

**Schlussbericht
zum Projekt
„Was das 1,5°C-Ziel für die EU bedeutet
(1p5dEurope)“**

Zuwendungsempfänger Fraunhofer ISI	Förderkennzeichen 01LS1607A
Vorhabenbezeichnung „Was das 1,5°C-Ziel für die EU bedeutet“	
Laufzeit des Vorhabens 01.04.2017 – 31.03.2019	

gefördert unter dem Förderschwerpunkt
„IPCC-Sonderbericht zu 1,5°C globale Erwärmung (SR1.5)“
des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)

Koordination:
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)
Dr. Jakob Wachsmuth
Competence Center Energiepolitik und Energiemärkte
Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe
Tel: 0721-6809-632; E-mail: jakob.wachsmuth@isi.fraunhofer.de

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

KURZFASSUNG

(Förderkennzeichen **01LS1607A**)

Das im Dezember 2015 in Paris vereinbarte Klimaschutzabkommen legt erstmalig auch Anstrengungen zur Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf 1,5°C fest. Der EU kommt vor dem Hintergrund ihres aktuellen Emissionsniveaus, aber auch ihrer wirtschaftlichen und politischen Handlungskapazitäten eine Vorreiterrolle zu. Insbesondere kann und sollte aufgezeigt werden, wie das mit dem Pariser Abkommen verbundene Ziel der Treibhausgasneutralität erreicht werden kann. Vor diesem Hintergrund hatte das Projekt die Ziele,

- sektorspezifisch erreichbare Dekarbonisierungsraten und dafür notwendige Maßnahmen auf Basis von Bottom-Up-Szenarien zu ermitteln,
- daraus Aussagen zu kumulierten Emissionen und zur Änderung des Emissionsbudgets bei verzögerter THG-Reduktion abzuleiten, sowie
- erstmalig übergreifende Schlussfolgerungen zur zeitlichen Ausgestaltung einer 1.5°-kompatiblen Klimapolitik für die EU herauszuarbeiten.

Dazu wurde im ersten Schritt eine Auswertung existierender 1,5°C- und 2°C-kompatibler Szenarien in Bezug auf die Spannbreiten negativer Emissionen und das Emissionsbudget der EU bis 2050 vorgenommen. Parallel wurden sektorale Potentiale und zugehörige Maßnahmen auf Basis bestehender ambitionierter Bottom-Up-Szenarien für die EU ermittelt. Aus den Ergebnissen dieser beiden Schritte wurden die Konsequenzen einerseits frühzeitigen und andererseits verzögerten Klimaschutzes für das EU-Emissionsbudget ermittelt. Darauf aufbauend wurden übergreifende Politikempfehlungen zu Handlungsnotwendigkeiten und –optionen abgeleitet. Damit verbunden war eine umfangreiche Ergebnisdissertation sowohl im wissenschaftlichen als auch im politischen Kontext.

Die Ergebnisse machen deutlich, dass die nationalen Szenarien insbesondere auf der Seite der Endenergieverbrauchssektoren deutlich ambitioniertere Minderungspfade betrachten als die Szenarien auf Basis globaler und zum Teil auch europäischer Modelle. Dahinter stehen einerseits über alle Sektoren und die meisten der ausgewerteten Szenarien hinweg deutlich ambitioniertere Steigerungen der Energieeffizienz. Hinzu kommen andererseits teilweise in den größeren Modellen nicht betrachtete Technologieoptionen (z.B. solare Wärmenetze und die Elektrifizierung des Schwerlastverkehrs über Oberleitungen) sowie die Berücksichtigung von Optionen zur Aktivitätsbegrenzung (z.B. im Verkehr und der Zementherstellung).

Ein Vergleich der daraus berechneten kumulierten Emissionen zeigt, dass sich für die nationalen Studien weitgehend geringere kumulierte Emissionen ergeben. Dies gilt insbesondere für die ambitionierten Szenarien aus dem Vereinigten Königreich und Deutschland, aber auch Italien, Frankreich und ein mittleres Szenario über die vier weisen geringere kumulierte Emissionen auf

als die meisten globalen und EU-Szenarien. Darüber hinaus zeigt eine Projektion bis 2100, dass die meisten der nationalen Szenarien Kohlenstoffbudgets im Bereich eines fairen Anteils der EU am globalen Kohlenstoffbudget für 2°C aufweisen. Gleichzeitig liegen aber auch die Kohlenstoffbudgets der nationalen Studien noch deutlich über einem fairen Anteil am globalen Kohlenstoffbudget für 1,5°C.

Um zu analysieren, welche zusätzlichen Minderungen sich unter Berücksichtigung der Minderungstrends in den nationalen Studien in den globalen und EU-Studien ergeben könnten, wurde die Entwicklung der Kohlenstoffintensität einerseits und des Pro-Kopf-Energieverbrauchs andererseits bestimmt. Die Raten des weitgehend ambitioniertesten nationalen Szenarios wurden herangezogen und eine Realisierung in der gesamten EU in den globalen und EU-Szenarien unterstellt. Die Analyse wurde auf die Nachfragesektoren beschränkt. Daraus ergibt sich ein deutliches zusätzliches Vermeidungspotenzial zwischen 27 und 33 Gt CO₂ für eine Anpassung des Energieverbrauchs und zwischen 26 und 35 Gt CO₂ für eine Anpassung der Emissionsintensität. Die Anpassung beider Größen resultierte in Summe in Einsparungen in Höhe von 36 bis 37 Gt CO₂.

Um die Möglichkeiten und Effekte einer weiteren Ambitionssteigerung des europäischen 2030-Klimaziels zu untersuchen, wurden globale CO₂-Vermeidungskostenkurven zum Herleiten eines neuen Szenarios für die EU für das Jahr 2030 genutzt, welches mit dem langfristigen Temperaturziel des Pariser Abkommens kompatibel ist. Während die EU-Kommission bis 2030 aktuell von einer Emissionsminderung um 44% bei den energie- und prozessbedingten Emissionen ausgeht, würde ein mit den Pariser Zielen konsistenter Pfad laut den Ergebnissen des Szenarios eine Minderung von bis zu 58% bedeuten. Deutlich ambitioniertere Emissionsniveaus zeigen sich dabei vor allem im Gebäude- und im Transportsektor. Mit Hilfe der Vermeidungskostenkurven wurden schließlich zu diesem Pfad dazugehörige Emissionsminderungen für die Mitgliedsstaaten der EU für das Jahr 2030 abgeleitet. Die Ergebnisse zeigen, dass bei einer kosteneffizienten Aufteilung der Minderungen die Vermeidungskosten einiger Mitgliedsstaaten (insbesondere Polen und Estland) im Verhältnis zum nationalen Bruttoinlandsprodukt besonders hoch sind. Diesen Aspekt gilt es im Kontext einer möglichen Steigerung des 2030-Ziels in der EU zu beachten.

Weitere Details zum Vorgehen und den Ergebnissen des Projekts sind in zwei wissenschaftlichen Publikationen frei zugänglich verfügbar gemacht worden:

Duscha V., Denishchenkova, A., Wachsmuth, J. (2018): Achievability of the Paris Agreements' targets in the EU – Demand-side reduction potentials in a carbon budget perspective". *Climate Policy*, 19:2, 161-174, DOI: [10.1080/14693062.2018.1471385](https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1471385)

Wachsmuth, J., Duscha V. (2018): Achievability of the Paris targets in the EU – the role of demand-side driven mitigation in different types of scenarios. *Energy Efficiency* (2018). <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9670-4>

Ein weiterer Artikel befindet sich in Vorbereitung.

TEIL A – SCHLUSSBERICHT ZUM PROJEKT „WAS DAS 1,5°C-ZIEL FÜR DIE EU BEDEUTET“

I KURZE DARSTELLUNG DES PROJEKTS

I.1 Aufgabenstellung

Das im Dezember 2015 in Paris vereinbarte Klimaschutzabkommen legt erstmalig auch Anstrengungen zur Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf 1,5°C fest. Eine zentrale Voraussetzung für die Identifikation geeigneter Strategien und Politiken ist die Beantwortung folgender Fragen, die vorher primär bezogen auf das 2°C-Ziel untersucht wurden:

- Wie hoch sind die Emissionsminderungen, die notwendig sind um das 1,5°C-Ziel zu erreichen? Sind entsprechende Minderungspotenziale technisch verfügbar und im Zeitverlauf so umsetzbar, dass das Ziel erreichbar ist?
- Können diese so erschlossen werden, dass die volkswirtschaftlichen Kosten tragbar sind und die Akzeptanz in der Gesellschaft sichergestellt werden kann?

Im Kontext globaler Betrachtungen werden diese Fragen üblicherweise mit Hilfe von Integrated Assessment Modellen (IAMs) adressiert, welche auf Top-Down-Annahmen zu den Emissionsdynamiken relativ hoch aggregierter Sektoren basieren.

Auf Ebene einzelner Volkswirtschaften ist es zur Plausibilisierung und Maßnahmenidentifikation dringend geboten, solche Erkenntnisse mit einer Analyse von Bottom-Up-Modellen zu komplementieren, da diese durch die Aufschlüsselung von Technologien und strukturellem Wandel wesentlich detailliertere Aussagen, auch zu Wechselwirkungen zwischen den Sektoren, erlauben. Beispielsweise sind die Annahmen zu Effizienzsteigerungen im Bereich der Nachfrage in IAMs üblicherweise Durchschnittswerte, welche die spezifischen Potentiale einzelner Volkswirtschaften nur unzureichend abbilden.

Den Industriestaaten kommt vor dem Hintergrund ihrer aktuellen Emissionsniveaus, aber auch ihrer wirtschaftlichen und politischen Handlungskapazitäten eine Vorreiterrolle zu aufzuzeigen, wie das Ziel der Treibhausgasneutralität erreicht werden kann. Dies gilt auch für die EU. Das bisherige klimapolitische Ziel der EU, bis 2050 die Emissionen von Treibhausgasen (THG) im Vergleich zu 1990 um 80 bis 95% zu senken, lehnt sich an die Erkenntnisse des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) zu 2°C-kompatiblen Emissionspfaden an. Diesbezüglich gibt es schon eine Reihe von Bottom-Up-Szenario-Studien für die EU insgesamt und einzelne Mitgliedsstaaten. Zur Kompatibilität mit dem 1,5°C-Ziel lässt sich hingegen bisher nur sagen, dass Emissionsminderungen bis 2050 am unteren Ende der Spannweite von 80 bis 95 % mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht ausreichen werden.

Dem Vorhaben lagen folgende Ausgangsthesen zu Grunde:

- Negative Emissionen sind für 1,5°C-kompatible Szenarien mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit notwendig, die Potenziale sind allerdings begrenzt und ihre Realisierung ist mit hohen Unsicherheiten verbunden.
- Für den Grad der Erwärmung sind darüber hinaus die kumulierten Emissionen aus allen Quellsektoren bis Mitte des 21. Jahrhunderts wichtig. Die Geschwindigkeit, mit der die Dekarbonisierung vorangebracht wird, spielt dafür eine zentrale Rolle.
- Konkrete Strategien lassen sich besser auf der Basis von sektorspezifischen Bottom-Up-Modellen ableiten. Für diese fehlt aber bisher eine detaillierte Betrachtung der kumulierten Emissionen.

Das Projekt hatte daher zum Ziel,

- sektorspezifisch erreichbare Dekarbonisierungsraten und dafür notwendige Maßnahmen auf Basis von Bottom-Up-Szenarien zu ermitteln,
- daraus Aussagen zu kumulierten Emissionen und zur Änderung des Emissionsbudgets bei verzögerter THG-Reduktion abzuleiten, sowie
- erstmalig übergreifende Schlussfolgerungen zur zeitlichen Ausgestaltung einer 1.5°-kompatiblen Klimapolitik für die EU herauszuarbeiten.

I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Pariser Klimaabkommen beinhaltet die Festlegung, dass Anstrengungen unternommen werden sollen, um die Erderwärmung möglichst auf 1,5°C zu beschränken. Im fünften IPCC-Sachstandsbericht (AR5) wurde festgestellt, dass - zum damaligen Zeitpunkt - nur eine begrenzte Zahl von Studien zur Verfügung stand, deren Entwicklungspfade mit einer Begrenzung der Erwärmung auf 1,5°C kompatibel waren. Dies war nicht ausreichend, um eine wissenschaftliche Bewertung im Rahmen des Berichtes durchzuführen. Daher baten die Staaten der UN-Klimarahmenkonvention den Weltklimarat IPCC, den wissenschaftlichen Sachstand für eine 1,5°C-Erwärmung in einem Sonderbericht zusammenzufassen. Das IPCC-Plenum hat darauf im April 2016 in Nairobi den Zeitplan für das Erstellen eines Sonderberichts zu 1,5 °C globaler Erwärmung (SR1.5) festgelegt. Insbesondere sollte der Sonderbericht vor der Konferenz der Vertragsparteien der UNFCCC im Jahr 2018 vorgelegt werden.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) verfolgte mit der im Sommer 2016 veröffentlichten Bekanntmachung „IPCC-Sonderbericht zu 1,5°C globale Erwärmung (SR1.5)“ das Ziel, durch konkrete, politikrelevante und kurzfristig realisierbare Beiträge aus der Forschung einen wichtigen Beitrag zur Verbreiterung und Verbesserung der Wissensgrundlage des SR1.5 zu schaffen. Die Frist für die Veröffentlichung von wissenschaftlichen Artikeln, die noch in den SR1.5 aufgenommen werden konnten, endete im Frühjahr 2018. Forschungsbeiträge, die im

Rahmen der BMBF-Bekanntmachung durchgeführt wurden, mussten darauf ausgerichtet sein, innerhalb des engen Zeitplans zur Realisierung des SR1.5 Ergebnisse zu erzielen.

I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Um sektorspezifische Ergebnisse zu 1,5°C-kompatiblen Emissionsdynamiken und politische Handlungsbedarfe für die EU zu entwickeln, waren sechs Arbeitspakete (AP) geplant. Für die erfolgreiche Durchführung der Arbeiten im vorgegebenen, engen Zeitrahmen wurde ein Team aus eingearbeitetem, promoviertem Personal unter Einbindung von international sichtbaren Wissenschaftlern eingesetzt. Insgesamt war ein Umfang von 18 Personenmonaten vorgesehen. Die APs 1 bis 4 enthielten neben einer Hauptbearbeitungsphase in 2017 eine zweite Arbeitsphase Anfang 2018, die für Nacharbeiten zur Artikelüberarbeitung vorgesehen war.

Das Vorhaben wurde für den Zeitraum 1.1.2017 bis 31.10.2018 beantragt (siehe Abbildung 1). Abweichend davon erfolgte eine Bewilligung für den Zeitraum 1.4.2017 bis 31.03.2019. Dadurch war der Projektplan nicht mehr vollständig in seiner ursprünglichen Form einzuhalten. Um das Kernziel des Projekts - eine Veröffentlichung von zwei Artikeln im für den IPCC-Sonderbericht SR1.5 vorgegebenen Zeitraum - zu erreichen, wurden die Arbeiten im Projekt auf Grund der verspäteten Bewilligung des Projekts umorganisiert. Dies hatte insbesondere für das Arbeitspaket 4 Konsequenzen, weil dieses am Ende der inhaltlichen Arbeiten stand. Die für AP 4 vorgesehenen Personalkapazitäten ließen sich nicht mehr vollständig innerhalb des für den IPCC-Sonderbericht notwendigen Zeitrahmens mobilisieren. Der Personalaufwand in AP 4 ließ sich dadurch verringern, dass eine Umwidmung von Personalmitteln in Sachmittel zur Beschaffung ansonsten selbst abgeleiteter Daten erfolgte, wodurch auch der zeitliche Verzug deutlich reduziert wurde.

Damit verbunden wurde vorgesehen, die Ergebnisse von AP 4 in einem weiteren Artikel zu veröffentlichen, welcher gezwungenermaßen nicht mehr für den IPCC SR1.5 relevant sein kann, jedoch auf einen Beitrag zum anstehenden 6. Sachstandsbericht des IPCC zielt. Die Einreichung des Artikels bei Climate Policy ist für Oktober 2019 vorgesehen.

Abbildung 1: Aktualisierter Zeitplan für das Forschungsvorhaben inkl. Meilensteine

	2017			2018				2019
	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1
AP 1	■	■	■					
AP 2	■	■	■	■	■			
AP 3		■	■	■	■			
AP 4			■	■	■	■	■	■
AP 5		■	■	■	■	■	■	■
AP 6	■	■	■	■	■	■	■	■
Meilensteine			M1	M2		M3	M4	M5
M1 Artikelsubmission, M2 Side-Event, M3 Publikation, M4 Workshop, M5 Abschlussbericht								

Folgende Meilensteine waren entsprechend der angepassten Planung vorgesehen:

- 7. Projektmonat: Einreichen von zwei Artikeln bei Peer-Review-Journalen

- 9. Projektmonat: Präsentation bei Side-Event zu Klimaverhandlungen
- 14. Projektmonat: Artikelpublikation in Peer-Review-Journal
- 18. Projektmonat: Ergebnisvorstellung bei Stakeholder-Workshop
- Nach Projektabschluss: Vorlage Abschlussbericht

Die beiden zentralen Meilensteine der Einreichung und Veröffentlichung von zwei wissenschaftlichen Artikeln im Zeitplan des IPCC-Sonderberichts SR1.5 wurden wie geplant erreicht. Auch wurden die Ergebnisse in einem offiziellen Side-Event zur COP23 in Bonn präsentiert. Darüber hinaus wurde einer der Artikel wie angestrebt im IPCC-Sonderbericht zu 1,5°C globaler Erwärmung zitiert. Damit kann das Kernziel des Projekts als erreicht angesehen werden.

Von der Durchführung eines eigenen Stakeholder-Events in Brüssel wurde in Abstimmung mit dem Projektträger abgesehen und die entsprechenden Mittel nicht abgerufen. Hintergrund war, dass im Vorfeld der Veröffentlichung der strategischen Vision der EU-Kommission, „A clean planet for all“, die Dichte solcher Workshops in Brüssel sehr hoch war. Dadurch erwies es sich als schwierig, Teilnehmende für einen separaten Workshop zu finden. Stattdessen sind die Ergebnisse in die Veranstaltung „Insights from a comparative analysis of long-term climate policy scenarios“ mit Vertretern u.a. von EU-Kommission, EU-Parlament und Umweltverbänden am 1.10.2018 in Brüssel eingeflossen.

I.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Wie unter I.2 dargelegt wurde, haben die Arbeiten im Rahmen des Vorhabens größtenteils im Vorfeld der Erstellung des IPCC-Sonderberichts zu 1,5°C globaler Erwärmung stattgefunden. Der wissenschaftliche Stand war zum damaligen Zeitpunkt im Wesentlichen durch den fünften Sachstandsbericht des IPCC (AR5) und die zugrundeliegenden Szenarien gegeben (IPCC 2014). Während die globale Erwärmung bis 2100 für viele Szenarien in der AR5-Datenbank (IIASA 2014) mit einer Wahrscheinlichkeit von über 66 % auf unter 2°C begrenzt werden konnte, existierten zum damaligen Zeitpunkt nur wenige Szenarien, die ein 1,5°C-Limit mit nur 50 % Wahrscheinlichkeit einhielten. Darin enthalten waren insbesondere auch sog. Overshoot-Szenarien, in denen das 1,5°C-Ziel durch stark negative Emissionen in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts erreicht wird. Bei solchen Szenarien besteht das Risiko, dass entsprechende Technologien möglicherweise nicht in der Lage sind, negative Emissionen in der erforderlichen Höhe bereitzustellen (Kantha & Dooley 2016). Des Weiteren existierte eine begrenzte Anzahl weiterer 1,5°C-kompatibler Szenarien (vgl. Rogelj et al. 2015).

Die politikorientierten Studien zu ambitionierten Dekarbonisierungspfaden zielten damals, wenn überhaupt, auf ein Erreichen des 2°-Ziels. Für die EU (und Deutschland) wurde dies in eine THG-Reduktion um 80 bis 95 % bis 2050 übersetzt. Die EU Energy [r]evolution Studie von Greenpeace (2012) enthielt Ansatzpunkte zur Entwicklung von emissionsarmen Zukunftsszenarien für die EU,

blieb jedoch in ihrer Analysetiefe hinter dem Maß zurück, das in neueren Dekarbonisierungsanalysen erreichbar ist. Auf der nationalen Ebene gab es hingegen bereits in einigen europäischen Ländern erste Studien, die eine Dekarbonisierung der Energie- bzw. Volkswirtschaften umfassend und detailliert untersuchen (z.B. Öko-Institut und Fraunhofer ISI 2015).

Ebenfalls auf nationaler Ebene gab es zu Beginn des Projektes bereits eine Reihe von Arbeiten zu Politikinstrumenten, die auch im AR5 thematisiert wurden (IPCC 2014). Eine wichtige Kritik des IPCC-Berichts betrifft dabei existierende Wissenslücken im Hinblick auf die Effektivität von Maßnahmen. Weitere Arbeiten beschäftigten sich mit Politik-Optionen im Kontext von Lock-ins (Mattauch et al. 2015) und der Governance von Transformationen des Energiesystems (Kuzemko et al. 2016). Bis dahin war noch unklar, wo und wann konkrete politische Maßnahmen ansetzen sollten (sektorübergreifend und sektorspezifisch) und welche Folgen es hätte, wenn Einstiegslücken verfehlt werden. Insgesamt war festzuhalten, dass die damaligen Studien zu Dekarbonisierungsstrategien für die EU noch nicht geeignet erschienen, als Basis für weitere politische Prozesse und Weichenstellungen zu dienen.

Das Fraunhofer ISI hatte u.a. folgende Beiträge dazu erbracht: Wachsmuth et al. (2015) zeigten, dass bei den 2°C-kompatiblen Szenarien des IPCC die global gesehen größten Emittenten bis 2050 signifikante Spielräume bei der Wahl des Minderungspfads haben. Duscha et al. (2014) und Kersting et al. (2018) analysieren die Auswirkungen eines Verzichts auf Nuklearenergie bzw. Shale Gas auf die Kosten von Minderungspfaden. Mit den Klimaschutzszenarien 2050 zeigten Öko-Institut und Fraunhofer ISI (2015), dass sich Szenarien zur Reduktion aller deutschen THG-Emissionen um 80 und um 95 % deutlich unterscheiden. Auf Instrumentenebene demonstrierten Schломann und Eichhammer (2014), wie Emissionshandel und Energieeffizienzziele besser aufeinander abgestimmt werden könnten.

Literaturquellen:

Calvin, K. et al. (2012). The role of Asia in mitigating climate change: Results from the Asia Modeling Exercise. *Energy Economics* 34(S3): S251-S260.

Duscha, V.; Schumacher, K., Schleich, J., Buisson, P. (2014). Costs of meeting international climate targets without nuclear power. *Clim. Policy* 14 (3), 327-352.

Greenpeace (2012): energy [r]evolution. A sustainable EU 27 energy outlook. <http://www.greenpeace.org/eu-unit/en/Publications/2012/ER-2012/>

IIASA (2014): AR5 Scenario Database. <https://secure.iiasa.ac.at/web-apps/ene/AR5DB/>

IPCC (2014): Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the IPCC.

Kartha, S., Dooley, K. (2016). The risks of relying on tomorrow's 'negative emissions' to guide today's mitigation action. SEI Working Paper No. 2016-08.

- Kersting, J., Duscha, V., Schleich J., Keramidas, K. (2018): The impact of shale gas on the costs of climate policy. *Climate Policy* 18, 4 (2018), 442–458
- Kuzemko, C., Lockwood, M., Mitchell, C., Hoggett, R. (2016). Governing for sustainable energy system change: Politics, contexts and contingency. *Energy Research & Social Science* 12 (2016) 96–105.
- Mattauch, L., Creutzig, F., Edenhofer, O. (2015). Avoiding carbon lock-in: Policy options for advancing structural change. *Economic Modelling* 50 (2015) 49–63.
- Öko-Institut und Fraunhofer ISI (2015): Klimaschutzszenario 2050, 2. Endbericht. Studie im Auftrag des Bundesumweltministeriums, Berlin, 18.12.2015.
- Rogelj, J., G. Luderer, R. C. Pietzcker, E. Kriegler, M. Schaeffer, V. Krey and K. Riahi (2015). "Energy system transformations for limiting end-of-century warming to below 1.5 °C," *Nature Climate Change* 5(6): 519–527.
- Schlomann, B., Eichhammer, V. (2014). Interaction Between Climate, Emissions Trading and Energy Efficiency Targets. *Energ. Environ.* 25, 709-732.
- Wachsmuth, J. et al. (2015): How Energy Cuts Cost for a 2-Degree-Future. ClimateWorks Foundation, San Francisco, CA. Download: <http://www.climateworks.org/report/how-energy-efficiency-cuts-costs-for-a-2c-future/>

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Um eine erfolgreiche Bearbeitung im engen vorgesehenen Zeitrahmen zu befördern, wurde auf die Einbindung Dritter verzichtet und ein interdisziplinäres Team eingesetzt, welches den Anforderungen der klimapolitischen Fragestellungen eigenständig gerecht werden konnte.

II Eingehende Darstellung

II.1 Verwendung der Zuwendung und erzielttes Ergebnis, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Das Vorhaben sollte die Wissensgrundlage in Bezug auf Emissionsreduktionspfade zur Erreichung des 1,5°C-Ziels substantiell erweitern, insbesondere in Bezug auf Zusammenhänge zwischen der sektoralen Ausgestaltung von THG-Reduktionen und Emissions-Lock-Ins. Dafür wurde auf die Ergebnisse von Bottom-Up-Szenarien fokussiert. Denn in einem IAM wird z.B. im Allgemeinen nicht unterscheiden, ob eine Reduktion des Energieverbrauchs von Gebäuden aus einer Teilsanierung des gesamten Gebäudebestands oder aus einer Vollsanierung nur eines Teilbestands stammt. Während letzteres nur eine Verzögerung der Emissionsreduktion bedeutet, hat ersteres jedoch massive Emissions-Lock-Ins zur Folge. Nichtsdestotrotz ergaben sich aus dem Projekt klare Anhaltspunkte für den Bedarf an negativen Emissionen spezifischer Dekarbonisierungspfade auch im Zeitverlauf und daraus für den Entwicklungsbedarf bei entsprechenden Technologien. Der Fokus auf Bottom-Up-Studien förderte die Politikrelevanz der Erkenntnisse, indem a) mögliche Akzeptanzprobleme und Unsicherheiten aufgezeigt werden konnten und b) auf Lock-In-Effekte und Einstiegsruken hingewiesen werden konnte, die Weichen für zukünftige Entwicklungen stellen. Die Zuwendung wurde im Sinne des Antrags verwendet.

Um sektorspezifische Ergebnisse zu 1,5°C-kompatiblen Emissionsdynamiken und politische Handlungsbedarfe für die EU zu entwickeln, waren folgende sechs Arbeitspakete (AP) geplant. Zunächst war eine Auswertung existierender 1,5°C- und 2°C-kompatibler Szenarien in Bezug auf die Spannbreiten negativer Emissionen und das Emissionsbudget der EU bis 2050 vorgesehen (AP 1). Parallel war geplant sektorale Potentiale und zugehörige Maßnahmen auf Basis bestehender ambitionierter Bottom-Up-Szenarien für die EU zu ermitteln (AP 2). Aus den Ergebnissen von AP 1 und 2 sollten die Konsequenzen frühzeitigen und verzögerten Klimaschutzes für das EU-Emissionsbudget ermittelt werden (AP 3), woraus übergreifende Politikempfehlungen zu Handlungsnotwendigkeiten und –optionen abgeleitet werden sollten (AP 4). Zudem war eine umfangreiche Ergebnisdissertation sowohl im wissenschaftlichen als auch politischen Kontext vorgesehen (AP 5). Um dies im erforderlichen Zeitrahmen zu gewährleisten, wurde ein zielorientiertes Projektmanagement und eine stringente Koordination etabliert (AP 6). Die Ansätze und Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete werden unten überblicksartig dargestellt und mit den Zielen verglichen. Weitere Details dazu sind den Projektveröffentlichungen zu entnehmen.

AP 1: Metaauswertung von 1.5°C- und 2°C-kompatiblen Szenarien

Basierend auf existierenden Szenarien, welche für den fünften Sachstandsbericht des IPCC in einer Datenbank (IIASA, 2014) gesammelt wurden, und weiteren verfügbaren Quellen (u.a. Rogelj et al., 2015) wurde eine Übersicht der jährlichen und kumulierten THG-Emissionen in der EU in 1,5°C- und 2°C-kompatiblen Szenarien erstellt. Als kompatibel wurden die Szenarien angenommen, bei denen die Wahrscheinlichkeit einer Überschreitung des jeweiligen Temperaturlimits

in 2100 unter 50% liegt. Overshoot-Szenarien, für die nach 2050 hohe negative Emissionen nötig wären (z.B. über Bio-energy with Carbon Capture & Sequestration (BECCS)), wurden gesondert erfasst. Dabei wurde für kompatible Szenarien nach Möglichkeit auf detailliertere Datenbanken des jeweiligen Modellierungsprojekts zurückgegriffen, welche zum Teil die entsprechenden Emissionsniveaus auch für die EU zur Verfügung stellen (z.B. Calvin et al. 2012). Bei der Erfassung der Emissionen wurden negative Emissionen, d.h. sowohl künstliche als auch nicht-künstliche Senken, einzeln aufgeschlüsselt. Wenn für 1,5°C-kompatible Szenarien für einzelne Sektoren keine Emissionspfade für die EU zur Verfügung standen, wurden diese durch Vergleich der globalen Emissionen in 1,5°C- und 2°C-kompatiblen Szenarien abgeleitet. Die Ziele von AP 1 wurden damit vollständig erreicht.

Aus einer Vielzahl verfügbarer Szenarien für die Welt als Ganzes, die EU und für einzelne Länder/Regionen in Europa, wählten wir diejenigen aus, die einerseits eine gewisse Kompatibilität mit dem 2°C- bzw. dem noch ambitionierteren 1.5°C-Ziel aufwiesen, andererseits aber auch relevante Sektoren und Treibhausgase abdeckten. So wurden nur Studien in Betracht gezogen, welche mindestens alle Treibhausgase aus dem Energiesystem (Elektrizität, Wärme, Industrie und Transport) ausweisen. Folgende Szenarien wurden in die Analyse einbezogen:

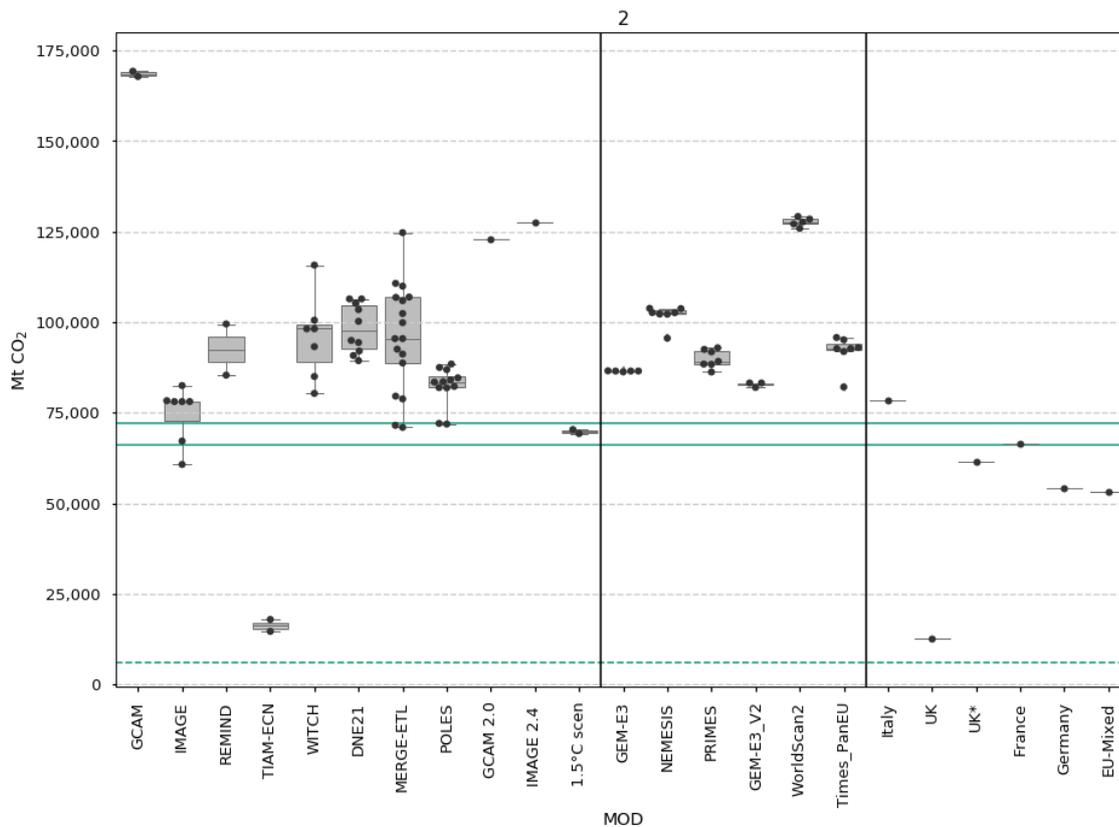
- EU-Pfade aus globalen Klimaschutzszenarien aus den Datenbanken der Projekte AME, AMPERE, LIMITS (19 Szenarien der 5 Modelle GCAM, IMAGE, REMIND, TIAM-ECN, WITCH)
- EU-Klimaschutzszenarien aus den Datenbanken des AMPERE-Projekts (49 Szenarien der 5 Modelle DNE21+, IMAGE, MERGE-ETL, POLES, WITCH)
- nationale Klimaschutzszenarien mit einer Treibhausgasreduktion von 80-100% für Frankreich, Deutschland, Italien und Großbritannien

Für die ausgewählten Szenarien wurden Daten zu den gesamten und den sektorspezifischen CO₂-Emissionen zusammengestellt. Wenn sich die nationalen Studien nicht auf die EU insgesamt, sondern auf einzelne Regionen und Länder bezogen, wurden aus diesen Zahlen Schätzungen der Reduktionspfade für die gesamte EU gebildet. Die Hochrechnung basiert auf der Entwicklung der Änderungsraten der Pro-Kopf-Emissionen. Für die anschließende Analyse wurden die Szenarien in drei Gruppen unterteilt: (I) „Global-Modell-basierte Szenarien“ aus Modellen mit globalem Fokus und Abdeckung aller Weltregionen, (II) „EU-Modell-basierte Szenarien“ aus Modellen mit einem europäischen Fokus, die andere Regionen nicht einbeziehen, und (III) „nationale Szenarien“ aus nationalen Studien, die Modelle oder Modellsysteme mit einem Länderfokus verwendeten.

Ein Vergleich der daraus berechneten kumulierten Emissionen zeigt, dass sich für die nationalen Studien weitgehend geringere kumulierte Emissionen ergeben. Dies gilt insbesondere für die ambitionierten Szenarien aus UK und Deutschland, aber auch Italien, Frankreich und ein mittleres Szenario über die vier weisen geringere kumulierte Emissionen auf als die meisten globalen und EU-Szenarien. Darüber hinaus zeigt eine Projektion bis 2100, dass einerseits die meisten der

nationalen Szenarien Kohlenstoffbudgets im Bereich eines fairen Anteils der EU am globalen Kohlenstoffbudget für 2°C aufweisen. Gleichzeitig liegen aber auch die Kohlenstoffbudgets der nationalen Studien noch deutlich über einem fairen Anteil am globalen Kohlenstoffbudget für ein 1,5°C (vgl. Abbildung 2). Eine vergleichende Auswertung der kumulierten negativen Emissionen zeigte, dass diese hochgerechnet auf die EU in allen nationalen Szenarien am unteren Ende der Bandbreite aus den Szenarien auf Basis von EU- und globalen Modellen liegen. Die negativen Emissionen in den EU-Modell-basierten Szenarien liegen darüber hinaus am unteren Ende der EU-Bandbreite aus den globalen Modellen.

Abbildung 2: Gesamte kumulierte CO₂-Emissionen inkl. LULUCF und CCS, 2015-2100.



Anmerkung: Die Gruppierung erfolgt in drei Segmente: globale, europäische und nationale Modelle.

AP 2: Sektorale Potentialbestimmung von THG-Reduktionen in der EU

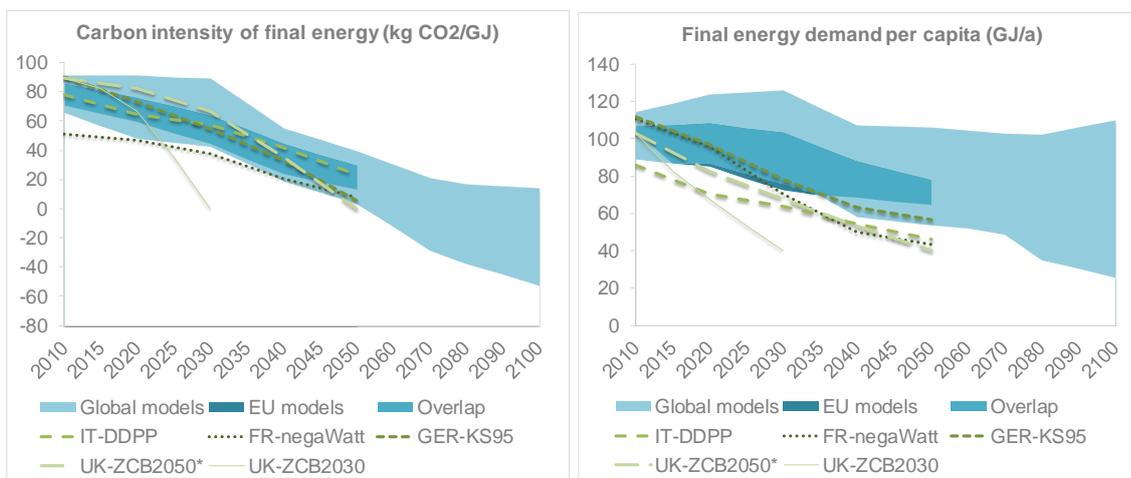
Es wurden die existierenden Bottom-Up-Klimaschutzszenarien für die EU und ihre Mitgliedsländer mit THG-Reduktionen von 80 bis 95 % dahingehend ausgewertet, welche jährlichen Emissionsniveaus je Sektor (Industrie, Gebäude, Geräte, Verkehr, Stromerzeugung, Landwirtschaft, Abfall, LULUCF) zu erreichen sind und welche Maßnahmen dafür nötig sind. Dabei wurden sinnvolle Stützjahre ausgewertet, welche eine Abschätzung der kumulierten Emissionen bis 2050 erlauben. Durch Rückgriff auf weiterführende Daten wurde untersucht, durch welche Vermeidungshebel diese Emissionsniveaus jeweils erreicht werden können und welche Emissions-Lock-Ins entstehen können. Dabei wurden die Sektoren durch Kenngrößen wie Vermeidungstechnologien,

Effizienzsteigerungen, Verbrauchsreduktionen, Austausch- und Ausbauraten charakterisiert. Ergebnis des APs waren dann sektorspezifische Aussagen zu erreichbaren Dekarbonisierungsraten und dafür einsetzbare Vermeidungshebel sowie zum Umfang möglicher Emissions-Lock-Ins. Die Ziele von AP 2 wurden damit vollständig erreicht.

Im ersten Schritt wurde die Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen für jeden Sektor in das Produkt der Entwicklungen von sektoraler Aktivität (falls nicht verfügbar stattdessen Bevölkerung), Energieintensität (Energieverbrauch pro Aktivität/ Bevölkerung) und Emissionsintensität (CO₂-Ausstoß pro Energieverbrauch) zerlegt und die Verläufe in den nationalen Szenarien mit den Bandbreiten der Szenarien auf Basis globaler und europäischer Modelle verglichen. Aggregiert betrachtet stellen sich die Entwicklungen der Intensitäten wie folgt dar (vgl. Abbildung 3):

- Die Emissionsintensität nimmt in allen internationalen Szenarien bis 2050 kontinuierlich ab, wobei sich die Szenarien auf Basis europäischer Modelle im Mittelfeld der Bandbreite globaler Modelle bewegen.
- Die Emissionsintensitäten in den nationalen Szenarien weichen anfangs auf Grund unterschiedlicher Startbedingungen deutlich voneinander ab, nähern sich dann aber stark einander an und bewegen sich im Wesentlichen im Korridor der internationalen Szenarien.
- Die Energieintensitäten in den internationalen Szenarien sinken langsamer als die Emissionsintensitäten, wobei sich die Intensitäten in den Szenarien auf Basis europäischer Modelle am unteren Ende der Bandbreite bewegen.
- Die Energieintensitäten in den nationalen Szenarien fallen deutlich schneller als in den internationalen Szenarien. Im Jahr 2050 liegen sie größtenteils unterhalb des unteren Endes der Bandbreite der internationalen Szenarien.

Abbildung 3: Vergleich der Entwicklung der Emissionsintensitäten (linke Abbildung) und des Endenergieverbrauchs (rechte Abbildung) in nationalen Szenarien mit der Bandbreite für die EU in internationalen Szenarien

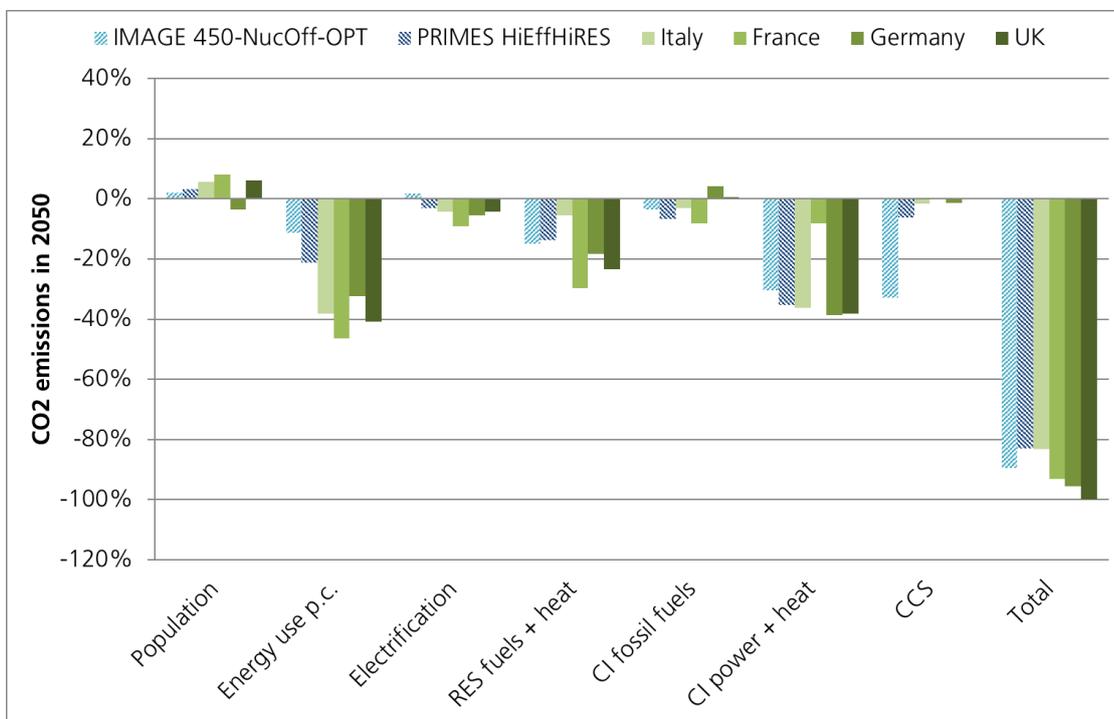


* Modifizierte Version des Zero-Carbon Britain 2030 verwendet als Zieljahr 2050 anstatt von 2030.

Um detaillierter zu verstehen, was die Gründe hinter den im ersten Schritt identifizierten Unterschieden der Intensitätsentwicklungen sind, wurde im zweiten Schritt für die energierelevanten Sektoren eine Index-Dekompositionsanalyse mit Hilfe des in der Literatur mittlerweile dominierenden Ansatzes des Logarithmic-Mean-Divisia-Index (LMDI) durchgeführt. Damit wurden die Reduktionen der CO₂-Emissionen insgesamt und für die Sektoren Energieversorgung, Transport, Industrie und Gebäude auf die Aktivität, die Energieintensität und Emissionsintensität aufgeteilt. Teilweise wurde eine noch detailliertere Zerlegung auf darunterliegende Faktoren wie den Grad der Elektrifizierung und die Nutzung erneuerbarer Energieträger durchgeführt.

Die Ergebnisse der sektoralen Index-Dekompositionen machen deutlich (siehe Abbildung 4), dass die nationalen Szenarien insbesondere auf der Seite der Endenergieverbrauchssektoren deutlich ambitioniertere Minderungspfade betrachten als die Szenarien auf Basis globaler und zum Teil auch europäischer Modelle. Dahinter stehen einerseits über alle Sektoren und die meisten der ausgewerteten Szenarien hinweg deutlich ambitioniertere Steigerungen der Energieeffizienz. Hinzu kommen andererseits teilweise in den größeren Modellen nicht betrachtete Technologieoptionen (z.B. solare Wärmenetze und die Elektrifizierung des Schwerlastverkehrs über Oberleitungen) sowie die Berücksichtigung von Optionen zur Aktivitätsbegrenzung (z.B. im Verkehr und der Zementherstellung).

Abbildung 4: Ergebnis der Index-Dekomposition der Änderungen der energiebedingten CO₂-Emissionen von 2010 bis 2050 (Summe über Zeitschritte)



CCS = CO₂-Abscheidung+Speicherung; CI = CO₂-Intensität, p.c. = pro Kopf; RES = Erneuerbare Energien

Eine zentrale methodische Erkenntnis des Projektes ist es, dass Indexdekompositionen speziell für den Fall einer starken Verringerung der Emissionsintensität, wie sie in ambitionierten Klimaschutzszenarien üblicherweise im Zielzeitpunkt auftritt, dazu tendieren, den Beitrag von Reduktionen der Aktivität und der Energieintensität als gering zu bewerten. Dies ist insbesondere für den LMDI der Fall. Dieser Effekt wird dadurch verursacht, dass die Emissionsintensität im Zielzeitpunkt in die Berechnung der Beiträge von Aktivität und Energieintensität eingeht. Um diesen Effekt zu verringern, wurden im Projekt Indexdekompositionen für alle verfügbaren Zeitschritte durchgeführt und die Ergebnisse addiert. Die Differenz der Ansätze mit und ohne Zwischenschritten zeigt auf, dass die Abweichungen bei der Bewertung des Beitrages der Energieintensität bis zu 35 Prozentpunkte betragen und diese mögliche Verzerrung bei der Anwendung von Indexdekompositionen auf Szenarien mit sich stark verändernder Emissionsintensität berücksichtigt werden sollte.

AP 3: Analyse der Emissionsdynamiken von Klimaschutzpfaden der EU

In AP 3 wurden sektorspezifische Aussagen zu kumulierten Emissionen und zur Änderung des Emissionsbudgets bei stärkerer Reduktion der Treibhausgasemissionen in den Nachfragesektoren abgeleitet. Zunächst wurden auf Basis der Ergebnisse von AP 2 die kumulierten Emissionen eines Klimaschutzpfades mit den ambitioniertesten Dekarbonisierungsraten je Sektor ermittelt. Es erfolgte ein Abgleich mit den in AP 1 ermittelten Emissionsbudgets, um Schlussfolgerungen zur Realisierbarkeit eines 1,5°-Pfades und dafür notwendiger Maßnahmen zu treffen. Die Ziele von AP 3 konnten vollständig erreicht werden.

Um zu analysieren, welche zusätzlichen Minderungen sich unter Berücksichtigung der Minderungstrends in den nationalen Studien in den globalen und EU-Studien ergeben könnten, wurde die Entwicklung der CO₂-Intensität (CI) einerseits und des Pro-Kopf-Energieverbrauchs (PKE) andererseits bestimmt. Die Raten des weitgehend ambitioniertesten Szenarios (Deutschland - KS95) wurden herangezogen und eine Realisierung in der gesamten EU in den globalen und EU-Szenarien unterstellt. Die Analyse wurde auf die Nachfragesektoren beschränkt. Daraus ergibt sich ein deutliches zusätzliches Vermeidungspotenzial zwischen 27 und 33 Gt CO₂ für eine Anpassung des Energieverbrauchs und zwischen 26 und 35 Gt CO₂ für eine Anpassung der Emissionsintensität (vgl. Tabelle 1). Die Anpassung beider Größen resultiert in Summe in Einsparungen in Höhe von 36 bis 37 Gt CO₂.

Des Weiteren wurde analysiert, wie sich erhöhte Ambitionsniveaus und frühzeitige Minderungen in den Nachfragesektoren in den verschiedenen Sektoren und deren Wechselwirkungen auf das Emissionsbudget auswirken. So erfordert eine Senkung der kumulierten Emissionen durch schnellere Elektrifizierung im Gebäude- und Verkehrsbereich auch eine schnellere Dekarbonisierung der Stromerzeugung. Da Strom eine wichtige Möglichkeit zur Dekarbonisierung der Nachfragesektoren darstellt, wurde entsprechend überprüft, ob der erhöhte Strombedarf zu höheren Emissionen im Stromsektor führt, die bei einer ausschließlichen Betrachtung der Nachfrageseite

unberücksichtigt blieben. Eine Übertragung der Entwicklung der Kohlenstoffintensität und des Energieverbrauchs von den nationalen Studien auf die globalen und EU-Szenarien zeigt jedoch, dass sich auch hier zusätzliche Emissionsminderungen durch schnellere Dekarbonisierungsraten in den nationalen Szenarien einstellen. Dies deutet darauf hin, dass auch im Stromsektor ein höheres Minderungspotenzial in den nationalen Studien unterstellt wird als in den globalen und EU-Studien abgebildet ist.

Tabelle 1: Zusätzliches Vermeidungspotenzial in globalen und EU-Modellen bei Übertragung von Vermeidungspotenzialen aus dem KS95-Szenario für Deutschland im Zeitraum 2015 – 2050

2015 – 2050		Zusätzliches Reduktions-potenzial über PKE [Gt CO ₂]	Zusätzliches Reduktions-potenzial über CI [Gt CO ₂]	Zusätzliches Reduktions-potenzial über CI + PKE [Gt CO ₂]
Globale Modelle	Nachfragesektoren	26.8	26.2	35.6
	- Industrie	8.2	8.4	10.8
	- Gebäude	9.2	9.1	12.2
	- Transport	9.4	8.8	12.5
	Energieversorgung	---	---	8.0
EU-Modelle	Nachfragesektoren	32.9	35.3	37.1
	- Industrie	11.4	13.0	13.9
	- Gebäude	7.1	7.5	8.3
	- Transport	14.4	14.8	15.0
	Energieversorgung	---	---	13.6

CI = CO₂-Intensität, PKE = Pro-Kopf-Energieverbrauchs

Durch einen erneuten Abgleich mit den Ergebnissen von AP 1 wurde geprüft, inwieweit dann noch eine Kompensation durch negative Emissionen nötig ist und in welchem Umfang entsprechende Technologien (primär BECCS, CO₂-Luftabscheidung) bis 2050 verfügbar sein müssten, um die negativen Emissionen wie in den Studien angenommen zu ermöglichen. Dies wurde auf Basis von Quellen zu den tatsächlichen Potentialen für negative Emissionen kritisch diskutiert.

AP 4: Ableitung von übergreifenden Politikempfehlungen

Ergebnis von AP 4 sollte ein Überblick über die zeitliche Ausgestaltung einer künftigen Energie- und Klimapolitik zur Erreichung des 1,5°C Ziels sein. Ursprünglich sollten diese Betrachtungen auf Basis der Bottom-up-Analysen in AP 2 und 3 erfolgen, um das Ambitionsniveau von Minderungen in den einzelnen Sektoren und mögliche Barrieren/ Risiken für die Erreichung einschätzen zu können. Auf Grund der zeitlichen Verzögerung bei der Bewilligung und der dadurch mit Blick auf den IPCC-Zeitplan nötigen Umorganisation der Arbeiten wurde das Vorgehen angepasst. Um konkrete Aussagen über kurz- und mittelfristige Anpassungsbedarfe bei der Klimaschutzstrategie der EU und der ihrer Mitgliedsstaaten zu adressieren, erfolgte statt der auf AP 2 und 3 aufbauen-

den Arbeiten die Betrachtung eines kosteneffizienten Paris-kompatiblen Pfads für die EU mit Fokus auf dem Jahr 2030. Ausgangspunkt für die Analysen ist der wissenschaftliche Konsens darüber, dass die von den Vertragsparteien des Pariser Abkommens vorgelegten NDCs weit hinter dem Ambitionsniveau zurückbleiben, das zum Erreichen der langfristigen Klimaziele erforderlich ist. Im Hinblick auf die vorgeschriebenen Revisionen der NDCs, die bis 2020 eingereicht werden sollen, ist daher das aktuelle europäische Ambitionsniveau zu hinterfragen. Die entsprechend der Umorganisation angepassten Ziele von AP4 konnten erreicht werden.

Die EU-Kommission geht davon aus, dass die zwischenzeitlich verabschiedeten Steigerungen der Erneuerbaren- und Energieeffizienzziele dazu führen, dass auch das Emissionsminderungsziel bis 2030 vom offiziellen Ziel von 40 % auf 45 % gegenüber dem Jahr 1990 erhöht werden kann. Um die Möglichkeiten und Effekte einer weiteren Ambitionssteigerung des europäischen NDCs zu untersuchen, wurde im Projekt das kosteneffiziente Szenario „EnerBlue“ des POLES-Enerdata Modells genutzt. Dieses Szenario basiert auf der Einhaltung der jeweiligen Klimaschutzziele in den derzeit eingereichten NDCs. Die aus dem „EnerBlue“-Szenario abgeleiteten CO₂-Vermeidungskostenkurven wurden zum Herleiten eines neuen Szenarios für die EU für das Jahr 2030 verwendet, welches mit dem langfristigen Temperaturziel des Pariser Abkommens kompatibel ist. Hierfür wurde der Emissionsminderungspfad des Climate Action Tracker herangezogen, der auf mehreren globalen Modellen basiert und zum Erreichen des Klimaziels ein globales Treibhausgasbudget von 1.235 Gt CO₂-eq für die Periode 2015-2050 ergibt. Mit Hilfe der Vermeidungskostenkurven wurden ein mit diesem Pfad kompatibler globaler CO₂-Preispfad und die zugehörigen Emissionsminderungen für die EU und ihre Mitgliedsstaaten für das Jahr 2030 abgeleitet.

Die Ergebnisse des neuen „Paris-LeastCost“ Szenarios wurden zunächst auf sektoraler Ebene in Bezug auf Minderungsniveaus und damit assoziierte Kosten analysiert. Darauf aufbauend wurden die Emissionsniveaus der Sektoren Energie, Industrie, Gebäude und Transport in den Ergebnissen des EnerBlue-Szenarios und des Paris-LeastCost-Szenarios mit den Implikationen für 2030 aus der EU-Langfriststrategie 2050 verglichen. Hierzu nutzten wir das darin enthaltene europäische Basisszenario, welches auf den bisher beschlossenen EU-Politiken beruht. Die EU-Langfriststrategie erreicht bis 2030 eine Emissionsminderung von 44% bei den energie- und prozessbedingten Emissionen ggü. 1990¹. Ein mit den Pariser Zielen konsistenter Pfad würde laut den Ergebnissen des Paris-LeastCost Szenarios eine Minderung von bis zu 58% bedeuten. Deutlich ambitioniertere Emissionsniveaus zeigt das Paris-LeastCost Szenario auch im Gebäude- und im Transportsektor (vgl. Tabelle 2).

¹ Laut EU-Langfriststrategie beträgt die Minderung aller Treibhausgasemissionen bis 2030 46% ggü. 1990.

Tabelle 2: Vergleich der sektoralen Emissionsniveaus der EU-Langfriststrategie mit den Ergebnissen der Szenarien EnerBlue (NDC) und Paris-LeastCost

Sektor	UNFCCC-Inventar	Langfriststrategie der EU: COM(2018)773		NDC Szenario		Paris-LeastCost Szenario	
	Emissions-niveau 1990 [MtCO ₂]	Emissions-niveau 2030 [MtCO ₂]	Minderung 2030 ggü. 1990	Emissions-niveau 2030 [MtCO ₂]	Minderung 2030 ggü. 1990	Emissions-niveau 2030 [MtCO ₂]	Minderung 2030 ggü. 1990
Energie +Industrie	2857	1360	52%	1684	41%	1012-1143	60-65%
Transport ²	773	680	12%	642	17%	560-565	27-28%
Gebäude	731	400	45%	464	37%	306-318	56-58%
Gesamt	4361	2440	44%	2790	36%	1878-2026	54-57%

Darüber hinaus wurden die Ergebnisse des neuen „Paris-LeastCost“ Szenarios auch auf Länder-ebene detaillierter betrachtet. Es zeigte sich, dass bei einer kosteneffizienten Aufteilung die Vermeidungskosten von Polen und Estland im Verhältnis zum nationalen Bruttoinlandsprodukt besonders hoch sind. Zusätzlich zu einem allgemeinen Vergleich zwischen den Ländern wurden für zwei Beispielländer, Deutschland und Polen, die Szenarienergebnisse zusätzlich mit den existierenden nationalen Klimaschutzstrategien verglichen. Die Auswahl basierte auf den sehr unterschiedlichen politischen Rahmenbedingungen der Länder. Der Vergleich sollte Aufschluss darüber geben, wie sich nationale Politiken der Mitgliedstaaten zu den übergeordneten Zielen der EU verhalten und welche Implikationen sich aus der kosteneffizienten Betrachtung einer Ambitionssteigerung auf EU-Ebene ziehen lassen.

Für Deutschland beschreibt der „Klimaschutzplan 2050“ die Klimaschutzziele- und Strategien bis 2050 und führt auch sektorale Minderungsziele für 2030 auf. Das Gesamtziel für 2030 stellt eine THG-Emissionsminderung von -55% gegenüber dem Emissionsniveau 1990 dar. Dieses Ziel ist grob vereinbar mit dem Ergebnis der Berechnung der Emissionsreduktion der energie- und prozessbedingten CO₂-Emissionen in Deutschland von -61% im Paris-LeastCost Szenario. Auch im Hinblick auf die sektoralen Emissionsniveaus gibt es nur geringfügige Unterschiede. Auch wenn die deutschen Ziele für 2030 in etwa den Zielvorgaben aus dem Paris-LeastCost-Szenario entsprechen, reichen die bis einschließlich 2018 vorgesehenen Maßnahmen jedoch bei weitem nicht aus. So ist in allen Sektoren noch eine große Lücke zwischen dem NDC-Szenario und den Zielen des Klimaschutzplan 2050 vorhanden. Der Vergleich der Szenarien ist in Tabelle 3 aufgeführt.

² In der EU-Langfriststrategie beinhalten die Ergebnisse die Emissionen des internationalen Luftverkehrs. Dies ist nicht der Fall für das Modell POLES-Enerdata. Für den Datenvergleich wird aus diesem Grund der internationale Verkehr für 2030 herausgerechnet (auf Basis von 2010).

Tabelle 3: Vergleich der sektoralen Emissionsniveaus der deutschen Klimaschutzplans 2050 mit den Ergebnissen der Szenarien EnerBlue (NDC) und Paris-LeastCost

Sektor	UNFCCC-Inventar	Klimaschutzplan 2050		NDC-Szenario		Paris-LeastCost-Szenario	
	Emissionsniveau 1990 [MtCO ₂ -eq]	Emissionsniveau 2030 [MtCO ₂ -eq]	Minderung 2030 ggü. 1990	Emissionsniveau 2030 [MtCO ₂ -eq]	Minderung 2030 ggü. 1990	Emissionsniveau 2030 [MtCO ₂ -eq]	Minderung 2030 ggü. 1990
Energie +Industrie	673	315-326	-56% bis -58%	379	-49%	283	-62%
Transport	162	95-98	-42% bis -40%	108	-34%	93	-43%
Gebäude	203	70-72	-67% bis -66%	88	-58%	60	-71%
Gesamt	1038	480-496	-57% bis -56%	575	-49%	436	-61%

Klimapolitische Rahmenziele für Polen wurden in der „Polish Energy Policy 2030“ (EPP2030) dargestellt, die zukünftig von der EPP2040³ abgelöst werden soll. Hiernach soll durch die Reduktion des Kohleanteils in der Elektrizitätserzeugung sowie eine Verstärkung des Energieeffizienzziels eine CO₂-Emissionsminderung von -30% gegenüber dem Emissionsniveau von 1990 erreicht werden. Sektorale Minderungsziele sind teilweise in dem 2019 eingereichten polnischen Nationalen Energie- und Klimaplan (NECP) aufgeführt. Der Vergleich mit dem Paris-LeastCost Szenario zeigt, dass Polen bei kosteneffizienter Zielverteilung sein derzeitiges Ziel verdoppeln muss (auf -58%), um die Anforderungen des Pariser Abkommens einzuhalten. Umsetzungsmaßnahmen müssen insbesondere in den Bereichen Energie und Industrie eingeleitet werden.

Tabelle 4: Vergleich der sektoralen Emissionsniveaus der Ergebnissen der Szenarien EnerBlue (NDC) und Paris-LeastCost für Polen

Sektor	UNFCCC-Inventar	EPP2040		NDC Szenario		Paris-LeastCost Szenario	
	Emissionsniveau 1990 [MtCO ₂ -eq]	Emissionsniveau 2030 [MtCO ₂ -eq]	Minderung 2030 ggü. 1990	Emissionsniveau 2030 [MtCO ₂ -eq]	Minderung 2030 ggü. 1990	Emissionsniveau 2030 [MtCO ₂ -eq]	Minderung 2030 ggü. 1990
Energie +Industrie	327			198	-39%	115	-65%
Transport	20			34	65%	30	45%
Gebäude	57			45	-6%	23	-52%
Gesamt	404	CO ₂ -Emissionsreduktion von -30% ggb 1990		277	-30%	167	-58%

Wenn Emissionsminderungen kosteneffizient zugewiesen werden, wirken sich Verteilungseffekte stärker auf Polen als auf andere EU-Mitgliedstaaten aus. Der Grund dafür ist die Kohleabhängigkeit und teilweise veraltete Infrastruktur, die vergleichsweise günstige Minderungsmaßnahmen

³ Bislang wurde nur ein Entwurf der EPP2040 veröffentlicht.

bietet. Dies muss in der EU-Politik berücksichtigt werden, wenn das Europäische Ambitionsniveau für 2030 angehoben wird.

AP 5 Dissemination

Die Ergebnisse der APs 1 bis 4 haben wichtige Erkenntnisse zu sektorspezifischen Emissionsdynamiken und übergreifende Politikempfehlungen geliefert. Diese Erkenntnisse wurden in Form von zwei wissenschaftlichen Papieren verarbeitet und veröffentlicht. Dabei beschreibt ein Papier detaillierte sektorspezifische Ergebnisse, während sich das zweite Papier auf die politikrelevanten Ergebnisse fokussiert. Zentrales Ziel der Dissemination war eine Einreichung und Veröffentlichung der Artikel im Zeitplan des IPCC-Sonderberichts SR1.5. Das Aufbauen auf eigenen Vorarbeiten erlaubte es, beide Papiere im September 2017 bei Journalen mit Peer-Review-Verfahren einzureichen (Climate Policy, Energy Efficiency). Weiterhin sind die Annahme und Online-Veröffentlichung wie erforderlich bis 15.05.2018 erfolgt. Um die Ergebnisse zu verbreiten, erfolgt zudem ein Email-Versand an relevante Netzwerke (u.a. ClimateL).

Der erste Artikel mit Fokus auf die Ergebnisse von AP 2 wurde in der Special Issue "Demand-side policies, governance and socio-technical mitigation pathways of limiting global warming to 1.5°C" des Journals Energy Efficiency veröffentlicht, welche explizit auf Beiträge für den SR1.5 abgezielt hat:

Wachsmuth, J., Duscha V.: Achievability of the Paris targets in the EU – the role of demand-side driven mitigation in different types of scenarios. Energy Efficiency (2018). <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9670-4>

Entsprechend wird dieser Artikel in Kapitel 2 „Mitigation pathways compatible with 1.5°C in the context of sustainable development“ des IPCC-Sonderberichts zu 1,5°C globaler Erwärmung zitiert. Der zweite Artikel mit Fokus auf die Ergebnisse von AP 1 und 3 wurde im Journal Climate Policy veröffentlicht:

Duscha V., Denishchenkova, A., Wachsmuth, J.: Achievability of the Paris Agreements' targets in the EU – Demand-side reduction potentials in a carbon budget perspective". Climate Policy, 19:2, 161-174, DOI: [10.1080/14693062.2018.1471385](https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1471385)

Mit der Veröffentlichung der beiden Artikel und der Zitation des ersten im Sonderbericht kann das zentrale Ziel von AP 5 und damit auch ein Kernziel des Projekts als erreicht angesehen werden.

Ein weiteres wissenschaftliches Papier zu den Ergebnissen von AP 4 befindet sich noch in der finalen Überarbeitungsphase. Es ist geplant das Papier bis Ende Oktober 2019 bei Climate Policy einzureichen. Der vorläufige Titel des Papiers ist:

Denishchenkova, A., De Coninck, H., Duscha V., Wachsmuth, J.: Options for increased ambition of the EU's NDC from a cost-effective perspective and implications for selected EU Member States.

Um die Verbreitung der Ergebnisse zusätzlich zu befördern, wurden die Ergebnisse ab Herbst 2017 in insgesamt fünf Konferenzbeiträgen (drei Vorträge, zwei Poster) vorgestellt:

- zwei Vorträge auf der 15. europäischen IAEE-Konferenz „Heading Towards Sustainable Energy Systems: Evolution or Revolution?“ vom 4. bis 6. September 2017 in Wien:

Wachsmuth, J.: Achievability Of the Paris agreements' targets in the EU – Comparison of Energy and Emission Intensities in International and National Mitigation Scenarios (joint work with Duscha V.)

Denishchenkova, A.: Achievability of the Paris Agreements' targets in the EU – Achievability of the Paris agreements' targets in the EU - Implications from a combined bottom-up modelling and budget approach (joint work with Duscha V., Wachsmuth, J.)

- Poster “Achievability of the 1.5°C target in the EU – The Role of Demand-Side Mitigation in National and International Scenarios” bei der Jahrestagung der deutschen IPCC-Sektion am 26./27.2.2018 in Nauen
- Vortrag “Achieving the Paris targets in Germany and the EU – possible lock-ins and policy needs to move from 80% reduction towards net-zero GHG emissions” von Jakob Wachsmuth bei der Energy Systems Conference 2018 in London, UK
- Poster “Assessment of energy scenarios: critical aspects of index decompositions in the context of deep decarbonisation” von Jakob Wachsmuth bei der Energy Scenarios School Conference 2018 in Karlsruhe

Dabei wurde vom Besuch einer Konferenz im außereuropäischen Ausland abgesehen, da zum einen einige wichtige Konferenzen in der EU stattgefunden haben und zum anderen so im Sinne des Klimaschutzes auf Flugreisen verzichtet werden konnte.

Darüber hinaus sind zentrale Teile der Ergebnisse in eine Präsentation bei dem von Fraunhofer ISI mitorganisierten offiziellen Side-Event „Long-term climate policy frameworks – elements for success“ zur COP23 am 10. November 2017 in Bonn eingeflossen. Schließlich wurde das Projekt bei der Postersession "Emerging science on 1.5°C global warming at the science policy interface" am 4.5.2018 während der SB48 in Bonn präsentiert.

Auf die Durchführung eines Stakeholder-Events in Brüssel wurde in Abstimmung mit dem Projektträger verzichtet. Grund hierfür war, dass im Kontext der Diskussion der am 28.11.2018 veröffentlichten strategischen Vision der EU, „A clean planet for all“, die Dichte solcher Workshops in Brüssel sehr hoch war. Dadurch erwies es sich als schwierig, Teilnehmende für einen Stand-Alone-Workshop zu finden. Ersatzweise sind Projektergebnisse in die vom Ecologic Institute organisierte Veranstaltung „Insights from a comparative analysis of long-term climate policy scenarios“ mit Vertretern u.a. von der EU-Kommission, EU-Parlament und Umweltverbänden am 1.10.2018 in Brüssel eingeflossen.

AP 6: Projektmanagement und Koordination

Da das Projekt zur Verbesserung der Wissensgrundlage für den IPCC SR1.5 beitragen sollte, mussten die Arbeiten im Projekt in einem engen Zeitrahmen stattfinden. Ein relativ kleines Bearbeitungsteam begrenzte den Abstimmungsaufwand und trug zur effizienten Bearbeitung bei. Dr. Jakob Wachsmuth koordinierte als Projektleiter die Bearbeitung und Abstimmung innerhalb des Teams und sorgte für eine termingerechte Fertigstellung der einzelnen Arbeitspakete. Weitere Bearbeiter waren Dr. Vicki Duscha und Alexandra Denishchenkova. Die inhaltliche Qualitätskontrolle übernahmen Prof. Dr. Wolfgang Eichhammer und Prof. Dr. Joachim Schleich. Es gab regelmäßige Treffen des Bearbeitungsteams, die nach Bedarf aufgrund der räumlichen Nähe auch ad-hoc stattfanden. Unabhängig von der unter AP 5 beschriebenen Ergebnisdissemination wurde der Projektfortschritt in Zwischenberichten entsprechend den BMBF-Vorgaben dokumentiert.

II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Im Rahmen des Projekts sind primär Personalkosten für die Finanzierung der Projektmitarbeiter/innen inklusive studentischer Hilfskräfte angefallen. Daneben wurden Konferenzbesuche finanziert. Sachkosten fielen für die Open-Access-Publikation der beiden veröffentlichten Artikel sowie für die Beschaffung von Daten an. Eine Übersicht über die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises gibt Tabelle 5.

Tabelle 5 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

	Abgerechnete Kosten	Vorkalkulierte Kosten
	in EURO	in EURO
Personalkosten	251.004,30	247.731,05
Reisekosten	4720,91	5,910,00
Sachkosten	16.643,36	22.500,00
Gesamt	272.368,57	276.141,05

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Arbeit im Projekt folgte weitgehend der im Projektantrag formulierten Planung bzw. in AP4 der mit dem Antrag zur Mittelumwidmung angepassten Planung. Alle im Arbeitsplan formulierten Aufgaben wurden erfolgreich bearbeitet, es waren keine zusätzlichen Ressourcen für das Projekt nötig. Die Sachkosten zur Organisation eines Workshops wurden nicht abgerufen, weil dieser in Abstimmung mit dem Zuwendungsgeber nicht durchgeführt wurde. Dadurch sind in Summe die abgerechneten Kosten um 3.772,28 EURO geringer ausgefallen als kalkuliert.

II.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplan

Das Vorhaben zielte nicht auf die wirtschaftliche, sondern auf eine wissenschaftliche Verwertung der Ergebnisse und Anwendung in der wissenschafts-basierten Politikberatung.

Zentrales Ziel der Verwertung war eine Zitation der Ergebnisse im IPCC-Sonderberichts SR1.5. Dies ist für den Artikel „Achievability of the Paris targets in the EU – the role of demand-side driven mitigation in different types of scenarios“ gelungen, welcher in Kapitel 2 „Mitigation pathways compatible with 1.5°C in the context of sustainable development“ des IPCC-Sonderberichts zu 1,5°C globaler Erwärmung zitiert wird.

In Folgeprojekten plante das Fraunhofer ISI die Ergebnisse auf Weltregionen mit ähnlichen sozio-ökonomischen Bedingungen und unter Umständen auch darüber hinaus zu übertragen sowie sie für EU-Mitgliedsstaaten zu spezifizieren. Diesbezüglich wurden folgende Aktivitäten umgesetzt oder sind in Vorbereitung:

- Zum 1.11.2017 ist das vom Umweltbundesamt beauftragte Beratungsprojekt „Implikationen des Pariser Klimaschutzabkommens auf nationale Klimaschutzanstrengungen“ (FKZ 3717 41 102 0) mit Beteiligung des Fraunhofer ISI gestartet. In dieses sind die Projektergebnisse zum Teil als Grundlage eingeflossen und in den internationalen Kontext eingeordnet worden.
- Das Fraunhofer ISI war an der erfolgreichen Beantragung des Projekts PARIS REINFORCE unter der Horizon2020-Ausschreibung „Supporting the development of climate policies to deliver on the Paris Agreement, through Integrated Assessment Models (IAMs)“ beteiligt, welches Mitte 2019 gestartet ist. Die methodischen Einsichten des Projekts 1p5dEurope werden darin eingebracht und im Kontext europäischer und globaler Modellierungsaktivitäten weiterentwickelt. Für die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit wird auf ein bestehendes Netzwerk von regionalen Partnern zurückgegriffen (u.a. EU, Brasilien, China, Indien, Russland, USA), um Anschluss an den dortigen klimapolitischen Diskurs zu gewährleisten.
- Anknüpfungspunkte für das Projekt finden sich auch in der aktuellen Horizon2020-Ausschreibung „Scientific support to designing mitigation pathways and policies – focus on decarbonisation and lifestyle changes“ (LC-CLA-10-2020) wieder. Das Fraunhofer ISI wird sich an einem Antragskonsortium beteiligen, in das im Fall einer erfolgreichen Beantragung die Ergebnisse des Vorhabens 1p5dEurope eingebracht und mit Blick auf die Implikationen für sektorale Klimapolitiken auf EU-Ebene weiterentwickelt werden.

Das Fraunhofer ISI berät zudem in vielen Projekten öffentliche Auftraggeber energie- und klimapolitisch, insbesondere die EU-Kommission, das Bundesumweltministerium, das Bundeswirtschaftsministerium und das Umweltbundesamt. Die Entwicklung von ambitionierten Minderungs-szenarien und die Ableitung von Politiken, die helfen diese Ziele zu erreichen, spielen vor dem

Hintergrund des Pariser Klimaabkommens eine wichtige Rolle. Die Ergebnisse zu politischen Handlungsnotwendigkeiten finden auf diese Weise direkt Einzug in die politischen Prozesse:

- Zum 23.10.2018 ist das vom Umweltbundesamt beauftragte Beratungsprojekt „Wissenschaftliche Begleitforschung zur langfristigen EU-Low-Carbon-Strategie – Bestandsaufnahme, Analysen zu und Bewertung von möglichen Implikationen für Sektoren und Handlungsfelder“ (FKZ: 3718 41 1130) unter Leitung des Fraunhofer ISI gestartet. In dieses fließen die Projektergebnisse zum Teil als Grundlage ein, wobei ihre Bedeutung für die strategische Vision der EU, „A clean planet for all“, konkretisiert wird.
- Am 15.11.2018 hat Dr. Jakob Wachsmuth auf Einladung der Stiftung Mercator am Roundtable-Gespräch „Forschung à la carte“ einen Impuls zum Thema „(Polit-) Ökonomische Implikationen des Einsatzes von Negative-Emissionen-Technologien“ gegeben und dabei u.a. Ergebnisse des Projekts 1p5dEurope an die teilnehmenden wissenschaftlichen Mitarbeiter einiger Mitglieder des Deutschen Bundestags vermittelt.

II.5 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Während der Durchführung des Vorhabens sind zahlreiche wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Ausgestaltung von Klimaschutzpfaden, welche mit der Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5°C kompatibel sind, bekannt geworden. Die wichtigsten davon wurden in Kapitel 2 „Mitigation pathways compatible with 1.5°C in the context of sustainable development“ und Kapitel 4 „Strengthening and implementing the global response“ des IPCC-Sonderberichts zu einer globalen Erwärmung von 1,5°C zusammengefasst. Eine zentrale Kernaussage dabei ist, dass eine Begrenzung der Erwärmung auf 1,5°C ohne oder mit nur geringfügigem Überschießen des Ziels grundsätzlich auch mit nur geringen negativen Emissionen möglich ist, dies jedoch ein radikales Umsteuern in allen Wirtschaftssektoren erfordert. Die im Rahmen des Vorhabens gewonnenen Erkenntnisse verdeutlichen dies für die EU.

Zur spezifischeren Frage nach den nachfrageseitigen Anforderungen von Klimaschutzpfaden, welche mit der Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5°C kompatibel sind, wurde eine Reihe von Artikeln in der Special Issue "Demand-side policies, governance and socio-technical mitigation pathways of limiting global warming to 1.5°C" des Journals Energy Efficiency veröffentlicht. In Summe zeigen diese Artikel, dass es eine Vielzahl wichtiger Optionen zur nachfrageseitigen Emissionsminderung gibt und Forschung und Politik diesen bisher nicht genügend Aufmerksamkeit geschenkt haben. Dabei ergeben sich große Herausforderungen aus der Verflechtung mit der Angebotsseite und notwendigen Verhaltensänderungen. Hieraus ergeben sich neue Forschungsfragen, welche über die im Rahmen des Vorhabens erzielten Ergebnisse hinausgehen.

II.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6

Alle im Rahmen des Projektes erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen sind im Folgenden aufgelistet.

Veröffentlichungen im referierten wissenschaftlichen Journalen

Duscha V., Denishchenkova, A., Wachsmuth, J. (2018): Achievability of the Paris Agreements' targets in the EU – Demand-side reduction potentials in a carbon budget perspective". Climate Policy, 19:2, 161-174, DOI: [10.1080/14693062.2018.1471385](https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1471385)

Wachsmuth, J., Duscha V. (2018): Achievability of the Paris targets in the EU – the role of demand-side driven mitigation in different types of scenarios. Energy Efficiency (2018). <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9670-4>

Arbeitspapiere

Denishchenkova, A., De Coninck, H., Duscha V., Wachsmuth, J.: Options for increased ambition of the EU's NDC from a cost-effective perspective and implications for selected EU Member States. Einreichung bei Climate Policy geplant.

Konferenzbeiträge

Denishchenkova, A.: Achievability of the Paris Agreements' targets in the EU – Achievability of the Paris agreements' targets in the EU - Implications from a combined bottom-up modelling and budget approach. Vortrag auf der 15. europäischen IAEE-Konferenz „Heading Towards Sustainable Energy Systems: Evolution or Revolution?“. 4. – 6. September 2017 in Wien.

Wachsmuth, J.: Achievability Of the Paris agreements' targets in the EU – Comparison of Energy and Emission Intensities in International and National Mitigation Scenarios. Vortrag auf der 15. europäischen IAEE-Konferenz „Heading Towards Sustainable Energy Systems: Evolution or Revolution?“ vom 4. bis 6. September 2017 in Wien.

Wachsmuth, J.: Long-term Climate-policy Frameworks – National Climate Policy Scenarios in the Context of International / EU Scenarios. Präsentation beim Side-Event „Long-term climate policy frameworks – elements for success“ zur COP23 am 10. November 2017 in Bonn.

Wachsmuth, J.: “Achievability of the 1.5°C target in the EU – The Role of Demand-Side Mitigation in National and International Scenarios” bei der Jahrestagung der deutschen IPCC-Sektion am 26./27.2.2018 in Nauen.

Wachsmuth, J.: “Achieving the Paris targets in Germany and the EU – possible lock-ins and policy needs to move from 80% reduction towards net-zero GHG emissions”. Vortrag bei der Energy Systems Conference 2018 in London, UK

Wachsmuth, J.: “Assessment of energy scenarios: critical aspects of index decompositions in the context of deep decarbonisation”. Poster bei der Energy Scenarios School Conference 2018 in Karlsruhe.