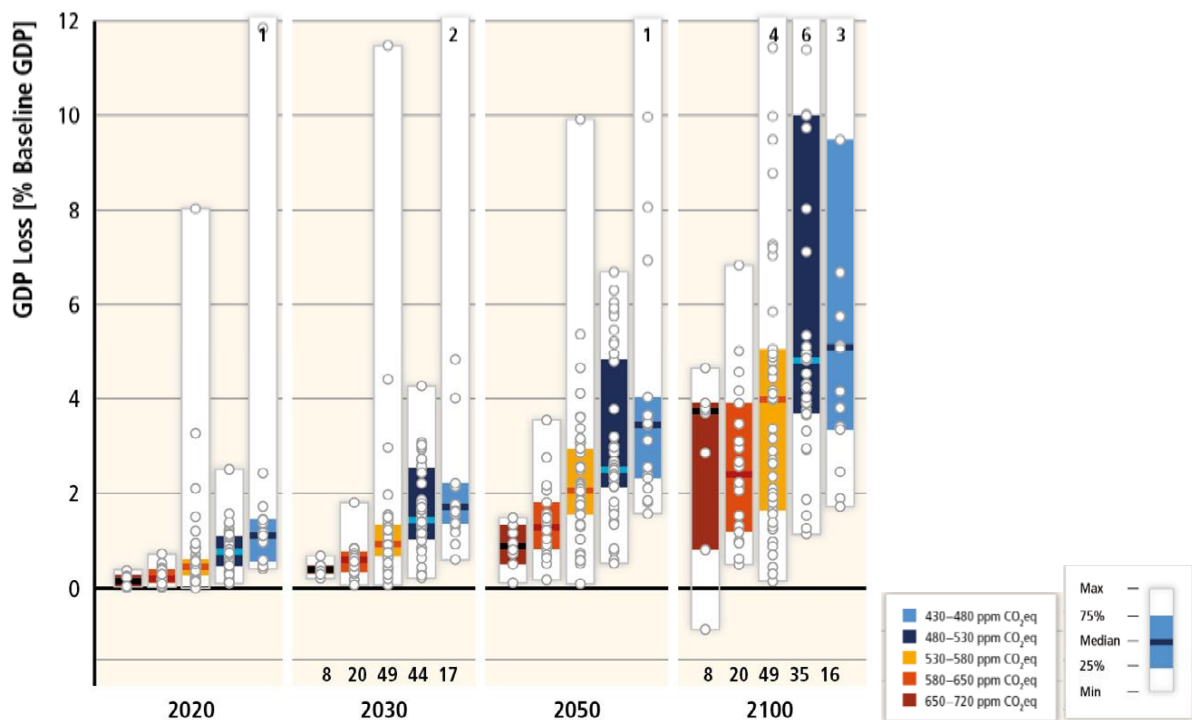
Abbildung 4: Klimaschutzkosten verschiedener Szenarien gemessen als prozentuale Konsumreduktion gegenüber einem Basisszenario ohne Klimaschutz (IPCC 2014a, S.450) Die Zahl unter den Balken ist die Zahl der jeweils einbezogenen Szenarien. Die Zahl an der Spitze der Balken zeigt die Zahl der Szenarien außerhalb des angegebenen Bereichs.



Szenarien, die zu einer Begrenzung der Treibhausgaskonzentrationen im Bereich von 430-480 ppmCO_{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.

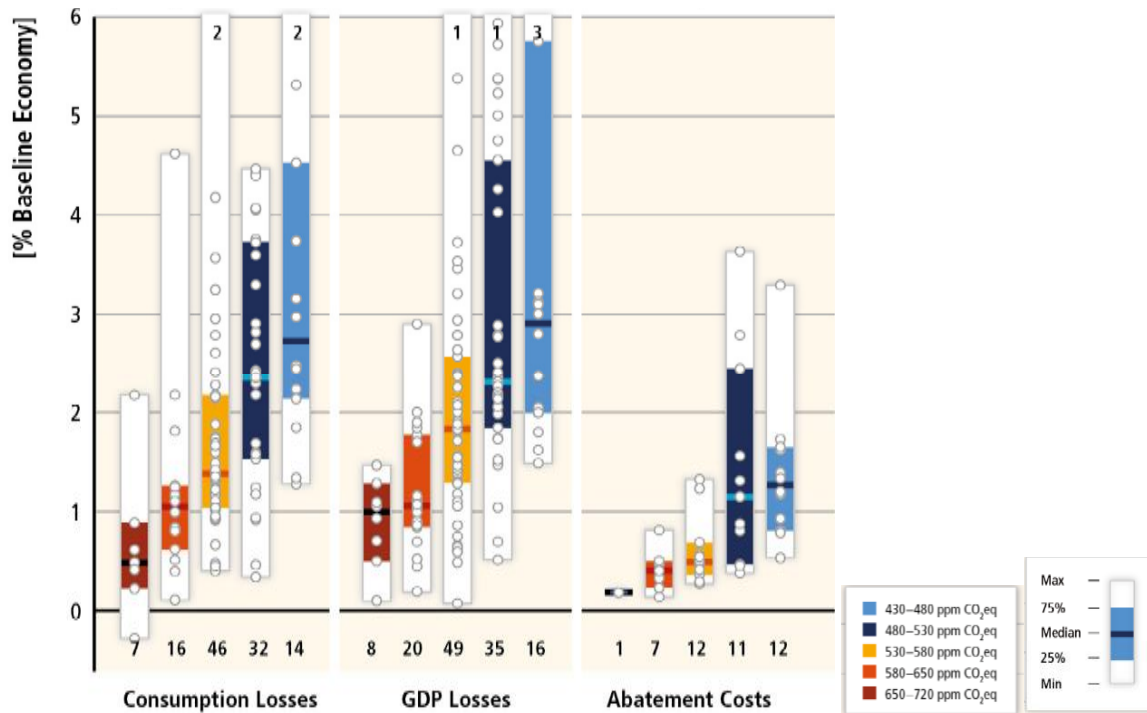
Abbildung 5: Klimaschutzkosten verschiedener Szenarien gemessen als prozentuale Reduktion des Bruttoinlandsprodukts gegenüber einem Basisszenario ohne Klimaschutz (IPCC 2014a, S.450) Die Zahl unter den Balken ist die Zahl der jeweils einbezogenen Szenarien. Die Zahl an der Spitze der Balken zeigt die Zahl 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 Reduktionen im Bereich des Konsums ganz ähnlich liegen, wie die Reduktionen 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). Die Autoren des IPCC Berichts weisen darauf hin, dass die verwendeten Modelle bei der Berechnung der Reduktion 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 Reduktion des Konsums bis zum Jahr 2050 um 2-6% ordnet sich so in einen gesamt auf 200 bis 450% gewachsenen Konsum ein, der

sich durch einschneidende Klimaschutzmaßnahmen zur Sicherstellung des 2°C-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 Diskontierungszinssatz von 5%) gemessen als Konsumreduktion, Reduktion des BIP und als Emissionsreduktionskosten (IPCC 2014a, S.450)

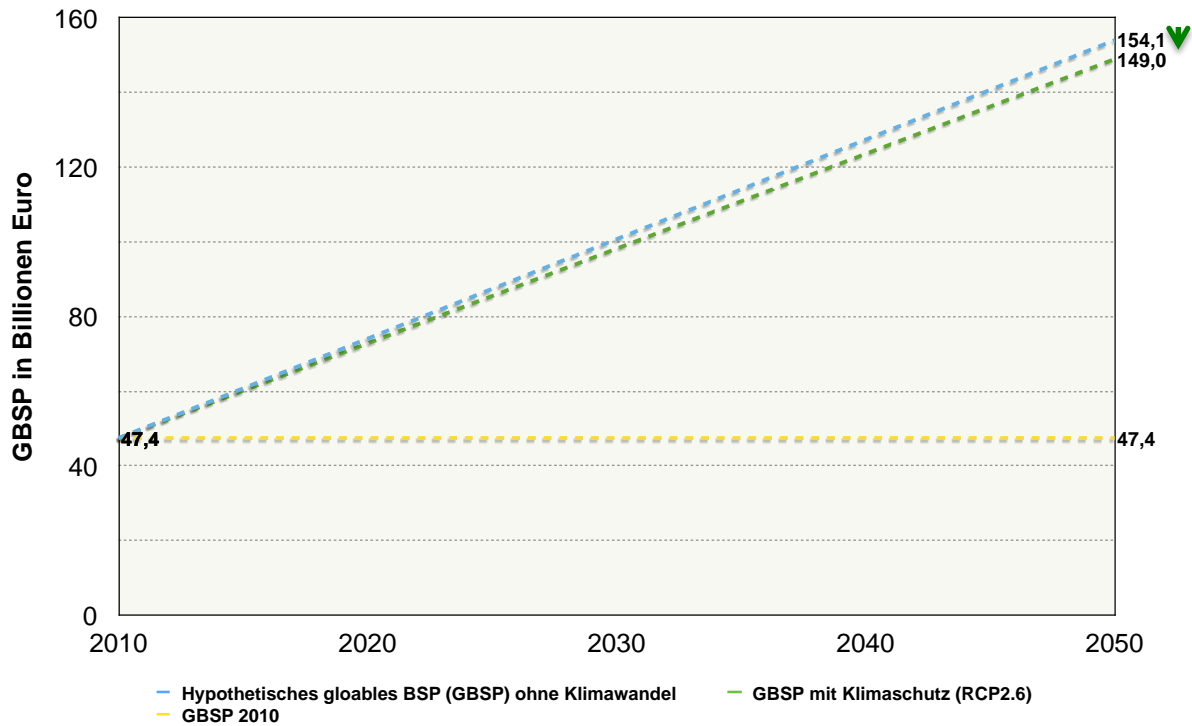


Wie Abbildung 7 veranschaulicht, vermittelt der Bericht der Arbeitsgruppe III den Eindruck, dass durchgreifender Klimaschutz (mit einer Stabilisierungskonzentration von 430 – 480 ppm CO_{2eq}) hohe volkswirtschaftliche Kosten verursacht und ein moderater Klimaschutz (650 – 720 ppm CO_{2eq}) zu sehr viel 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 Klimaschadenskosten beziffert werden, die im Fall eines fehlenden Klimaschutzes entstehen. 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 Bruttonutzenprodukts bis 2050 mit (RCP2.6) und ohne Klimaschutzmaßnahmen (RCP8.5) nach IPCC 2014a (eigene Berechnungen auf der Basis IPCC WG III 2014)



2.3 Kosten der Anpassung an Klimaveränderungen

Im Kapitel des Berichts der Arbeitsgruppe II des IPCC zur Frage der Wirtschaftlichkeit von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel (IPCC 2014, S. 944-966) werden die Ergebnisse unterschiedlicher Studien zusammengetragen, 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)

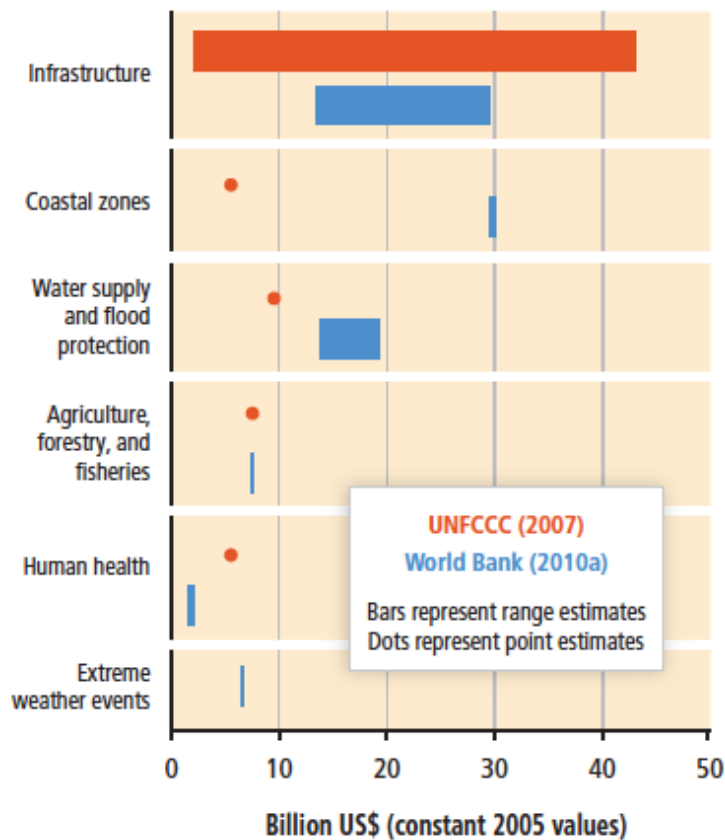
Study	Results (billion US\$ per year)	Time frame	Sectors	Methodology and comments
World Bank (2006)	9–41	Present	Unspecified	Cost of climate proofing foreign direct investments, gross domestic investments, and Official Development Assistance
Stem (2007)	4–37	Present	Unspecified	Update of World Bank (2006)
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 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 amerikanischen Sprachgebrauch entspricht eine ‚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 Autoren auf die Position zurück, dass eine Würdigung der Schäden durch den Klimawandel über eine ökonomische Bewertung hinausgehen muss und entwickeln Entscheidungsunterstützungsstrategien (decision support), die komplexe Entscheidungen unter Unsicherheit unterstützen sollen (vgl. IPCC 2014, S. 195-217). Zu möglichen Schadenskosten werden im Bericht nur vereinzelt Zahlen genannt. In der Summary for Policy Makers 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 Autoren der Arbeitsgruppe II aufgrund der schwierigen Datenlage und der notwendigen Werturteile im Prinzip zugestimmt werden muss, so führt diese Vorgehensweise doch dazu, dass dem Leser der einzelnen IPCC Berichte auf der einen Seite hohe Kosten für den Klimaschutz präsentiert werden, während er auf der anderen Seite extrem niedrige Schadenskosten vorgesetzt bekommt, 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 bekommen. Schadenskosten müsste sich der 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 könnte er nur einen zufälligen, eher kleinen, 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. Im Kapitel 10 (Key Economic Sectors and Services), das die Frage der monetarisierten Schäden behandelt, fällt auf, dass einer der koordinierenden Leitautoren (Richard Tol) seit Jahren dafür bekannt ist, dass er versucht, die Schadenskosten des Klimawandels klein zu rechnen. Ihm wurde 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 richtungweisenden Arbeiten in diesem Bereich im Bericht und der Datenbank nicht auf, die vom Umweltbundesamt veröffentlicht worden ist und eine systematische Möglichkeit zur Abschätzung der Klimaschadenskosten auf der Basis eines breiten wissenschaftlichen Konsensprozesses anbietet (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), welche die Ergebnisse einer relativ großen Zahl verschiedener Studien zusammenfasst und die Variation der durchschnittlichen Schadenskostenschätzungen über die zu Grunde gelegten Zeitpräferenzraten (0, 1 und 3%) angibt. Diese Tabelle ist hier als Tabelle 3 wiedergegeben. Allerdings ist nicht nachvollziehbar, welche Treibhausgaskonzentrationsänderungen 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 \$/tC, während sie bei einer Rate von 3% auf 40 \$/tC sinken. Die Arbeitsgruppe merkt selbst an, dass verschiedene Untersuchungen zeigen, dass die Ergebnisse mit dem angenommenen Bevölkerungswachstum um Faktor 2, mit Einbeziehung von Unsicherheit um Faktor 3 und um wenigstens 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\$/tC 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 gravierenden 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 im 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. Der Leser ist somit mit den Ergebnissen der Arbeitsgruppe III konfrontiert, ohne diese in einen sinnvollen ökonomischen Zusammenhang einordnen zu können.

3 Wie kann der Nutzen des Klimaschutzes monetarisiert werden?

Wie bereits in Kapitel 2 angesprochen, ist es schwierig, die Nutzen des Klimaschutzes zu monetarisieren, da dies eine Bewertung der vermiedenen Klimaschadenskosten voraussetzt, 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 vermiedenem 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 fernerer Zukunft auftreten, stellt sich die Frage wie der Verlust von Menschenleben 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 kann ein wohlhabender Bürger in einem Industrieland auf die durch den Klimawandel steigende Lebensmittelknappheit einfach dadurch reagieren, dass er einen etwas größeren Teil seines Einkommens für die teurer gewordenen Lebensmittel ausgibt. Ein Subsistenzfarmer in der Sahel kann auf den Ausfall seiner Ernte durch den Klimawandel nicht dadurch reagieren, dass er einfach die jetzt teuer zu kaufenden Lebensmittel, die er vorher selbst für den Lebensunterhalt seiner Familie erzeugt hat, auf dem Markt einkauft. Der Ernteausschlag führt nicht nur dazu, dass er keine Lebensmittel mehr produzieren kann, er verfügt auch über kein Einkommen, um seine Familie mit gekauften Lebensmitteln zu ernähren. Ein Ernteausschlag kann daher im ersten Fall bedeuten, dass ein Bauer in den USA geringere Getreidemengen produziert und dieser Ausschlag nur teilweise über die gestiegenen Getreidepreise ausgeglichen wird, die von den Konsumenten in den USA bezahlt werden müssen, oder dass ein Bauer und seine Familie in der Sahel aufgrund von Missernten durch Klimawandel hungern oder gar verhungern müssen. An dieser Stelle stellt sich die Frage, ob man Ernteausschläge 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 Bewertung von Klimaschäden mit einzubeziehen, steht man vor der nächsten Wertentscheidung. 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 vornimmt. Hier wird gefragt, wie viel der Betroffene zu zahlen bereit wäre, um diesen Todesfall 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 zu Grunde legen können. Geht man so vor, wird ein Todesfall in Folge des globalen Klimawandels in der Sahel 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 man einen lokal bezifferten Schaden mit dem Kehrwert des Verhältnisses des lokalen Durchschnittseinkommen gewichten (multiplizieren). Im Fall eines Bürgers der Sahelzone liegt dieses Verhältnis etwa bei 1/0,02, so dass der lokal bezifferte Schaden mit dem Faktor 50 multipliziert werden müsste. Im Fall des 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, so 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 in Folge des Klimawandels einen globalen Durchschnittswert zu verwenden (vgl. z.B. UBA 2012). Es ist offenkundig, dass sich durch die Entscheidung, wie der große Teil der Todesfälle durch Klimawandel in Entwicklungsländern bewertet wird, das Gesamtergebnis der monetarisierten Klimaschäden einschneidend 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 man Einigkeit über die drei Werturteile erzielen kann.

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. Auf der Basis der Ergebnisse 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 neusten 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 (EMP14) angegeben, der ohne einschneidende Klimaschutzmaßnahmen im Jahr 2011 für wahrscheinlich gehalten wurde, als auch die Vermeidungskosten für eine Einhaltung des 2°C-Limits für bestimmte Zieljahre beziffert. Das UBA gibt hierbei jeweils für verschiedene Zieljahre Wertebereiche an, um nicht durch eine einzelne Zahl zu suggerieren, dass diese Zahlen exakt abschätzbar wären. Für die monetären Schadenskosten weist das Umweltbundesamt Zahlen auf der Basis zwei verschiedener Abdiskontierungszinssätze (0% und 1%) und zwei verschiedener Equity Weighting Ansätze (Weltdurchschnitt und europäische Zahlungsbereitschaft) zur Bewertung von Todesfällen aus. Die Ergebnisse des UBA sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

Tabelle 5: Klimaschadenskosten in $\text{€}_{2010}/\text{tCO}_{2\text{eq}}$ 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 der Basis 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 $760 \text{ €}_{2010}/\text{tCO}_{2\text{eq}}$ und für eine Zeitpräferenzrate von 1% bei $216 \text{ €}_{2010}/\text{tCO}_{2\text{eq}}$. 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 ($20,61 \text{ GtC}_{\text{eq}}$ in 2050) im Vergleich zum Mittelwert des vom UBA verwendeten EMP14 Szenario ($16 \text{ GtC}_{\text{eq}}$ bei einem angegebenen Bereich von $15-17 \text{ GtC}_{\text{eq}}$ 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 Zeitverlauf mit einer Zeitpräferenzrate zu belegen und abzudiskontieren (vgl. Rabl, 1995). Daher liegt der, auf der Basis der europäischen Wertevorstellungen berechenbare Schadenswert für das Jahr 2050 eher bei $760 \text{ €}_{2010} / \text{t CO}_{2\text{eq}}$ als bei dem niedrigeren Wert von $216 \text{ €}_{2010} / \text{t CO}_{2\text{eq}}$.

Die Vermeidungskosten, die es ermöglichen gegenüber dieser ‚Business-as-usual‘ Entwicklung die Einhaltung des 2°C-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 IER auf der Grundlage des europäischen Forschungsprogramms (Wille et al. 2012). Die Verwendung von Vermeidungskosten für die Einhaltung des 2°C-Limits kann damit begründet werden, 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 Treibhausgasvermeidungskosten in €₂₀₁₀/tCO_{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 der Basis der beiden Vorgehensweisen empfiehlt das Umweltbundesamt einen gemischt begründeten Bewertungsansatz, der zum einen die Schadenskosten einbezieht, diese aber mit den Vermeidungskosten für das 2°C-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%/a 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 Klimawandel (in €₂₀₁₀/t CO_{2eq}) (UBA 2014, S.7)

Tabelle B1: UBA-Empfehlung zu den Klimakosten (in €₂₀₁₀ / t CO₂)

	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 langjährigen 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 zur Zeit 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 (EMF 14) um eher konservative Werte. Die im EMF 14 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 2°C-Limits als auch substantielle Schäden durch einen ungebremsten Klimawandel entstehen. In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts werden voraussichtlich noch deutlich höhere Schadenskosten entstehen, da sich die Situation noch weiter verschärfen wird, 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 entschiedenen Klimaschutz vermeidbaren Kosten erlauben.

Im Bericht der Arbeitsgruppe III des IPCC werden die Kosten einer weitgehenden Sicherstellung der Erreichung des 2°C-Limits durch die Einhaltung eines Konzentrationskorridors zwischen 430 und 480 ppm CO_{2eq} entsprechend RCP2.6 mit 1-4% des möglichen Konsums des Jahres 2050 beziffert (siehe hierzu Kapitel 2.2 oben). Diese Reduktionen müssen im Kontext eines um Faktor 2-4,5 erhöhten Gesamtkonsums gesehen werden (IPCC 2014a, Chapter 6, S.449). Zur Berechnung der absoluten Kosten des notwendigen Klimaschutzes und der Kosten pro Tonne CO_{2eq} werden im folgenden die im Bericht der Arbeitsgruppe III auch ausgewiesenen Reduktionen im globalen Bruttosozialprodukt des Jahres 2050 herangezogen, da diese auf der Basis des heutigen BSP (2010) berechnet werden können, während unklar ist, wie der im Bericht benannte Konsum abgegrenzt ist. Global sind Bruttosozialprodukt und Bruttoinlandsprodukt identisch. Die Modellrechnung, die das 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.

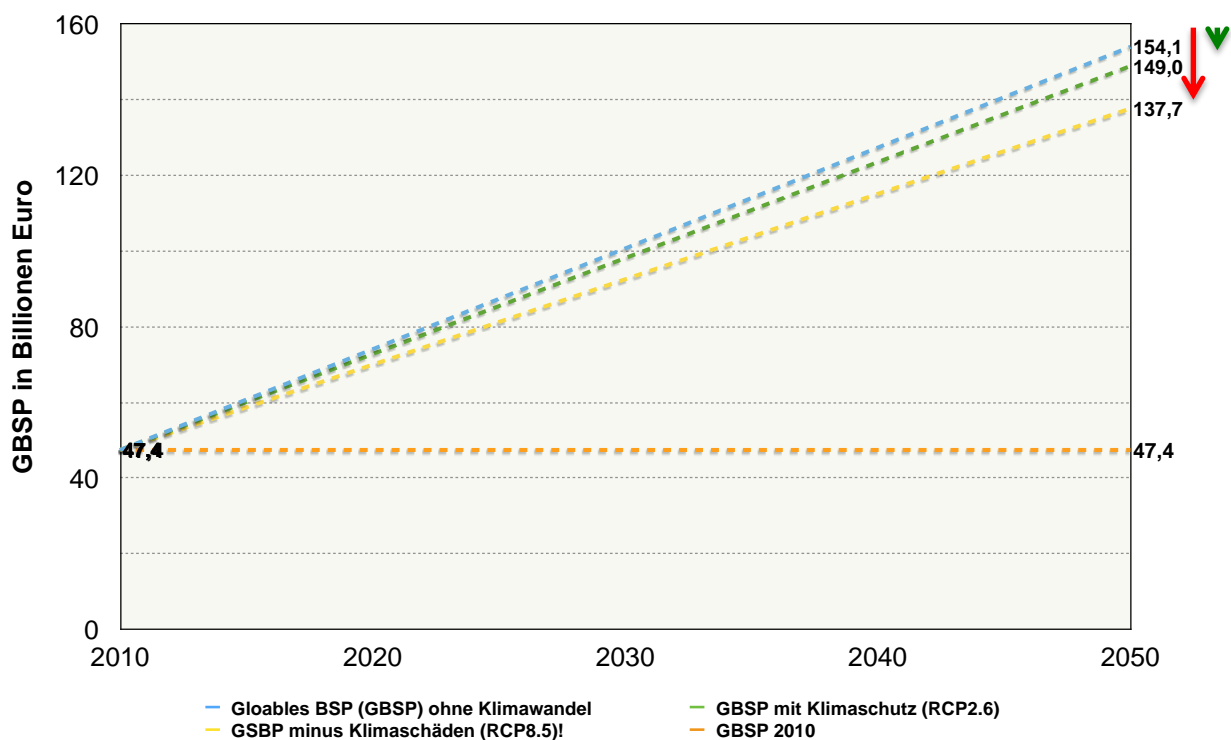
Geht man nun von einem realen Wachstum bis 2050 auf das 2- bis 4,5-fache dieses Wertes aus, so erhält man eine globales Bruttosozial von 94,8 – 213,3 Billionen Euro₂₀₁₀. Will man diese Werte mit der zentralen Schätzung der Klimaschutzkosten für das Jahr 2050 verbinden (Reduktion des globalen BSP um ca. 3,3% nach Abbildung 6.21 des Berichts der Arbeitsgruppe III des IPCC) (IPCC 2014a, S. 450), so muss man hierfür den Mittelwert des globalen Bruttosozialprodukts für das Jahr 2050 von 154,05 Billionen Euro₂₀₁₀ heranziehen. Die Klimaschutzkosten im Jahr 2050 für die Einhaltung des 2°C-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 (ungebremte Emissionsentwicklung) und RCP2.6 (Klimaschutz zur Einhaltung des 2°C-Limits) berechnet. Nach IPCC WG 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 durch die Klimaschutzmaßnahmen nicht vermieden werden, sie sind ja noch mit dem 2°C-Limit vereinbar, müssen diese in Höhe von 3,5 Gt C oder 12,83 Gt CO_{2eq} 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 / tCO_{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 wieder herstellen, 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 der 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

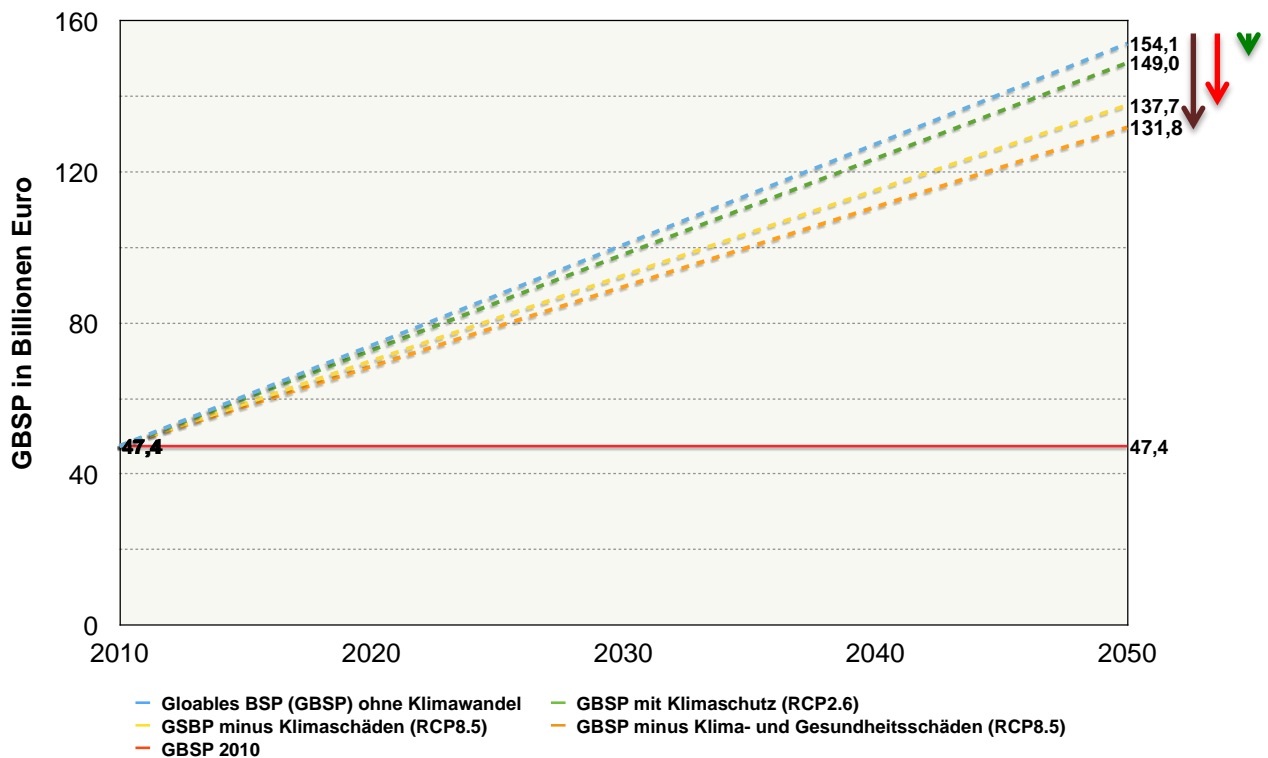
Im gerade erschienenen ‚New Climate Economy Report‘ der Global Commission on The Economy and Climate (2014) werden, wie auch schon im Kapitel 8 des dritten Sachstandsberichts des IPCC (IPCC 2001, S.523ff), die zusätzlichen Nutzen (co-benefits) des Klimaschutzes analysiert. Hierbei stehen die aufgrund des verringerten Einsatzes fossiler Brennstoffe zur Reduktion 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. So kommt er auf der Basis einer für den Bericht angefertigten Studie (Hamilton et al. Veröffentlichung angekündigt), die zur Zeit der Abfassung dieser Untersuchung noch nicht öffentlich verfügbar ist, zu global durch Klimaschutz vermeidbaren 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 /t CO_{2eq} umrechnen.

Verknüpft man diese in Geldeinheiten bewerteten Zusatznutzen des Klimaschutzes mit den im Jahr 2050 vermiedenen 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

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



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 Bruttosozialprodukt, das möglich wäre, 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.

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 notwendigen Treibhausgasemissionsreduktionen zu erreichen, ist eine durchgreifenden 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 (2014, S.8) 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. Wie diese Investitionen getätigt werden, wird im wesentlichen über die Zukunft des Weltklimas entscheiden. 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 die 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 wachsende 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 werden richtungsweisende Entscheidungen darüber fallen, ob der Anteil der fossilen Energieträger an der Energieversorgung weiter ausgebaut wird und so die Gefahr heraufbeschworen wird, dass die gebauten Anlagen wie z.B. Kraftwerke später aus Klimaschutzgründen vorzeitig abgeschaltet werden müssen, oder ob 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 und die Stimulation von klimafreundlichen Innovationen (vgl. Global Commission on the Economy and Climate 2014, 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 Gefahrenpotentiale der Kernenergie als nicht nachhaltige Form der Energieversorgung verworfen wird. Die Position der Global Commission on The Economy and Climate verwundert nicht, wenn man berücksichtigt, dass drei der sieben Länder, die den Bericht finanziert haben, Großbritannien, Schweden und Süd Korea, zu den wichtigsten Befürwortern einer weiteren Kernenergienutzung gehören und auch Indonesien, als viertes finanzierendes Land, Pläne zum Bau eigener Kernkraftwerke verfolgt.

In seinem neusten Sondergutachten ‚Klimaschutz als Weltbürgerbewegung‘ ergänzt der WGBU seine Ausführungen von 2011 über die Notwendigkeit einer grundlegenden Transformation hin zu einer klimaverträglichen Gesellschaft. In seinem neusten Gutachten unterstreicht der WGBU 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 festzuschreiben, da Investitionen in Kraftwerke und städtische Infrastruktur über viele Jahrzehnte Entwicklungspfade festzuschreiben, 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 werden von der Global Commission on the Economy and Climate (S. 8f) als Treiber für neues nachhaltiges Wachstum angesehen.

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 ErneuerbareEnergienGesetz (EEG) drastisch gekürzt worden war. In wie weit 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 Rahmenseetzungen 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 Beschäftigungswachstum 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 förderpolitischen 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)

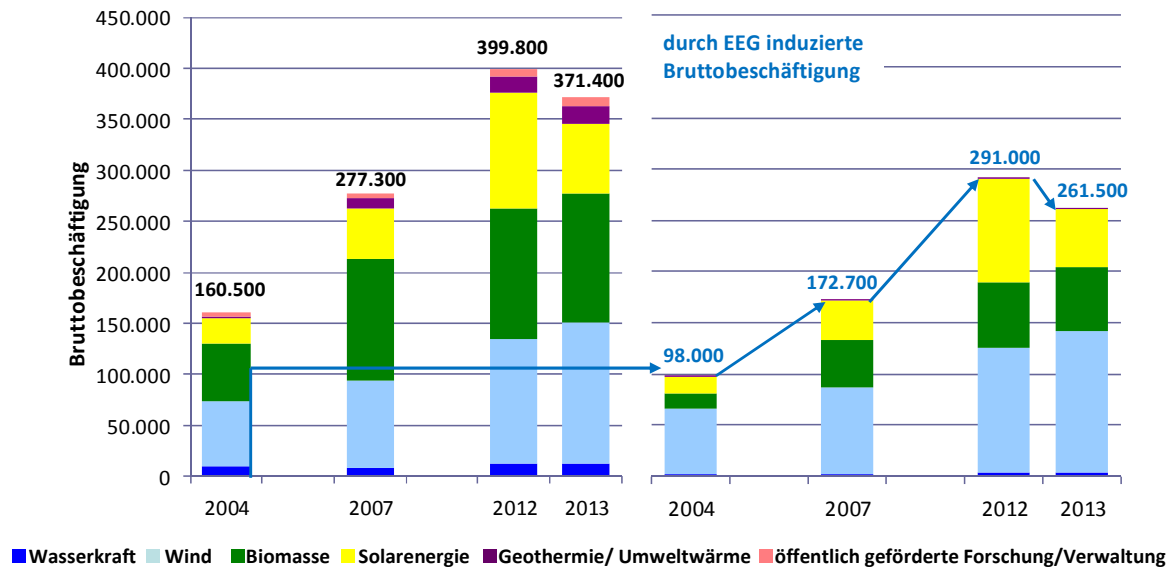


Abbildung 12: Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbaren Energien in Deutschland von 2004 bis 2013 nach Technologiebereichen (Quelle: O’Sullivan et al. 2014, S. 12)

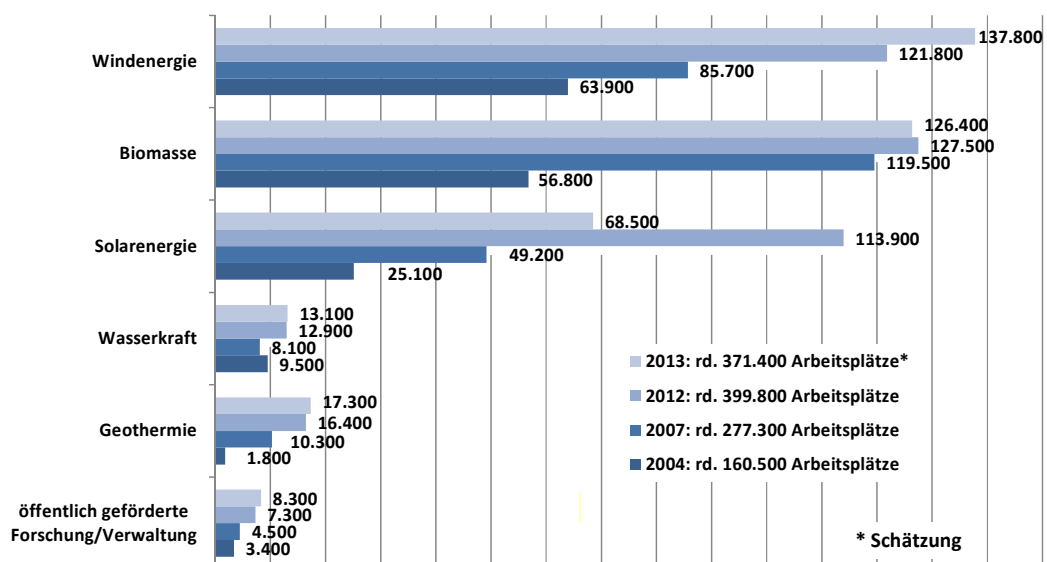


Abbildung 4: Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland

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, Damp, 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	Kunststoffherzeugnisse	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-Metallhalbzeug	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 Heimgewerbe	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 Veterinärwesens	35740	49550	13811	38815	52439	13624
Br. Nr. 55	Sonstige marktbestimmte Dienstleistungen	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	Private 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 zu Stande 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. Bei einer frühzeitigen Planung und Steuerung der notwendigen Umbauprozesse und klaren und verlässlichen politischen Signalen, können die negativen Anpassungseffekte minimiert und der gesamtgesellschaftliche Nutzen der Transformation maximiert werden.

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 2°C-Limits sicherstellen kann, die beste Strategie, um in den nächsten Jahrzehnten ein Maximum an nachhaltigem Wachstum sicherzustellen.

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 und J.I. Korsbakken (Veröffentlichung angekündigt):

Co-Benefits and Climate Action. New Climate Economy contributing paper. Stockholm Environmental Institute. Stockholm. To be available at: <http://newclimateeconomy.report> (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.

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, Cambridge, 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, XXX pp. 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

Autor: Prof. Dr. Olav Hohmeyer

Europa-Universität Flensburg

Zentrum für nachhaltige Energiesysteme (ZNES)

Energie- und Umweltmanagement

Internationales Institut für Management

Munketoft 3b

24937 Flensburg

Internet: www.znes-flensburg.de

Flensburg, Januar 2015

Diskussionsbeiträge 6

ISSN: 2192-4597 (Internetversion)