DIALOG ZUR KLIMAÖKONOMIE

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

FONA
Ökonomie des Klimawandels
BMBF

Hintergrundpapier zum 2. Forum Klimaökonomie

Der Beitrag der Energiepolitik zur Wettbewerbspolitik

Energie, Wirtschaft und Klima im Wettbewerb?

PROF. DR. KAREN PITTEL | DR. JOHANN WACKERBAUER
| IFO INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

DR. KLAUS RENNINGS | DR. KATRIN SOMMERFELD
| ZENTRUM FÜR EUROPÄISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

ifo Institut
Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung
an der Universität München e.V.

ZEW
Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH

Vorwort

Energie- und Klimapolitik werden nicht nur in einem Atemzug genannt und als integriert wahrgenommen, sondern auch politisch zunehmend unter einem Dach vereint. Doch die Fragen bleiben: Ist die Erreichung klimapolitischer Ziele nur auf Kosten der Wirtschaft möglich? Müssen energiepolitische Maßnahmen besser koordiniert werden? Welcher Strategie sollte die europäische Klimapolitik langfristig folgen? Wie gelingt es, den Abbau fossiler Energie langfristig zu stoppen?

Das Hintergrundpapier zum 2. Forum Klimaökonomie "Energie, Wirtschaft und Klima im Wettbewerb?" gibt Antworten zu diesen und weiteren Fragen aus den aktuellen Forschungsarbeiten der Projekte des BMBF-Förderschwerpunktes „Ökonomie des Klimawandels". Die Vielfalt der potentiellen Fragestellungen spiegelt sich dabei in der Diversität der Projekte und ihrer Forschungsarbeiten wider. Die betrachteten Themen umfassen globale Aspekte – wie die Verteilung von Ressourcengewinnen über Zeit und Raum – ebenso wie regionale Fragen – wie die gerechte Verteilung von Anlagen zur Wind- und Solarenergieerzeugung.

Die AutorInnen möchten sich an dieser Stelle für die tatkräftige Unterstützung der Projekte aus dem Förderschwerpunkt bedanken, die Texte zu ihren Projekten beigesteuert und dieses Papier in der Entwurfsfassung ergänzt und kommentiert haben. Die beteiligten Projekte und die an ihnen beteiligten Forschungspartner sind in der unterstehenden Grafik aufgeführt und ihren geografischen Standorten zugeordnet, die mitwirkenden Personen in der Spalte rechts genannt.

Die AutorInnen danken folgenden Personen für ihre Mitarbeit am und die Beiträge zum Hintergrundpapier:

Jan Abrell (ETH Zürich)
Nico Bauer (PIK Potsdam)
Patrick Breun (KIT Karlsruhe)
Geesche M. Dobers (Uni Göttingen)
Martin Drechsler (UFZ Leipzig)
Magnus Fröhling (KIT Karlsruhe)
Clemens Gerbaulet (TU Berlin)
Jérôme Hilaire (PIK Potsdam)
Franziska Holz (DIW Berlin)
Carola Kniebes (IfW Kiel)
Martin Lange (UFZ Leipzig)
Christine Merk (IfW Kiel)
Jürgen Meyerhoff (TU Berlin)
Anne Neumann (Uni Potsdam)
Malte Oehlmann (TU Berlin)
Gert Pönitzsch (IfW Kiel)
Katrin Rehdanz (IfW Kiel)
Ulrich Schmidt (IfW Kiel)
Frank Schultmann (KIT Karlsruhe)

BETEILIGTE PROJEKTE DES FÖRDERSCHWERPUNKTS:

ACCEPT Analyse der öffentlichen Akzeptanz neuer Technologien zur Abschwächung des Klimawandels | Institut für Weltwirtschaft (IfW) Kiel

Hybrid Modeling Bewertung von klimapolitischen Strategien im Elektrizitätssektor mit einem hybriden Top-Down/Bottom-Up-Modell | Technische Universität Berlin | ETH Zürich

Resources Internationale Energieressourcenmärkte im Kontext von Klimapolitiken | Universität Potsdam | Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) Berlin

EnergyEFFAIR Effiziente und gerechte Allokation erneuerbarer Energien auf nationaler Ebene | Technische Universtität Berlin | Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) Leipzig | Georg-August-Universität Göttingen

DECARBONISE Klimaschutz durch die Dekarbonisierung der deutschen Industrie | Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Green Paradox Das Grüne Paradoxon – Wirkungsmechanismen und quantitative Bedeutung | ifo-Institut für Wirtschaftsforschung | Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

KAREN PITTEL | JOHANN WACKERBAUER
KLAUS RENNINGS | KATRIN SOMMERFELD

DER BEITRAG DER ENERGIEPOLITIK ZUR KLIMAPOLITIK

Energie, Wirtschaft und Klima im Wettbewerb?

EINLEITUNG

Energie- und Klimapolitik werden zunehmend in einem Atemzug genannt und als integriert wahrgenommen. Dies zeigt sich nicht nur in zahlreichen wissenschaftlichen Veröffentlichungen zur Energie- und Klimaforschung, sondern auch in der deutschen und europäischen Politik. Ein deutliches Beispiel ist das EU-Energie- und Klimapaket für 2030, das – wie bereits die 20-20-20 Strategie – spezifische Ziele nicht nur für den Anteil erneuerbarer Energien und für die Steigerung der Energieeffizienz definiert. Des Weiteren gibt es in der neuen Europäischen Kommission von Jean-Claude Juncker einen Kommissar für Klimaschutz und Energie, Generaldirektionen, die vorher getrennt und nicht immer koordiniert gearbeitet haben. Außerdem ist die Energiepolitik eng verzahnt mit der Wirtschaftspolitik und so wurde das deutsche Wirtschaftsministerium 2013 umgestaltet zum „Bundesministerium für Wirtschaft und Energie". Dieses ist nun für alle energiepolitischen Fragen zuständig, einschließlich der erneuerbaren Energien, für die vorher das Bundesumweltministerium zuständig war. Es zeigt sich die enge Verzahnung der Themenfelder Energie, Wirtschaft und Klima, die sicher große Synergien aber auch Widersprüche aufweisen, die durch ein Meta-Ministerium allein nicht zu lösen sind.

So werden in Deutschland bisher die Instrumente zu den Themen Energie, Wirtschaft und Klima eher unkoordiniert eingesetzt. Diese mangelnde Koordination führt letztlich zu mehr oder weniger großen volkswirtschaftlichen Verzerrungen und Ineffizienzen. Beispiele hierfür sind das Nebeneinander von Erneuerbare-Energien-Gesetz und Europäischem Emissionshandel (Emission Trading System ETS) ebenso wie unterschiedliche Fördersätze für verschiedene erneuerbare Energien. Ob eine spezifische Technologieförderung volkswirtschaftlich nützlich ist oder nicht, ist nach wie vor umstritten, da hiermit auch Technologien verbessert werden, die die Kosten der Emissionsreduktion in der Zukunft senken. Außerdem werden mit der Technologieförderung weitere gesamtwirtschaftliche Ziele wie die Energiesicherheit verfolgt.

Fallende Preise für fossile Energieträger, wie sie insbesondere für Erdöl aber auch für Kohle und Erdgas in den letzten Monaten und Jahren zu beobachten waren, können die Klimapolitik darüber hinaus vor weitere Herausforderungen stellen. Klima- und energiepolitische Maßnahmen, die die Differenz zwischen den Weltmarktpreisen für Energie und den heimischen Preisen einschließlich der Kosten des Klimaschutzes erhöhen, haben das Potential zumindest kurzfristig die Wettbewerbsfähigkeit zu reduzieren und werden entsprechend stärker hinterfragt. Andererseits befördern geringere Preise fossiler Energie Investitionen in kohlenstoffintensive Infrastruktur und erzeugen einen technologischen Lock-In, der später höhere Preise verlangt, um ein vergleichbares Umweltziel zu erreichen.

Während die Brennstoffpreise zunehmend unter Druck geraten, besteht eigentlich die Notwendigkeit, einen großen Teil der fossilen Ressourcen im Boden zu belassen, um die Möglichkeit zu erhalten, selbst wenig ambitionierte Ziele hinsichtlich der Erderwärmung zu erreichen. Wie dieser Widerspruch aufgelöst werden kann, ist eine schwierige Frage. Diese Konflikte treten in den Klimaverhandlungen für Paris 2015 immer stärker zutage. Deutschland und die Europäische Union müssen daher zwischen ihrer internationalen Vorreiterrolle und der Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit ihrer Wirtschaft einen Kompromiss finden.

Zu diesen Themen und dazu, welche politischen Entscheidungsstrukturen auf europäischer Ebene notwendig sind, liefert dieses Hintergrundpapier Diskussionsbeiträge aus ökonomischer Sicht. Dies beinhaltet im Speziellen:

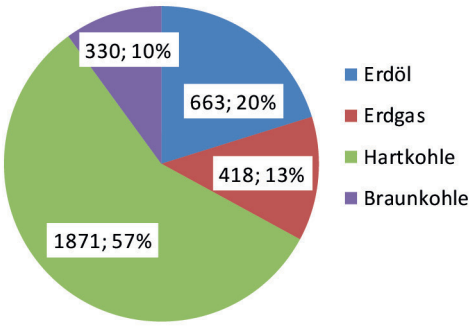
1. In der energiepolitischen Debatte wird teilweise die Vermutung geäußert, dass wegen der Erschöpfung der fossilen Ressourcen die Emissionen von Treibhausgasen ohnehin reduziert werden bzw. auch dass der technische Fortschritt im Extraktionssektor die Verwendung von Erdgas erhöht, was schließlich zu geringeren CO_2-Emissionen wegen der Substitution von Kohle durch Erdgas führt. Löst also die Ressourcenknappheit das Klimaproblem oder kann eine Erdgasstrategie die Klimapolitik ersetzen?
2. Wenn dies nicht der Fall ist, müssen effiziente klimapolitische Instrumente gewählt werden. Dem Emissionshandel kommt dabei eine zentrale Rolle zu. Aufgrund des Verfalls der Zertifikatepreise bestehen jedoch zunehmend Zweifel, ob das Europäische Emissionshandelssystem seine Lenkungswirkung überhaupt noch entfalten kann. Welchen Beitrag kann das Europäische Emissionshandelssystem im Zusammenspiel mit der Förderung erneuerbarer Energien und der Erhöhung der Energieeffizienz zur Erfüllung der Ziele für 2030 leisten?
3. Selbst wenn die gewählten Instrumente zur Reduzierung des Energieverbrauchs und für den Ausbau erneuerbarer Energieträger dem Kriterium der Effizienz genügen würden, stellt sich die Frage wie die volatile Einspeisung von Strom aus Wind und Sonne am effizientesten genutzt werden kann. Welchen Beitrag können Infrastrukturmaßnahmen zum Netzausbau in diesem Zusammenhang für eine bessere Koordination der europäischen Energiemärkte leisten?
4. Durch den Netzausbau entstehen weitere Kosten, die gemeinsam mit den Kosten der Klimaschutzmaßnahmen die internationale Wettbewerbsfähigkeit der energieintensiven Industrien in der europäischen Union erheblich beeinträchtigen können. Wie ist ein Zielkonflikt zwischen Wettbewerbsfähigkeit und Klimaverträglichkeit zu lösen und wie wirken sich verschiedene Politikszenarien auf die Wettbewerbsfähigkeit aus?
5. Neben der Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft rücken mit steigenden Kosten der Energieversorgung auch verteilungspolitische Gesichtspunkte stärker in den Vordergrund. Die Kosten der Förderung erneuerbarer Energien und des Netzausbaus können, wenn sie auf den Strompreis umgelegt werden, regressive Verteilungswirkungen mit sich bringen und damit die Akzeptanz von Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien beeinträchtigen. Welche Auswirkungen hat dies auf die Akzeptanz für Solar- und Windenergiestandorte?
6. Immer häufiger wird darüber diskutiert, ob der Einsatz von Brückentechnologien wie CO_2-Abscheidung und –Speicherung oder noch stärker visionäre Ansätze wie Climate Engineering die Erreichung der gesteckten Klimaziele mittelfristig erleichtern kann. Wie steht die Bevölkerung diesen neuen Technologien zur Bekämpfung des Klimawandels gegenüber?
7. Die Vertreter der Europäischen Union führen Klimaverhandlungen in dem Spannungsfeld zwischen ihrer internationalen Vorreiterrolle, der Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit ihrer Wirtschaft und der Vermeidung von Verteilungskonflikten. Welche Position sollte die EU in Paris 2015 bzw. bei weiteren Klimaverhandlungen einnehmen und welche Rolle spielt dabei die europäische Energiepolitik?

Im Folgenden wird insbesondere erörtert, welche Beiträge die Projekte im Themenschwerpunkt „Energieressourcen und klimafreundliche Energieversorgung" des BMBF-Förderschwerpunkts „Ökonomie des Klimawandels" zur Beantwortung dieser Fragen beitragen können.

1. WELCHEN BEITRAG KÖNNEN RESSOURCENKNAPPHEIT EINERSEITS UND NACHFRAGE- BZW. ANGEBOTSSEITIGE POLITIKEN ANDERERSEITS ZUR LÖSUNG DES KLIMAPROBLEMS LEISTEN?

Die aktuelle klimapolitische Debatte widmet sich vor allem der Frage der effizienten Ausgestaltung klima- und energiepolitischer Maßnahmen, stellt deren grundsätzliche Notwendigkeit allerdings selten in Frage. Ob und welche klimapolitischen Maßnahmen tatsächlich erforderlich sind, hängt jedoch in hohem Maße von der Größe der globalen Ressourcenbestände ab. Gehen die fossilen Energien rapide zur Neige, wie die Verfechter der „peak oil" Hypothese argumentieren, könnten kosten- und knappheitsbedingte Preissteigerungen bereits einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion der CO_2-Emissionen und damit zur Lösung des Klimaproblems leisten. Setzen die erhofften Preissteigerungen allerdings nicht (rechtzeitig) ein, stellt sich nicht nur die Frage, wie eine Verlangsamung des Ressourcenabbaus erreicht werden kann, sondern auch wie der Abbau großer Teile dieser Ressourcen langfristig verhindert werden kann.

Die Ergebnisse des Projekts „Resources" zeigen, dass Reserveknappheiten auch in langer Frist keine ausreichenden preistreibenden Effekte im globalen Markt haben werden, um Treibhausgasemissionen aus dem Verbrauch von fossilen Energieträgern zu beschränken. Knappheiten können somit keine ambitionierte Klimapolitik ersetzen. Der IPCC (2013, Arbeitsgruppe 1 des 5. Sachstandsberichts) geht von einem Kohlenstoffbudget von ca. 3.670 Gt CO_2 aus, um das 2°C-Ziel mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erreichen. Wenn man davon bisherige CO_2-Emissionen und weitere nicht CO_2-bedingte Erwärmungsfaktoren abzieht, ergibt sich ein verbleibendes CO_2-Budget von ca. 1.000 Gt. Demgegenüber stehen Reserven der fossilen Energieträger Erdgas, Kohle und Erdöl, die bei Verbrennung zu Emissionen in Höhe von über 3.000 Gt führen würden[1]. Abbildung 1a stellt diese hypothetische „Einlagerung von CO_2" nach fossilen Energieträgern dar, wohingegen Abbildung 1b die (approximierte) Verteilung nach Ländern aufschlüsselt.



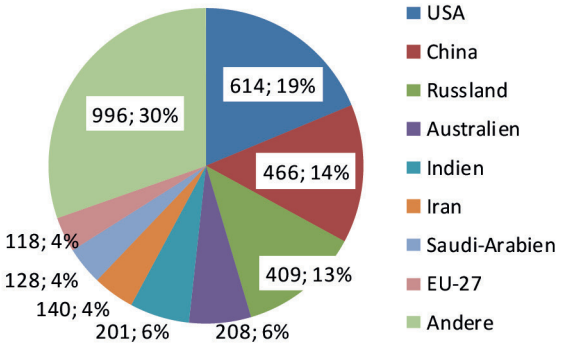


Abbildung 1a: *Weltweite „Einlagerung von CO_2" in Reserven nach fossilen Energieträgern, in $GtCO_2$ und Prozent*
Quelle: *Darstellung des DIW basierend auf BGR, 2013 und IPCC, 2006.*

Abbildung 1b: *"Einlagerung von CO_2" in Reserven (Erdöl, Erdgas, Hartkohle, Braunkohle) nach Ländern, in $GtCO_2$ und Prozent*

Da Reserveschätzungen zudem nur die Vorkommen beinhalten, die mit heutigen Technologien zu aktuellen Preisen ökonomisch gefördert werden können, muss von deutlich größeren Vorkommen ausgegangen werden (Ressourcenpotential, siehe Rogner et al. 2012). Technologischer Fortschritt führt bei entsprechenden Preissignalen zu Erschließung von Vorkommen, die lange Zeit als nicht ökonomisch förderbar galten – wie aktuell beobachtbar im Falle des amerikanischen Schiefergases. Eine Analyse im Rahmen des Projektes „Green Paradox" zeigt, dass eine Abschätzung des wirtschaftlichen Potentials dieser Erdgasressourcen allerdings nach wie vor mit großen Unsicherheiten behaftet ist und dies, obwohl es hinsichtlich der Abschätzung von Vorkommen und Extraktionskosten in den letzten Jahren deutliche Fortschritte gegeben hat (Hilaire et al. 2014). Eine weitergehende Untersuchung im Projekt Green Paradox hinsichtlich der Verfügbarkeit fossiler Energieträger hat ergeben, dass selbst

1 Dieser Wert ist berechnet aus den aktuellen Reserveschätzungen in der Energiestudie 2013 der BGR mit durchschnittlichen Emissionsfaktoren der IPCC-Richtlinien für die Erfassung von Treibhausgasemissionen, 2006 (BGR 2013, IPCC 2006), siehe auch Holz et al. (2014).

unter den pessimistischsten Annahmen hinsichtlich politischer, technologischer und ökonomischer Faktoren die Freisetzung des in fossilen Energieträgern mit geringen Extraktionskosten eingelagerten CO_2 ausreicht, um die globale Mitteltemperatur bis 2100 mit einer 50:50-Chance über 3°C zu erhöhen (Bauer et al. 2014a) . Angesichts der potentiellen globalen Schäden eines solchen Temperaturanstiegs sind klimapolitische Maßnahmen, die sowohl die Geschwindigkeit des Abbaus reduzieren als auch dazu führen, dass (in Abwesenheit von Kohlenstoffspeicherung) Ressourcen im Boden verbleiben, unabdinglich.

Die Erwartung, dass mit der Erschließung und Nutzung von reichhaltigeren Erdgasvorkommen der Klimawandel gebremst werden könnte, ist zudem irreführend, da Kohle weiterhin genutzt würde (McJeon et al. 2014). Abbildung 2 zeigt die zu erwartenden Substitutionsbeziehungen im Jahr 2050 für eine Reihe von Modellen, wenn das Erdgasangebot ausgeweitet wird (Die Abbildung zeigt die Differenzen zwischen dem Fall mit vermehrtem Gasangebot und dem Fall mit stagnierendem Gasangebot). Das REMIND Modell, das im Rahmen des Green Paradox Projektes an der Studie teilgenommen hat, zeigt die stärkste Sensitivität. Es zeigt, dass im Stromsektor nicht nur Kohle durch Erdgas ersetzt würde, sondern auch Erneuerbare Energien und Kernkraft. Außerdem würde das zusätzliche Erdgasangebot in anderen Sektoren wie Haushalten und Industrie lediglich zu einer erhöhten Nutzung und kaum zu Substitution führen. Selbst wenn ein Ersatz von Kohle durch Erdgas stattfände, würden durch diese Substitution lediglich begrenzte Emissionsminderungen erreichbar sein, so dass die Erschließung zusätzlicher Erdgasvorkommen eine weitere Herausforderung für das Klima darstellt (siehe auch Richter, 2015).

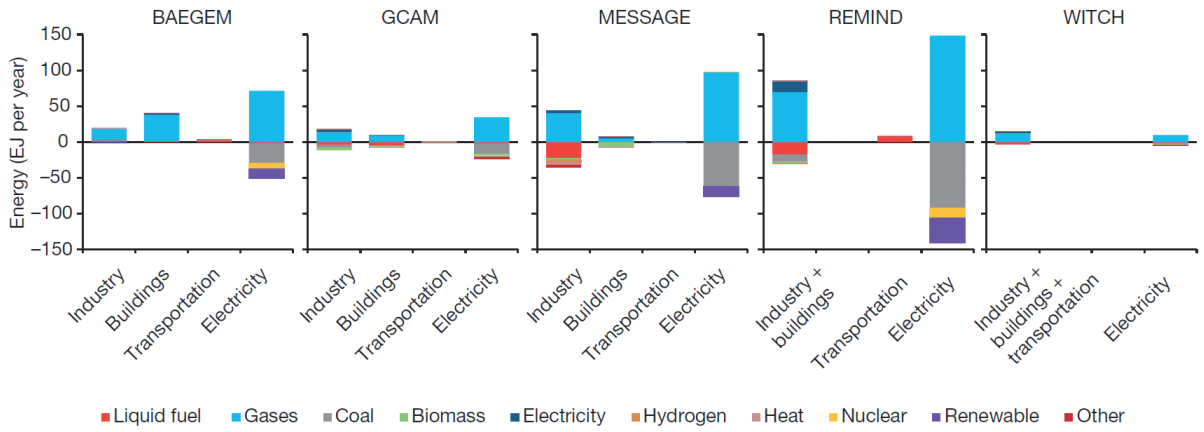


Abbildung 2: *Substitution der Endenergieerzeugung im Jahr 2050 in unterschiedlichen Modellen nach Primärenergieträgereinsatz und Strom.*
Quelle: *McJeon et al. (2014)*

Wie Sinn (2008) gezeigt hat, kann die Einführung klimapolitischer Maßnahmen allerdings auch dazu führen, dass der Abbau von Kohle, Öl und Erdgas schneller als ohne diese Politiken erfolgt (sogenanntes „Grünes Paradoxon"). Erwarten die Eigentümer von Öl, Erdgas und Kohle, dass die Profitabilität des Abbaus ihrer Ressourcen in der Zukunft aufgrund von Klimapolitiken, kostengünstigerer grüner Energie oder höherer Substituierbarkeit in der Wahl des Energieträgers sinkt, besteht ein Anreiz, den Abbau der fossilen Energieträger zu beschleunigen (Sinn 2008, Pittel et al. 2014). Ob und wie stark ein solches „Grünes Paradoxon" der Klimapolitik auftritt, hängt allerdings von einer Reihe von Faktoren ab (siehe beispielweise Gronwald et al. 2013). So können Kapazitätsbeschränkungen für den Ausbau erneuerbarer Energien oder auch steigende Extraktionskosten für fossile Energieträger dazu führen, dass keine paradoxen Reaktionen im Sinne eines Grünen Paradoxons eintreten. Ebenso können Reaktionen auf der Nachfrageseite angebotsseitige Reaktionen auf klimapolitische Maßnahmen zumindest partiell kompensieren.

In einer quantitativen Studie mit dem Modell REMIND wurde die Stärke des Grünen Paradoxons abgeschätzt (Bauer et al. 2014b). Auf der Angebotsseite der fossilen Energieträger wurde dabei insbesondere die dynamische Preisbildung auf den Ressourcenmärkten berücksichtigt, die für die langfristigen und globalen Extraktionspfade und die Preisbildung von entscheidender Bedeutung ist. Die Untersuchung bezieht neben dem angebotsseitigen Effekt des Grünen Paradoxons ebenfalls nachfrageseitige Effekte ein. Die Erwartungen über zukünftige CO_2-Steuern

werden auch auf Seiten der Investoren gebildet und in die Investitionen in Energieinfrastruktur (Kohlekraftwerke, Raffinerien, etc.) mit einbezogen. Diese Anlageinvestitionen werden über sehr lange Zeithorizonte hinweg geplant und zukünftige CO_2-Preise können zu einer Entwertung des Kapitals führen, da deren Weiterbetrieb sich nicht mehr lohnt. Damit stellt die Ankündigung zukünftiger CO_2-Steuern auf der Nachfrageseite einen Effekt dar, der die Emissionen mindert. In der quantitativen Untersuchung konnte gezeigt werden, dass der angebotsseitige und der nachfrageseitige Effekt in einem dynamischen Wechselspiel stehen. Der angebotsseitige Effekt dominiert, wenn die zukünftige Steuer noch etwa 5 bis 15 Jahre vor der Einführung steht. Der nachfrageseitige Effekt überwiegt dagegen kurz vor der Einführung und wirkt sich insbesondere im Bereich der kohlebefeuerten Anlagen aus, da CO_2-Steuern hier besonders stark zu Buche schlagen. Insgesamt sind die Auswirkungen auf die gesamten CO_2-Emissionen eher gering und nach der Einführung der Steuer werden große Teile der fossilen Energieträger (insbesondere Kohle) ungenutzt im Boden verbleiben.

Auch Hilaire et al. (2014) zeigen, dass Politiken zur Förderung erneuerbarer Energien alleine nicht genügen, um die CO_2-Emissionen ausreichend zu mindern. Grundsätzlich können technischer Fortschritt und damit Kostensenkungen im Bereich erneuerbarer Energien und steigende Substituierbarkeit zwischen fossilen und erneuerbaren Energien zwar dazu beitragen, dass mehr und mehr erneuerbare Energien eingesetzt werden. Solange allerdings keine perfekte Substitution zwischen CO_2-ärmeren und fossilen Energieträgern möglich ist, werden Öl, Kohle und Erdgas weiter abgebaut und verbrannt (Röpke und Pittel 2014). Lediglich im Falle perfekter Substitutionsmöglichkeiten könnten prohibitiv hohe Preise für fossile Energieträger den Abbau stoppen.

Ein weiterer, häufig vernachlässigter Effekt klimapolitischer Maßnahmen, den sowohl das Projekt „Green Paradox" als auch „Resources" thematisieren, sind induzierte Verzerrungen auf den fossilen Energiemärkten. Dass diese nicht nur die Wirksamkeit von Klimapolitiken beeinflussen sondern auch Verteilungskonflikte auslösen können, zeigt das folgende Beispiel: Um das 2°C-Ziel zu erreichen, müsste ein Großteil der Kohlereserven ungenutzt im Boden bleiben. Sofern Bioenergie in Kombination mit Kohlenstoffspeicherung (CCS) es erlaubt, CO_2 aus der Atmosphäre wieder zu binden, würde die Erreichung des 2°C-Ziels zwar nicht verlangen, dass auch die Öl- und Erdgasreserven ungenutzt bleiben müssten, nichtsdestotrotz würden die Eigentümer von Kohle, Öl und Erdgas Vermögensverluste erleiden. Sollte es nicht möglich sein, CO_2 aus der Atmosphäre zu binden (sei es aus politischen Gründen oder aus Kostengründen), würden die Klimaschutzkosten noch höher ausfallen und der Verteilungskonflikt weiter verschärft werden (Bauer et al. 2014c).

Das obige Beispiel zeigt auch, dass Unsicherheiten über die Wirkungen und die Wirksamkeit von Klimapolitiken sich damit nicht nur aus Handels- und Substitutionseffekten auf Gütermärkten ergeben, sondern insbesondere auch aus Handels- und Substitutionseffekten zwischen verschiedenen fossilen Energieträgern. Ob und wie stark unilaterale Klimapolitik zu Carbon Leakage führen, ist damit in hohem Maße abhängig von Auswirkungen auf die internationalen Energiemärkte und die induzierten Marktdynamiken (Bauer et al. 2014b). Werden Klimapolitiken zudem mit Zeitverzug eingeführt, ist mit einer intertemporal suboptimalen Allokation der Restemissionen zwischen Kohle, Öl und Erdgas zu rechnen (Bauer et al. 2014d). Unilaterale Klimapolitiken können allerdings auch positive Synergieeffekte auf den internationalen Märkten für fossile Energieträger induzieren: Benötigt die EU beispielsweise weniger Erdgas, um ihre Klimaziele zu erreichen, kann dieses Gas in anderen Ländern verbraucht werden und damit die dortige Kohlenutzung mindern.

Angesichts der zwar wachsenden Wahrscheinlichkeit aber immer noch verbleibenden Unsicherheit einer Verpflichtung zur Treibhausgasreduktion durch die größten Ressourcenverbraucher sollten zunehmend auch unorthodoxe angebotsseitige Klimapolitiken in Betracht gezogen werden. Angebotsseitige Klimapolitiken könnten beispielsweise Anreize für Ressourcenbesitzer setzen, das Angebot fossiler Energieträger zu reduzieren. In Haftendorn et al. (2012) wird u.a. die Kompensation der Nicht-Extraktion eines Teils der Kohlereserven Indonesiens – des größten Kohleexporteurs der Welt – auf den Weltmarkt in den nächsten Jahrzehnten untersucht. Es wird gezeigt, dass solch lokal begrenzte Maßnahmen nicht vollständig durch andere Anbieter kompensiert werden und damit zu einer Reduktion des globalen CO_2-Ausstoßes führen können. Die unvollständige Kompensation resultiert dabei aus Restriktionen bzgl. des Ausbaus der Produktionskapazitäten. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen

auch Richter et al. (2015), die eine Exportzurückhaltung wichtiger Kohleproduzenten analysieren. Denkbar wäre aber auch die Einführung von handelbaren Extraktionsrechten, deren Menge anhand eines Klimaziels festgelegt wird (Hastard, 2013).

2. WELCHEN BEITRAG KANN DAS EUROPÄISCHE EMISSIONSHANDELSSYSTEM IM ZUSAMMENSPIEL MIT DER FÖRDERUNG ERNEUERBARER ENERGIEN UND DER ERHÖHUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ ZUR ERFÜLLUNG DER ZIELE FÜR 2030 LEISTEN?

Wie im letzten Abschnitt dargelegt, ist nicht zu erwarten, dass Ressourcenknappheit in relevantem Umfang zu einer Lösung des Klimaproblems beitragen wird. Ebenso wurde klar, dass das Design klimapolitischer Maßnahmen zu ungewollten Rückwirkungen auf den Abbaupfad der fossilen Ressourcen führen kann. Aus Sicht der ökonomischen Theorie kann der Emissionshandel hier auf elegante Weise Abhilfe schaffen und eine effiziente Reduktion der Treibhausgasemissionen bewirken. Zugleich werden ökonomische Anreize gesetzt, in die günstigsten Technologien zur Emissionsvermeidung zu investieren.

Als mengenbasiertes Instrument garantiert das Europäische Emissionshandelssystem die Einhaltung einer Emissionsobergrenze. Eine zentrale Frage hinsichtlich des zukünftigen Designs des EU ETS ist allerdings die Interaktion des Preises für Emissionszertifikate mit den zwei weiteren Säulen der europäischen Umweltpolitik – der Förderung erneuerbarer Energien und der Erhöhung der Energieeffizienz. Da diese Instrumente die Elektrizitätsnachfrage sowie die Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen verringern, führen sie tendenziell zu einem Sinken des europäischen CO_2-Preises. In Anbetracht des niedrigen Niveaus des CO_2-Preises werden daher in der politischen und wirtschaftlichen Realität zunehmend Zweifel laut, ob das Europäische Emissionshandelssystem seine Lenkungswirkung überhaupt noch erfüllen kann.

Die Europäische Kommission reagierte auf den Verfall des CO_2-Preises mit dem Vorschlag der Einführung einer Marktstabilitätsreserve (Europäische Kommission, 2014a) welche je nach Marktsituation die Verknappung und Erhöhung der jährlichen Ausgabemenge von CO_2-Zertifikaten vorsieht. Der Vorschlag sieht vor, die Ausgabemenge zu verringern (erhöhen) falls der Überschuss an Zertifikaten 833 (400) Millionen Tonnen übersteigt (unterschreitet).

Vor dem Hintergrund der komplementären Säulen der europäischen Klimapolitik besteht jedoch die Gefahr, dass es zu einem strukturellen Überangebot an Zertifikaten kommt und die Marktreserve dazu führt, dass Emissionszertifikate vom Markt genommen und selbigem nicht mehr zugeführt werden. In der Folge steigt die Vermeidung in den unter dem EU ETS regulierten Wirtschaftssektoren. Da nur ein Teil der Emissionsvermeidung unter dem EU ETS reguliert ist, wird das Europäische Vermeidungsziel erreicht, indem die verbleibenden Emissionsreduktionen in weiteren Sektoren erbracht werden müssen (Effort Sharing, Europäische Kommission 2009). In der Folge führt eine Verknappung der Emissionszertifikate im EU ETS ohne eine Anpassung der Emissionsvermeidungsmengen in den Nicht-Handelssektoren zu einem Anstieg der europäischen Gesamtvermeidung. Aufgrund der Abwesenheit eines konkreten Reallokationsmechanismus des überschüssigen Emissionsbudgets, birgt der Vorschlag der Marktstabilitätsreserve die Gefahr einer versteckten Erhöhung der Gesamtvermeidung.

Unter dem Aspekt der Kosteneffizienz wäre es wünschenswert, die nicht vergebenen Emissionszertifikate zu verwenden, um die Emissionsvermeidung in den Nicht-Handelssektoren zu verringern, da diese höhere Grenzkosten der Emissionsvermeidung aufweisen.

Das Projekt „Hybrid Modeling" untersucht die Einführung einer Preisuntergrenze vor dem Hintergrund der partiellen Regulierung von Emissionen im Rahmen des EU ETS (Abrell und Rausch, 2015a): Eine bindende Preisuntergrenze führt zu einer Reduktion des Emissionsbudgets im Emissionshandelssystem. Da aber das Gesamtemissionsbudget konstant ist, führt dies folglich zu einer Erhöhung der Emissionen in den Sektoren, die nicht unter dem EU ETS reguliert sind, und der (implizite) Emissionsvermeidungspreis in den Nicht-Handelssektoren sinkt. Eine Preisuntergrenze weist den zusätzlichen Vorteil auf, dass die Preisvolatilität für Investoren gesenkt wird

und somit Investitionen stimuliert werden können. Eine Preisuntergrenze könnte auch durch eine Steuerung der Angebotsmenge implementiert werden, was im Einklang mit dem Vorschlag zur Marktstabilitätsreserve steht.

Mittels eines berechenbaren allgemeinen Gleichgewichtmodells quantifiziert das Projekt „Hybrid Modeling" die Kosten einer solchen Preisuntergrenze. Erste Abschätzungen sind in Abbildung 3 dargestellt. Auf der horizontalen Achse ist das Niveau der Preisuntergrenze dargestellt. Die linke vertikale Achse quantifiziert die Wohlfahrtskosten gemessen als Veränderung des europäischen Gesamtkonsums, welche als schwarze Line dargestellt sind. Auf der rechten vertikalen Achse ist der CO_2-Preis abgetragen. Der Preis im Emissionshandelssystem (DIR) ist in der Farbe Blau, der implizite Preis in den Nicht-Handelssektoren (NDIR) in grün dargestellt.

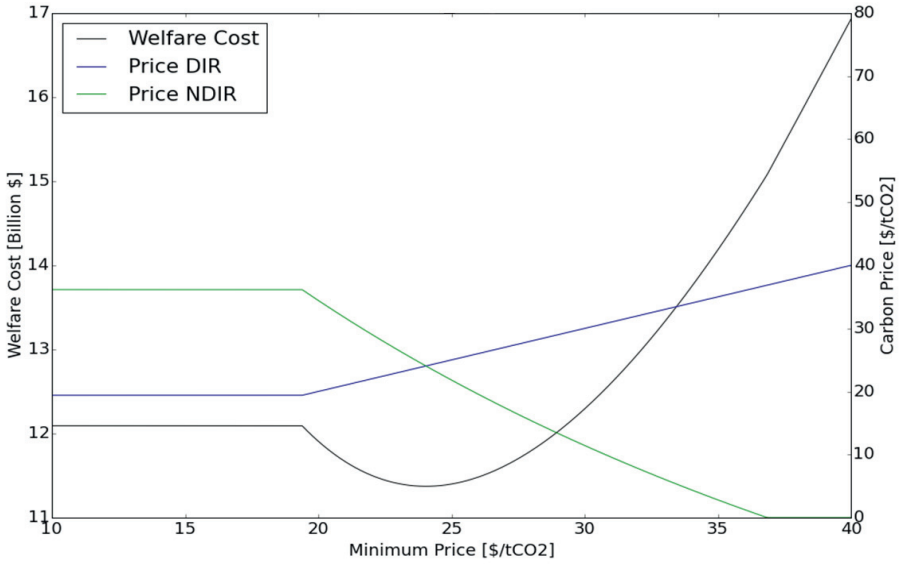


Abbildung 3: *Auswirkungen der Einführung einer Preisuntergrenze im Europäischen Emissionshandelssystem*

Im Ausgangszustand eines geteilten Emissionsbudgets sehen sich die Handelssektoren einem Preis von 20 $/$tCO_2$ gegenüber. Da der Preis in den Nicht-Handelssektoren das Doppelte beträgt, ist es möglich die Kosten der Vermeidung zu senken, indem die Vermeidungsauflagen von den Nicht-Handelssektoren zu den Handelssektoren verteilt werden. Daher führt die ab einem Niveau von 20 $/tCO_2$ bindende Preisuntergrenze und die damit verbundene Reallokation des Emissionsbudget in Richtung der Nicht-Handelssektoren zu einem Sinken der Wohlfahrtskosten. Die geringsten Kosten entstehen beim Ausgleich der Preise über die Sektoren hinweg bei einer Preisuntergrenze von 24 $/tCO_2$ was eine Ersparnis von ungefähr einer Milliarde $ ermöglicht. Aufgrund der steigenden Divergenz der Preise steigen die Wohlfahrtskosten danach wieder an. Ab einer Preisuntergrenze von 36 $/tCO_2$ übersteigt die Emissionsreallokation die Emission in den Nicht-Handelssektoren und der Preis in diesem Sektor fällt auf Null, wodurch die zuvor konstante Gesamtvermeidung wieder ansteigt.

Die Ergebnisse des Projektes „Hybrid Modeling" zeigen, dass die Einführung einer Preisuntergrenze im EU ETS zu wesentlichen Kostenersparnissen bei der Einhaltung der europäischen Emissionsvermeidungsziele führen kann. Eine solche Preisuntergrenze kann auch durch eine transparente Offenmarkpolitik erzielt werden. Daher sollte der Vorschlag der Europäischen Kommission zur Einführung einer Marktstabilitätsreserve durch eine explizite Verwendung des eventuell entstehenden Überhangs an Emissionszertifikaten komplementiert werden.

3. WELCHE INFRASTRUKTURMASSNAHMEN ZUM NETZAUSBAU SIND FÜR EINE BESSERE KOORDINATION DER EUROPÄISCHEN ENERGIEMÄRKTE ERFORDERLICH?

Selbst wenn die gewählten Instrumente zur Reduzierung des Energieverbrauchs und für den Ausbau erneuerbarer Energieträger dem Kriterium der Effizienz genügen würden, stellt sich die Frage wie die volatile Einspeisung von Strom aus Wind und Sonne am effizientesten genutzt werden kann.

Im Hinblick auf den zunehmenden Ausbau erneuerbarer Energien gewinnt der Elektrizitätshandel zwischen den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union an Bedeutung und es stellt sich die Frage, ob die existierenden Übertragungskapazitäten ausreichend sind, um eine effiziente Nutzung der volatil einspeisenden erneuerbaren Energien in den verschiedenen Regionen Europas zu gewährleisten.

Wie in anderen Industrien stellt der Unterschied in den Produktions-/Erzeugungskosten eine der Hauptdeterminanten für den Stromhandel dar. Aufgrund der geringen Verfügbarkeit von Speichermöglichkeiten für Elektrizität spielen zeitliche Komponenten allerdings eine wesentlich stärkere Rolle als in anderen Märkten. Insbesondere der regional unterschiedliche Ausbau der erneuerbaren Energien sowie die meteorologischen Bedingungen führen zu einer Änderung der kurz- und mittelfristigen Residualnachfrage und damit der Handelsflüsse.

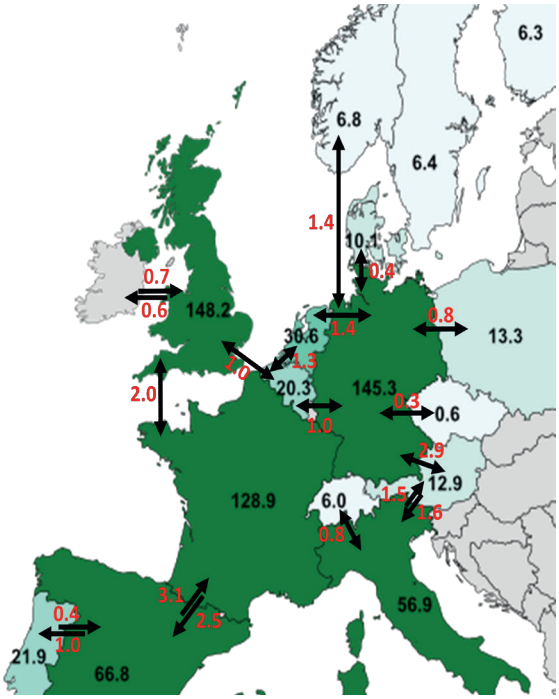


Abbildung 4: *Prognostizierter Anstieg der Erneuerbaren Erzeugung von 2012 bis 2030 [TWh, schwarz] und mittelfristige Erweiterung der Nettoübertragungskapazitäten [GW, rot]*
Quelle: *Europäische Kommission (2013); ENTSOE (2014)*

Aufgrund der Leitungsgebundenheit ist der Handel von Elektrizität zwischen Ländern zudem durch die bestehenden Nettoübertragungskapazitäten (Net Transfer Capacities, NTC), welche das ökonomische Handelspotential zwischen den Ländern quantifizieren, beschränkt.[2] Bei einem hohen Anteil von erneuerbaren Energien und der damit verbundenen Änderung der Handelsflüsse bekommen die NTCs eine immer stärker werdende Bedeutung, da sie die Auslastung der Kraftwerkskapazitäten verbessern und einen stärkeren Ausgleich zwischen Regionen mit Stromknappheit einerseits und Überproduktion andererseits ermöglichen.

Abbildung 4 stellt den prognostizierten Anstieg der erneuerbaren Erzeugung von 2012 bis 2030 dar (Europäische Kommission, 2013). Außerdem sind erwartete Veränderungen der NTCs basierend auf dem Zehn-Jahresplan (Ten Year Network Development Plan, TYNDP) der europäischen Netzwerkbetreiber dargestellt (ENTSOE, 2014). Es wird ersichtlich, dass die geplanten Projekte vor allem eine Anbindung der Iberischen Halbinsel sowie Großbritanniens realisieren.

Das Projekt „Hybrid Modeling" untersucht mit Hilfe eines gesamtwirtschaftlichen berechenbaren allgemeinen Gleichgewichtsmodells den Einfluss einer Änderung der Übertragungskapazitäten auf die europäische Wohlfahrt sowie die effiziente Nutzung der erneuerbaren Ressourcen Wind und Sonne (Abrell und Rausch, 2015b). Die Kopplung des Gleichgewichtsmodells mit einem Modell des Stromsektors, welches die Besonderheiten der verschiedenen Erzeugungstechnologien in den einzelnen Ländern in einer hohen zeitlichen Auflösung abbildet, macht es möglich, die Bestimmungsfaktoren des Elektrizitätshandels explizit darzustellen und in einem konsistenten gesamtwirtschaftlichen Rahmen quantitativ zu untersuchen.

2 NTCs sind sowohl von der bestehenden Leitungskapazität zwischen zwei Ländern als auch von der Möglichkeit bestehender nationaler Netze, den Strom von der Grenze zum Nachfrager zu transportieren, abhängig.

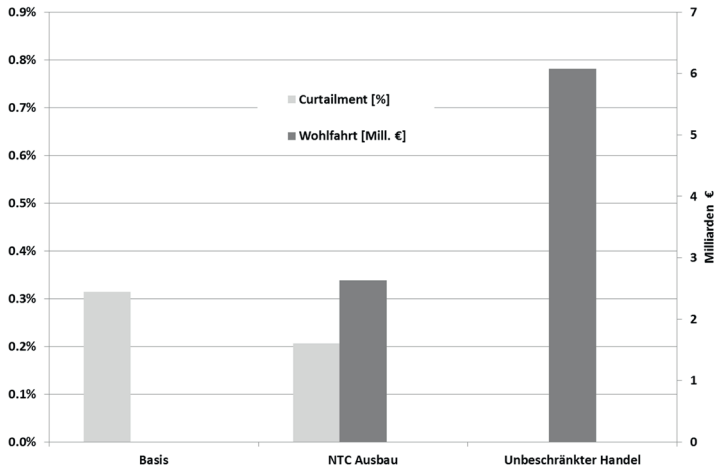


Abbildung 5: *Effekt Erweiterung der Nettoübertragungskapazitäten unter 2030 Erneruerbaren Erzeugung*
Quelle: *Technische Universität Berlin / ETH Zürich*

Abbildung 5 stellt die Ergebnisse der Untersuchungen unter der prognostizierten Einspeisung erneuerbarer Energien im Jahr 2030 dar (Europäische Kommission, 2013). Sie zeigt den Bruttoeffekt des Netzausbaus auf die Nutzung der erneuerbaren Energien und die europäische Wohlfahrt für eine Erhöhung des Niveaus der erneuerbaren Erzeugung sowie für eine Erhöhung der Leitungskapazitäten wie in Abbildung 4 dargestellt und für den hypothetischen Fall unbegrenzter Leitungskapazitäten. Die Wohlfahrtsveränderungen sind als europäischer Gesamtkonsum gemessen. Der Einfluss auf die Nutzung der erneuerbaren Energien ist dabei als *Curtailment* – d.h. als Erzeugung, die aus dem System genommen werden muss, um die Systemstabilität zu gewähren – in Prozent der Gesamterzeugung aus erneuerbaren Energien auf der linken Achse dargestellt. Im Basisfall, d.h. unter heutigen Übertragungskapazitäten und erwarteter Einspeisung erneuerbarer Energien im Jahre 2030, werden ungefähr 0,3% (~ 9,5 TWh) der erneuerbaren Energien nicht genutzt. Dieses Curtailment findet vorwiegend in Grossbritannien und Irland sowie in Spanien und Italien statt. Die Erweiterung der Übertragungskapazitäten an der britischen Küste und der spanisch-italienischen Grenze führen zu einer verbesserten Nutzung der erneuerbare Energien in diesen Ländern. Daher führt der Ausbau der NTC Kapazitäten zu einem Sinken des Curtailments auf 0,2% (~ 6,3 TWh). In der Folge erhöht sich der jährliche europäische Gesamtkonsum um 2,6 Milliarden €. Im Falle unbeschränkten Handels wird das Angebot erneuerbarer Energien optimal ausgenutzt und der jährliche europäische Gesamtkonsum steigt um 6,1 Milliarden €.

Die implementierten Netzausbaumaßnahmen erfordern Investitionen zwischen 11 und 16 Milliarden € (ENTSOE, 2014). Unter den oben dargestellten Wohlfahrtsgewinnen amortisieren sich diese Investitionen unter Vernachlässigung der Unterhaltskosten in einem Zeitraum von vier bis sechs Jahren. Bei einer verringerten Einspeisung erneuerbarer Energien erhöht sich die Amortisationszeit. So ergeben die Berechnungen des Projektes „Hybrid Modeling", dass sich die vorgeschlagenen Projekte unter dem beobachteten „Erneuerbaren-Energien-Level" von 2012 in einem Zeitraum von 10 Jahren amortisieren.

4. WIE IST EIN ZIELKONFLIKT ZWISCHEN WETTBEWERBSFÄHIGKEIT UND KLIMAVERTRÄGLICHKEIT ZU LÖSEN UND WIE WIRKEN SICH VERSCHIEDENE POLITIKSZENARIEN AUF DIE WETTBEWERBSFÄHIGKEIT AUS?

Es ist unmittelbar einsichtig, dass die in Abschnitt 2 und 3 diskutierten klima- und energiepolitischen Maßnahmen Kosten verursachen, die bei unilateraler Durchführung – sei es auf europäischer oder nationalstaatlicher Ebene – die Wettbewerbsfähigkeit energieintensiver Industrien beeinträchtigen und zu Carbon Leakage führen können. Entsprechend kontrovers wird die Frage diskutiert, ob bei Scheitern einer globalen Einigung sinnvollerweise weiter unilaterale Klima- und Energiepolitiken betrieben werden sollten.[3] Die Debatte um den Ausbau erneuerbarer Energien in Anbetracht der hohen Strompreise in Europa im Vergleich zu den USA ist dafür nur ein, wenn auch prominentes Beispiel. Es stellt sich allerdings auch die Frage, ob die befürchteten negativen Wirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit tatsächlich realistisch sind und welche Maßnahmen sie gegebenenfalls abmildern könnten. Gemäß der Folgen-Abschätzung (Impact Assessment) zur EU-Roadmap 2030, könnte der Strompreis beispielsweise langfristig sogar sinken, falls ein ambitioniertes und verbindliches Ziel für die Verbesserung der Energieeffizienz festgeschrieben wird (Europäische Kommission 2014b).

Wie Hübler und Löschel (2012) zeigen, können negative Effekte auf die europäische Wettbewerbsfähigkeit durch den verstärkten Einsatz des Clean Development Mechanism (CDM) abgemildert werden (siehe Abbildung 6).[4] Auf sektoraler Ebene würde der intensivierte Einsatz von CDM allen EU-Sektoren zugutekommen. Auch würde sich eine Angleichung des CO_2-Preises über alle Sektoren und Länder hinweg positiv auf die meisten EU-Sektoren auswirken (ebenda).

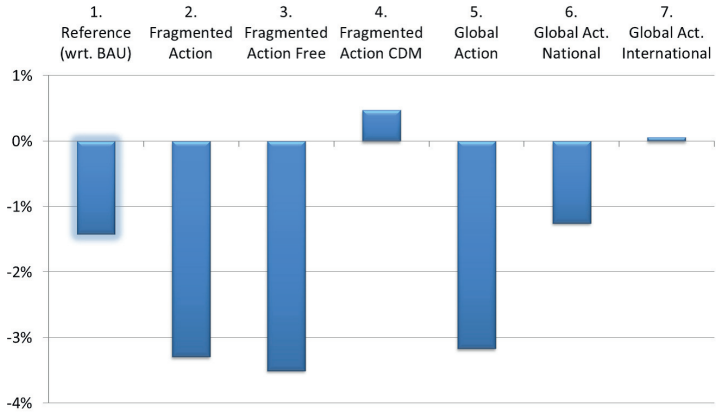


Abbildung 6: *Zusammenfassung der Wohlfahrtseffekte (= relative Veränderungen im Gesamtkonsum als Maß für Minderungskosten) der verschiedenen Politik-Szenarien für die EU-27 in 2040. Das Referenz-Szenario 1 wurde relativ zum Business-as-Usual-Szenario ohne Klimapolitik gemessen; alle anderen Szenarien (Nr. 2 bis 7) wurden relativ zum Referenzszenario (Nr. 1) gemessen.*
Quelle: *Hübler, Löschel (2012) Abbildung 3, S. 31.*

Eine weitere Möglichkeit, Wettbewerbsnachteile abzufangen, wäre natürlicherweise eine stärkere Kooperation mit Ländern auch außerhalb der EU und über den CDM hinaus. Selbst wenn das Idealbild eines globalen Abkommens nicht erreicht wird, können internationale Kooperationen beispielsweise im Bereich Emissionshandel oder Energieeffizienzstandards dazu beitragen, den Konflikt zwischen Wettbewerbsfähigkeit und Klimaschutz zu entschärfen. Hübler und Löschel (2012) zeigen beispielweise, dass die Wettbewerbsfähigkeit durch unilaterale Politiken weniger stark betroffen würde, wenn die internationale Verknüpfung von Emissionsmärkten (das sogenannte Linking) über Europa hinaus ausgebaut wird. Gelingt eine stärkere internationale Kooperation nicht, sollte der Einsatz von

3 Schätzungen im Rahmen des Projektes „IACCP" ergaben, dass ein Anstieg des Zertifikatepreises im EU-Emissionshandelssystem um 15 € kurzfristig und unter Vernachlässigung von Substitutionseffekten innerhalb des Energiesektors zu einer Abwanderung der vermiedenen CO_2-Emissionen ins Nicht-EU-Ausland von 10% führen kann (Aichele 2013).

4 Dabei bezeichnet CDM die Möglichkeit Emissionsminderungsmaßnahmen in Entwicklungsländern umzusetzen und für den EU-Emissionshandel anrechnen zu lassen.

Instrumenten wie Effizienzstandards verstärkt in Sektoren erfolgen, die nicht dem Emissionshandel unterliegen, so z.B. im Wärmebereich bei Haushalten (siehe auch Europäische Kommission, 2014b).

Bezüglich der Energieeffizienzstandards in der Industrie erscheinen die Möglichkeiten zur Minderung von Treibhausgasemissionen unter Nutzung der aktuell besten verfügbaren Techniken dagegen in vielen Bereichen ausgeschöpft. Sollte eine stufenweise Aufhebung derzeitiger Entlastungstatbestände zur Schaffung weiterer Minderungsanreize erfolgen, kann dies sektoral sehr unterschiedlich wirken. Das Projekt „DECARBONISE" findet für das Beispiel der Aluminiumindustrie heraus, dass eine restriktivere Klimapolitik deren Wirtschaftlichkeit in hohem Maße beeinträchtigt (siehe Abb. 7), dieselbe Politik bei der Eisen- und Stahlindustrie jedoch vergleichsweise geringere Auswirkungen auf den resultierenden Gewinn hat.

Die Projektergebnisse verdeutlichen, dass die Entscheidung über die Ausgestaltung von Energieeffizienzstandards nur industriespezifisch und unter Berücksichtigung technischer Minderungspotentiale sowie Kostenstrukturen erfolgen sollte. Liefern hohe Brennstoffkosten bereits genügend Anreize zur Senkung der Emissionen, führt eine restriktivere Klimapolitik lediglich zu einer Kostenerhöhung. In jedem Fall sollte eine Verschiebung von Produktionsmengen von primären Produktionsrouten hin zu sekundären Produktionsrouten angestrebt werden, da hierbei deutlich höhere Treibhausgasemissionsminderungen erzielt werden können. Dieser Trend war auch bereits in der Vergangenheit stark ausgeprägt, was der zunehmende Anteil an recyceltem Metall (sekundäre Produktionsroute) zeigt. Falls sich im Zeitverlauf die Produktionsstrukturen durch die Erlangung der Marktreife sogenannter Emerging Techniques maßgeblich ändern, ist eine Neubewertung der Situation vorzunehmen. Dies ist im Falle der Metallerzeugung bis zum Jahre 2030 jedoch eher nicht zu erwarten.

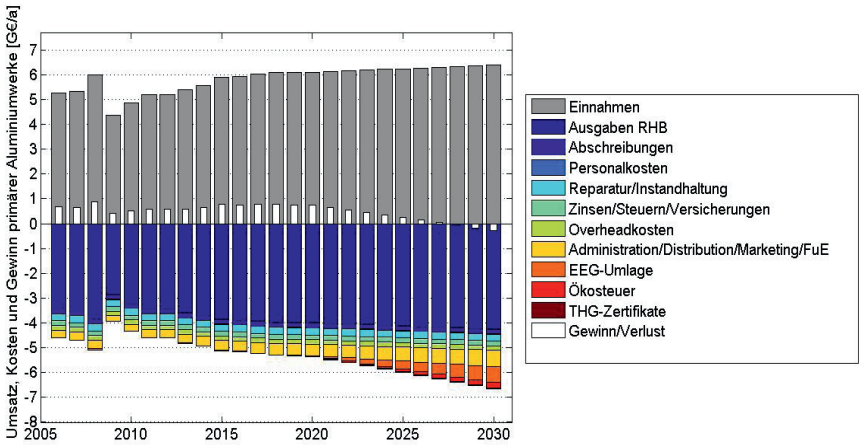


Abbildung 7: *Entwicklung der Kostenstruktur aller deutschen Aluminiumhütten bei schrittweiser Aufhebung der Entlastungstatbestände für EEG-Umlage, Ökosteuer und THG-Zertifikate; RHB: Roh-, Hilfs-, und Betriebsstoffe*
Quelle: *Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Industrial Production (IIP) und French-German Institute for Environmental Research (DFIU)*

Die in den letzten Jahren erreichten Verbesserungen in der Energieeffizienz werden häufig als nicht ausreichend kritisiert, da die Treibhausgasemissionen außerhalb des Energiesektors nicht im erhofften Maße sinken. Dies ist allerdings in nicht unerheblichem Maße auf die emissionssteigernde Wirkung zunehmender Exporte zurückzuführen. Auch wenn das Erreichen der angestrebten Ziele zum Ausbau der erneuerbaren Energien im Elektrizitätssektor vorausgesetzt wird, reicht die derzeitige Effizienzsteigerung in den übrigen Sektoren nicht aus, um die ansteigende Produktion, bedingt durch die Nachfrage aus dem Ausland, zu kompensieren. Zusätzliche Anreize zur Steigerung der Energieeffizienz können jedoch wiederum Kostenerhöhungen implizieren, die wiederum nicht-intendierte Rückwirkungen auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit nach sich ziehen. Auch sollte berücksichtigt werden, dass Energieeffizienzsteigerungen in Industriesektoren, die zugleich durch das EU ETS erfasst werden, kurzfristig lediglich zu einer Umverteilung der Emissionen zwischen Sektoren und Staaten führen (siehe auch Abschnitt 2 zur Problematik der Interaktion zwischen Energieeffizienzzielen und EU ETS).

5. GIBT ES EINEN UNAUFLÖSBAREN ZIELKONFLIKT ZWISCHEN EFFIZIENZ UND GERECHTIGKEITSZIELEN?

Neben Fragen der Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft und der Effizienz klimapolitischer Maßnahmen rücken auch verteilungspolitische Gesichtspunkte zunehmend in den Vordergrund des politischen Diskurses. Die Debatte der letzten Monate um den Netzausbau wie auch den Ausbau der Standorte für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien haben gezeigt, dass beide Maßnahmen zunehmend auf Akzeptanzprobleme stoßen.

Eine Bevölkerungsumfrage im Rahmen des Projektes „EnergyEFFAIR" bezüglich der „fairen" Verteilung von Anlagen für erneuerbare Energien ergab für folgende zwei Fairnesskriterien eine hohe Zustimmung:

> (1) Die Verteilung sollte so gestaltet sein, dass eine möglichst kosteneffiziente Gewinnung erneuerbarer Energien ermöglicht ist (51% antworteten, dass dies Vorgehen am ehesten gerecht sei).
> (2) Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien sollten so errichtet werden, dass die Anlagen bezogen auf die Größe (Fläche) der einzelnen Bundesländer im Raum gleich verteilt sind (16% antworteten dass dieses Vorgehen am ehesten gerecht sei).

Um aus obigen Ergebnissen eine „optimale" Verteilung der Anlagen für Wind- und Solarenergie im Raum abzuleiten, wurde das erste Kriterium mit dem Optimierungsziel Kosteneffizienz gleichgesetzt und stellte damit kein zusätzliches Fairnesskriterium dar. Für das zweite Kriterium wurde das Energiepotential bei gegebenen Siedlungsabständen als Maß für die „zur Verfügung stehende Fläche" verwendet. Eine Verteilung wäre in diesem Fall maximal fair wenn die pro Bundesland gewonnene Energie proportional zum Energiepotential pro Land wäre. Unter einer Reihe weiterer Annahmen[5] erlaubte dieses Vorgehen, die Ermittlung der optimalen Verteilung von Onshore-Windenergieanlagen (WEA) und Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PVA) bei unterschiedlicher Einbeziehung von Gerechtigkeitsaspekten (Fairness)[6]. Um eine erwähnenswerte Nutzung der Solarenergie zu erreichen, wurde dabei eine Reduktion der Investitionskosten auf 33% gegenüber dem heutigen Stand und ein Siedlungsabstand von mindestens 1.000 Meter angenommen. Die Lösungen wurden so bestimmt, dass bei gegebenem Fairness-Niveau die (betriebswirtschaftlichen plus externen) Kosten zur Erreichung des Energieziels minimiert werden. Die Auswirkungen von Fairness und Mindestsiedlungsabstand auf die optimale Verteilung der Anlagen wird aus den Abbildungen 8a und 8b deutlich.

Die Abbildungen zeigen, wie zu erwarten war, dass eine höhere Fairness und ein höherer Mindestabstand zu einer stärkeren Streuung der Anlagen im Raum führen. Allerdings steigen auch die Stromgestehungskosten mit steigender Fairness überproportional (siehe Abbildung 9), wobei der Anstieg der Stromentstehungskosten höchst sensitiv auf die Höhe der Investitionskosten für Photovoltaikanlagen reagiert. Der resultierende Konflikt zwischen Effizienz und Gerechtigkeit stellt für die Politik ein zunehmendes Problem dar und sollte zeitnah noch stärker thematisiert werden.

5 Beruhend auf Zahlungsbereitschaften wurde ein Mindestabstand zwischen Siedlungen und Anlagen von 1.000m für Windenergieanlagen gewählt. Als Energieziel wurden 150 TWh/a (25% der Bruttostromerzeugung 2013, BMWi 2014) gewählt. Zusätzlich wurde angenommen, dass keine Windenergieanlagen in Waldgebieten und keine Photovoltaikanlangen auf Ackerflächen errichtet werden. Dachanlagen wurden nicht betrachtet.

6 Als Maß für die Fairness wurde der Gini-Index verwendet. Zur Ermittlung des Gini-Index wird für alle Einwohner eines jeden Bundesland eine „Belastung" errechnet, welche sich aus dem Quotient von gewonnener Energie zu Energiepotential ergibt.

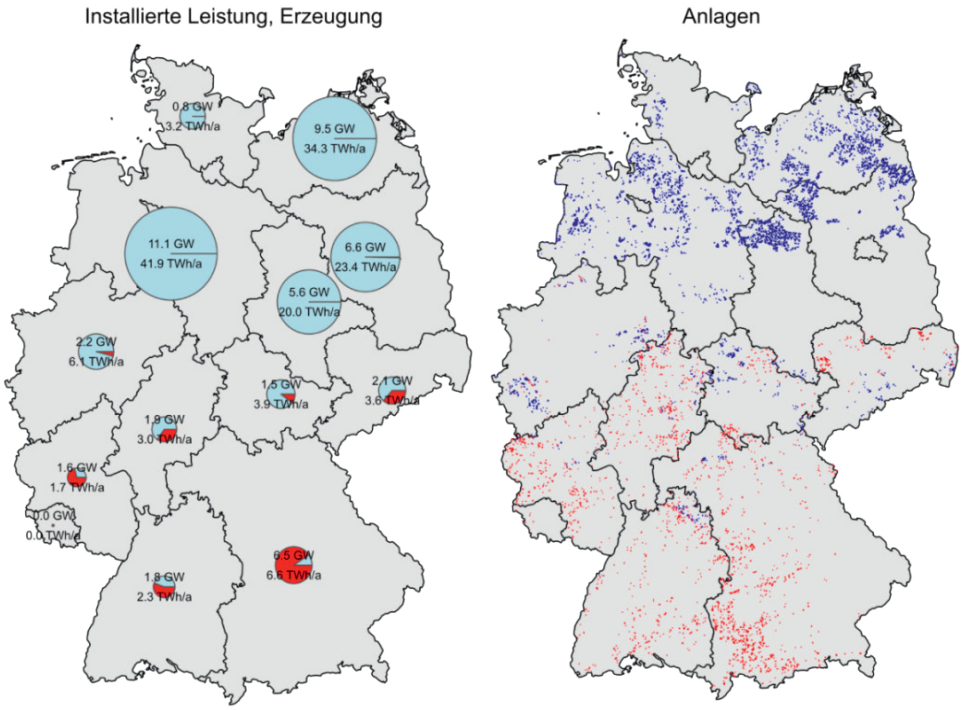


Abbildung 8a: *Optimale Allokation unter Annahme einer Reduktion der Investitionskosten für PVA auf 33%, Mindestabstand zu Siedlungen 1.000m für WEA und PVA, bei mittlerer Fairness (Gini=66%). Blau: Windenergieanlagen (WEA), Rot: Photovoltaikanlagen (PVA).*

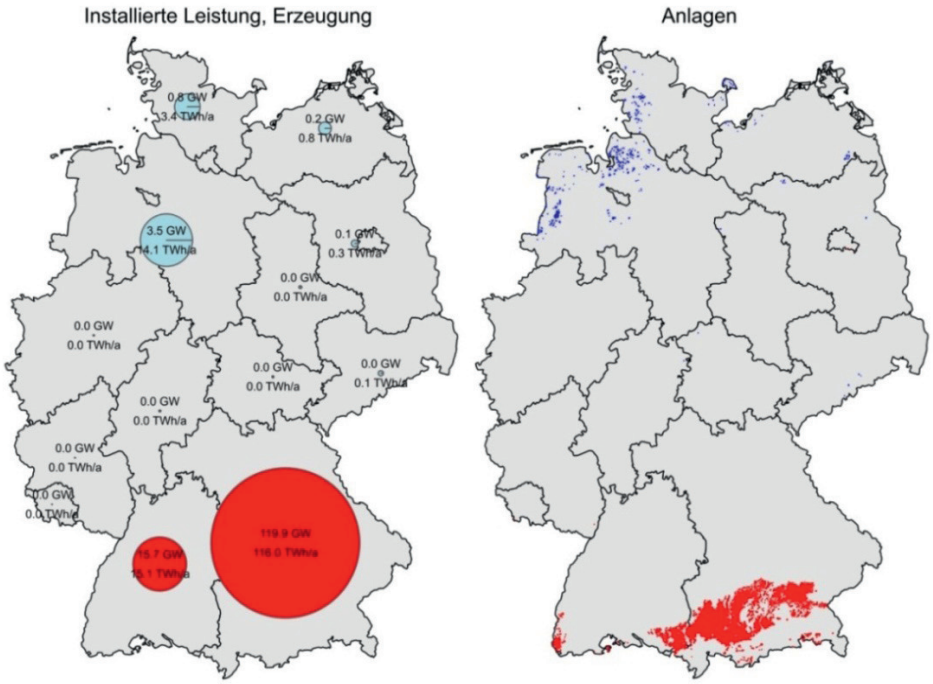


Abbildung 8b: *Optimale Allokation unter Annahme einer Reduktion der Investitionskosten für PVA auf 33%, Mindestabstand zu Siedlungen 1000m für WEA und keinem Mindestabstand für PVA, bei geringer Fairness (Gini=33%, s. Abb. 9). Blau: WEA, rot: PVA).*
Quelle: *UFZ Leipzig, Universität Göttingen und TU Berlin*

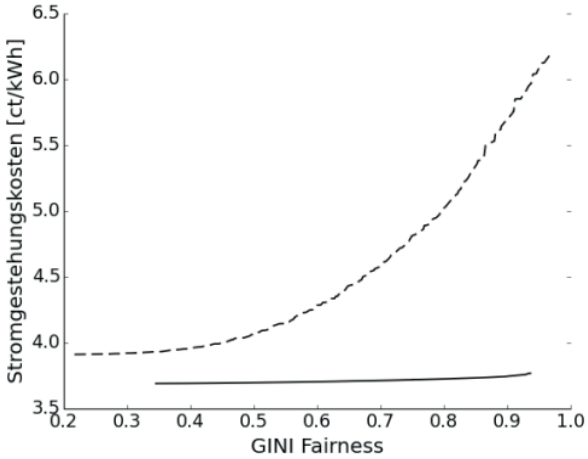


Abbildung 9: *Trade-off zwischen Fairness und Kosteneffizienz unter Annahme einer Reduktion der Investitionskosten für PVA auf 33% (durchgezogene Linie) sowie unter den gegenwärtigen Investitionskosten (gestrichelte Linie). Die Kurve gibt an, zu welchen Kosten Energie mittels Wind-und Solarenergieanlagen in Abhängigkeit von der Fairness der Verteilung gewonnen werden kann.*
Quelle: *UFZ Leipzig, Universität Göttingen und TU Berlin*

6. WIE STEHT DIE BEVÖLKERUNG POTENTIELLEN BRÜCKENTECHNOLOGIEN ZUR BEKÄMPFUNG DES KLIMAWANDELS GEGENÜBER?

Im vorangegangen Abschnitt ging es um Zielkonflikte beim zurzeit stattfindenden Umbau des Energiesystems und dessen Akzeptanz in der Öffentlichkeit. Dabei darf allerdings nicht aus den Augen verloren werden, dass zumindest mittelfristig die Anwendung weiterer Brückentechnologien sinnvoll sein kann. Laut IPPC (2014) kann das 2°C-Ziel immer noch erreicht werden, wenn die globalen Emissionen bis 2050 um 40-70% und bis 2100 um 100% sinken würden. Die Kosten einer solchen Emissionsreduktion würden bedeutend geringer ausfallen, wenn weitere Technologien wie zum Beispiel CO_2-Abscheidung und –Speicherung eingesetzt werden könnten (IPCC 2014). Diese Technologien stellen in der Regel keine langfristige Lösung der Emissionsproblematik dar, könnten aber zumindest mittelfristig zu einer Senkung der klimawirksamen CO_2-Emissionen oder zumindest derer negativen Auswirkungen beitragen. Die Nutzung der Kernenergie zu diesem Zweck scheint in Deutschland aus politischen und gesellschaftlichen Gründen ausgeschlossen zu sein. Gegenüber alternativen Technologien, die nach dem heutigen Stand der Forschung mit hoher Unsicherheit verbunden sein können, besteht jedoch ebenfalls eine hohe Skepsis in der Bevölkerung, die nicht nur deren Nutzung, sondern auch weitere Forschung verhindern könnte.

Maßnahmen gegen den Klimawandel, die in Zukunft stärker im Fokus der Öffentlichkeit stehen und zu Interessenskonflikten führen könnten, sind CO_2-Abscheidung und -Speicherung (CCS). Zu denken ist hierbei auch an Konzepte des Climate Engineering (CE), die entweder darauf abzielen den CO_2-Gehalt in der Atmosphäre oder den Strahlungsantrieb und damit die Erdtemperatur zu senken. Noch sind diese Technologien nicht kommerziell einsetzbar (CCS) oder stehen erst am Anfang ihrer Erforschung (CE). Insbesondere CE Technologien sind teilweise mit großen und unkalkulierbaren Risiken verbunden. Die Politik steht im Fall von CE vor der Entscheidung, ob und inwieweit die Erforschung dieser Technologien gefördert werden sollte und im Fall von CCS, ob es zum Beispiel in Kombination mit Bioenergie in der zukünftigen Mitigationsstrategie eine Rolle spielen sollte.

Im Rahmen des Projekts „Accept" wurde in einer repräsentativen Befragung in Deutschland nach der Wahrnehmung einer der drei folgenden Maßnahmen gefragt: (1) CO_2-Abscheidung und Speicherung im Meeresgrund (CCS), (2) Ausbringung von Schwefelpartikeln in der Stratosphäre (CE) oder (3) großflächige Aufforstung der Sahara oder des australischen Outbacks (CE). Ein Vergleich der Befragungsgruppen zeigt, dass insbesondere die Ausbringung

von Schwefelpartikeln kritisch gesehen wird (siehe Abbildung 10). Auch CCS wird nur von der Hälfte der Befragten positiv bewertet. Großflächige Aufforstung wird dagegen überwiegend positiv bewertet (Kniebes et al. 2014a).

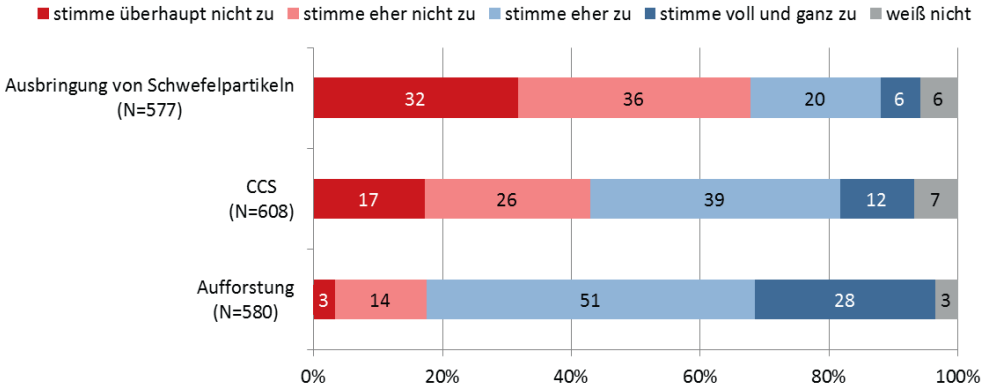


Abbildung 10: *Akzeptanz der Technologien Ausbringung von Schwefelpartikeln, CCS und großflächige Aufforstung*
Frage: Wir sollten [jeweilige Technologie] einsetzen, um den Klimawandel zu bremsen.
Quelle: *angepasst nach Kniebes et al. (2014a)*

Alle drei Maßnahmen sind mit Risiken und Unsicherheiten im Hinblick auf ihre Auswirkungen verbunden, über welche die Teilnehmer der Befragung jeweils informiert wurden. Der schnelle und positive Klimaeffekt einer Ausbringung von Schwefelpartikeln wiegt nur für wenige Befragte die damit verbundenen Risiken auf (siehe Abb. 11), obwohl die Durchführungskosten geringer wären als die Kosten für eine Abkehr von fossilen Brennstoffen (Rickels und Klepper 2012). Für CCS und Aufforstung fallen die Trade-offs positiver aus und knapp 80% sind der Meinung, dass bei Aufforstung der positive aber nur langsam eintretende Klimaeffekt zusammen mit dem positiven Nebeneffekt lokal verbesserter Boden- und Wasserqualität größer ist als die damit verbundenen Risiken.

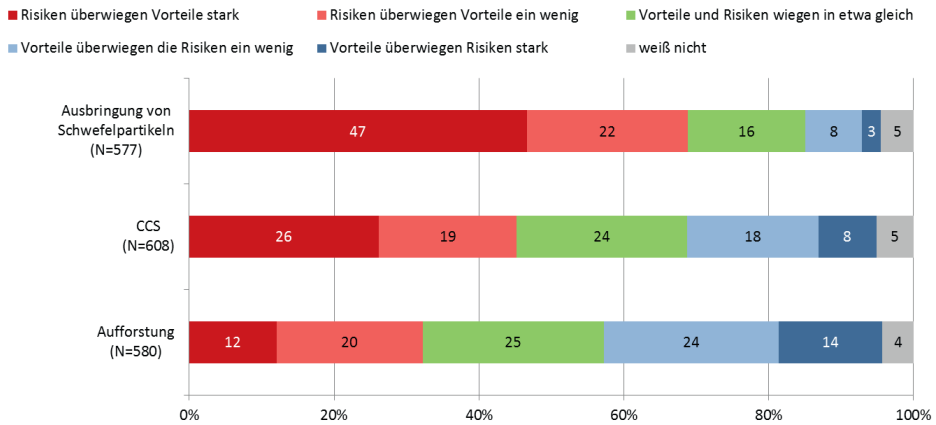


Abbildung 11: *Wahrnehmung des Verhältnisses von Vorteilen und Risiken der Maßnahmen Ausbringung von Schwefelpartikeln, CCS und Aufforstung; Frage: Mit welcher der folgenden Aussagen zu [Maßnahme] stimmen Sie am ehesten überein?*
Quelle: *Institut für Weltwirtschaft*

Diese Einschätzungen aus der Bevölkerung widersprechen im Fall von CCS und großflächiger Aufforstung den Einschätzungen von Experten. Während Experten die Gesundheits- und Umweltrisiken von CCS eher unproblematisch einschätzen (Blackford et al. 2014; Scott et al. 2012), sehen sie die Aufforstung großer Flächen wie der Sahara oder des australischen Outbacks sehr kritisch (Keller et al. 2014). Proteste gegen CCS-Demonstrationsprojekte in Deutschland haben aber gezeigt, dass die öffentliche Meinung einen großen Einfluss haben kann: Zurzeit gibt es keine CCS-Vorhaben in Deutschland.[7] Eine differenzierte Analyse der Akzeptanz der Ausbringung

7 http://www.iea.org/media/workshops/2011/ccstalk/Fischer.pdf.

von Schwefelpartikeln zeigt, dass die öffentliche Wahrnehmung wesentlich von Einstellungen über das Verhältnis von Mensch und Natur geprägt ist (Merk und Pönitzsch 2014). In Bezug auf die Frage, ob Climate Engineering Maßnahmen erforscht werden sollten, befürwortet die Mehrheit der Befragten die Erforschung der Maßnahme im Labor, darunter auch einige die einen Einsatz an sich ablehnen. Im Vergleich dazu wird Feldforschung sehr viel stärker abgelehnt (Merk et al. 2015).

Die Bevölkerung in Deutschland gibt der Reduktion des Treibhausgasausstoßes klar den Vorrang gegenüber der Ausbringung von Schwefelpartikeln oder CCS im Meeresgrund (Kniebes et al. 2014b). In anderen europäischen Ländern wird CCS ebenfalls kritisch gesehen. 2011 gaben im Durchschnitt etwa zwei Drittel der Teilnehmer einer repräsentativen Umfrage in 12 EU-Staaten[8] an, dass sie besorgt wären, wenn CO_2 in ihrem näheren Wohnumfeld unter der Erde gespeichert werden würde. Im Durchschnitt hatten 67% allerdings noch nie zuvor von CCS gehört (Eurobarometer 2011). Hinsichtlich der Frage, ob Aufklärung und Wissen über CCS die Akzeptanz erhöht oder sie sogar vermindert, ergaben Studien widersprüchliche Ergebnisse (Übersicht siehe: Kniebes et al. 2014b). Die Ergebnisse der Akzeptanzforschung zeigen, dass ein umfassender, ergebnisoffener Dialogprozess mit der Öffentlichkeit allerdings trotzdem dringend notwendig ist, wenn CCS in Zukunft als Option für die Bekämpfung des Klimawandels in Europa in Betracht gezogen werden soll.

7. AUSBLICK: WELCHE POSITION SOLLTE DIE EU IN PARIS 2015 BZW. BEI WEITEREN KLIMAVERHANDLUNGEN EINNEHMEN UND WELCHE ROLLE KANN DABEI EINE EUROPÄISCHE ENERGIEPOLITIK SPIELEN?

Um ihren Plan A, das 2°C-Ziel, durchzusetzen, stehen die Vertreter der Europäischen Union bei den Klimaverhandlungen im Spannungsfeld zwischen ihrer internationalen Vorreiterrolle, der Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit ihrer Wirtschaft sowie der Vermeidung von Verteilungskonflikten (Europäische Kommission 2013, 2014 b-d). Die Verhandlungen im Vorfeld des beabsichtigten Abschlusses eines globalen Klimarahmenvertrags in Paris im Dezember 2015 sind durch eine Dilemmasituation gekennzeichnet: Die Weltgemeinschaft muss einen Vertrag anstreben, der die Einhaltung des politisch vorgegebenen 2°C-Ziels ermöglicht, aber auch die Schwellen- und Entwicklungsländer im Rahmen einer „gemeinsamen, aber differenzierten Verantwortung und Möglichkeiten und im Lichte unterschiedlicher nationaler Umstände" mit in das Boot holt. Während der Vertragsstaatenkonferenz in Lima im Dezember 2014 ist es erstmals gelungen, diese differenzierte Verantwortung – wenn auch noch sehr vage – in einem Abschlussdokument festzuhalten. Paragraph 3 des "Lima Calls" (Conference of the Parties, 2014) erwähnt explizit die unterschiedlichen Möglichkeiten und nationalen Umstände und schwächt damit die klassische Zweiteilung ab. Lima hat aber auch gezeigt, wie schwierig die Verhandlungen im Detail sind und dass auf diesem Wege nur Minimallösungen zu erreichen sind.

Angesichts dessen wird man einen Plan B entwickeln und bei beiden Kriterien Kompromisse machen müssen, die a) Beiträge zur Emissionsreduktion sammeln, auch wenn ihre Summe noch nicht das 2°C-Ziel ergibt (die sogenannten „Pledges") und b) die Entwicklungsländer erst im Zeitablauf sukzessive in die Verantwortung nehmen, und ihnen im Gegenzug hinreichend Kompensationen in Form von Einzahlungen in den Klimafonds anbieten. Europa hat sich in diesem Kontext bereits mit Beschlüssen zu angestrebten Reduktionen von Treibhausgasen und Beiträgen zum Klimafonds positioniert. Dies ist im Sinne der oben beschriebenen Dilemmata auch aus ökonomischer Sicht rational. Die Europäische Union sollte Lösungen anstreben, die eine effektive und effiziente (und damit notwendigerweise global flächendeckende) Vermeidung der Emissionen ermöglichen, gleichzeitig ihre Vorreiterrolle aufrechterhalten und die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft möglichst wenig beeinträchtigen.

Die Strategie lautet also „Broad, Then Deep" (Stavins, 2014). Erst müssen möglichst alle Länder in die „gemeinsame aber unterschiedliche Verantwortung" genommen werden, dann können schrittweise anspruchsvollere Ziele entwickelt werden. Für die weiteren Verhandlungen sollten Bemühungen, die internationale Kooperation zu

8 Bulgarien, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Italien, Niederlande, Polen, Rumänien, Spanien, Tschechien.

verbessern, einen extrem hohen Stellenwert einnehmen. Dies betrifft insbesondere Anstrengungen, Staaten wie die USA und BRICS einzubinden. In Anbetracht der Schwierigkeit, international verbindliche Abkommen zu verabschieden, sollte allerdings parallel die bilaterale Zusammenarbeit verstärkt ausgebaut werden. Hier kommen vor allem „capacity building", Technologie-Transfer und Forschungs- & Entwicklungszusammenarbeit in Betracht (Europäische Kommission, 2014c).

Was bedeuten nun diese Positionen für die europäische Energiepolitik? Zunächst stellt sich die Frage, ob eine stärkere Harmonisierung der Energiepolitik innerhalb der EU erforderlich ist. Gemeinsame europäische energiepolitische Handlungsfelder sind im Rahmen des Klimaschutzes speziell der Emissionshandel, die Nutzung der Atomkraft, die erneuerbaren Energien, die Energieeffizienz, die Versorgungssicherheit sowie die transnationalen Übertragungsnetze. Nach der Kollektivgütertheorie und dem Subsidiaritätsprinzips müssen diese Themen allerdings nicht notwendigerweise im Sinne einer „supranationalen" Energiewende harmonisiert werden (Gawel et al. 2014, Rennings et al., 1999). Lediglich der Emissionshandel stellt ein Handlungsfeld dar, bei dem der europäische Raum aus ordnungspolitischer Sicht (wenn nicht gar die Vereinten Nationen) eine angemessene Steuerungsebene ist. Bei der Technologieförderung (Atomkraft, erneuerbare Energien, Energieeffizienz) und auch beim Netzausbau ist eher eine Koordination der dezentralen Politiken beispielsweise durch EU-weite Ausstiegs- bzw. Ausbauziele ökonomisch sinnvoll. Eine Koordination ist schon deshalb wichtig, weil Energiemärkte nicht autark funktionieren und nationale Alleingänge in Verwerfungen resultieren können. Solche potentiellen grenzüberschreitenden Folgen nationaler Politiken sind heute schon in Bezug auf die Energiewende zu beobachten. Als Beispiele mögen die wegen der Energiewende und dem Angebotsüberhang auf dem Elektrizitätsmarkt mangelnde Rentabilität von niederländischen Gaskraftwerken und Schweizer Pumpspeicherkraftwerken dienen.

Speziell im Bereich Versorgungssicherheit könnte eine verbesserte Koordination der europäischen Energiepolitik erhebliche ökonomische Vorteile mit sich bringen. So könnte der europäische Netzausbau zu erheblichen Einsparungen bei den Systemkosten führen. Pumpspeicherkraftwerke in geologisch günstigen Gebieten könnten in ein europäisches Gesamtsystem eingebunden werden und durch eine EU-weite Kooperation beim Ausbau erneuerbarer Energien, der sich an die unterschiedlichen geographischen und klimatischen Gegebenheiten anpasst, würden deren Potentiale in Europa sinnvoller genutzt (Buchholz et al. 2012). Die Kosten der Elektrizitätserzeugung könnten durch eine derartige EU-weite Koordination also deutlich gesenkt werden.

Am 25. Februar 2015 stellte die Europäische Kommission ihre Strategie zur Erreichung einer krisenfesten Energieunion mit einer zukunftsorientierten Klimaschutzstrategie vor. Darin werden die Ziele der Energieunion umrissen sowie die einzelnen Schritte der Kommission dargelegt, mit denen diese Ziele verwirklicht werden sollen. Dies beinhaltet u. a. neue Rechtsvorschriften zur Umgestaltung und Reformierung des Strommarkts, die Schaffung von mehr Transparenz bei Gaslieferverträgen, den deutlichen Ausbau der regionalen Zusammenarbeit als wichtigen Schritt auf dem Weg zu einem integrierten Markt, mit einem stärker regulierten Regelungsrahmen, neue Rechtsvorschriften zur Sicherstellung der Lieferung von Strom und Gas, mehr EU-Mittel zur Förderung von Energieeffizienz und ein neues Maßnahmenpaket für erneuerbare Energien, eine europäische Forschungs- und Innovationsstrategie und die jährliche Berichterstattung über den Stand der Energieunion. Dazu gehört eine Mitteilung, in der die Vorstellungen für ein weltweites Klimaübereinkommen dargelegt werden, das im Dezember 2015 in Paris geschlossen werden soll. Ziel ist ein transparentes, dynamisches und rechtsverbindliches weltweites Übereinkommen mit fairen und ehrgeizigen Verpflichtungen vonseiten aller Vertragsparteien (Europäische Kommission 2015a). Insbesondere will die Kommission Optionen für Mechanismen zur freiwilligen Bündelung der Nachfrage im Hinblick auf einen gemeinsamen Einkauf von Erdgas in Krisenzeiten und in Fällen, in denen Mitgliedstaaten von einem einzigen Lieferanten abhängig sind, prüfen. In Zukunft will die Kommission über die Aushandlung von zwischenstaatlichen Abkommen, die den Kauf von Energie aus Drittländern betreffen, von einem frühen Zeitpunkt an unterrichtet werden, so dass eine bessere Ex-ante-Bewertung der Vereinbarkeit dieser Abkommen mit den Binnenmarktvorschriften und den Kriterien für die Versorgungssicherheit gewährleistet ist, statt die Prüfungen – wie bislang praktiziert - erst vorzunehmen, nachdem ein Mitgliedstaat ein Abkommen mit einem Drittland geschlossen hat. Im Elektrizitätsbereich wurde das Ziel festgelegt, bis zum Jahr

2020 mindestens 10 % der vorhandenen Erzeugungskapazitäten der Mitgliedstaaten in Verbünde zu integrieren. Schließlich sollen die Befugnisse der im Rahmen des 3. Energiebinnenmarktpakets gegründeten Agentur für die Zusammenarbeit der Energieregulierungsbehörden (ACER), deren Tätigkeit sich bisher im Wesentlichen auf die Abgabe von Empfehlungen und Stellungnahmen beschränkt, erweitert werden (Europäische Kommission 2015b). Das Klimaforum zum Themenschwerpunkt „Energieressourcen und klimafreundliche Energieversorgung" wird auch die Gelegenheit bieten, diese jüngsten Vorschläge in Hinblick auf die angedachten europäischen Entscheidungsstrukturen sowie die Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft und die Klimaverhandlungen in Paris zu diskutieren.

LITERATUR

- Abrell. J. und R. Rausch (2015a), Carbon Price Floors under Partitioned Emission Trading, Working Paper ETH Zürich.
- Abrell, J. und R. Rausch (2015b), Cross-Country Electricity Trade, Renewable Energy, and Transmission Infrastructure Policy, Working Paper ETH Zürich.
- Aichele, R. (2013), Carbon Leakage with Structural Gravity, mimeo.
- Bauer, N., R. J. Brecha, K. Calvin, J. Edmonds, J. Hilaire, K. Jiang, E. Kriegler, H.-H. Rogner und F. Sferra (2014a), Assessing global fossil fuel availability in a scenario framework, mimeo.
- Bauer N., Hilaire J., Bertram C. (2014b), The calm before the storm – What happens to CO2 emissions before their price starts to increase? Paper presented at World Conference of Environmental and Resource Economics in Istanbul, July 2014.
- Bauer, N., I. Mouratiadou, G. Luderer, L. Baumstark, R.J. Brecha, O. Edenhofer und E. Kriegler (2014c), Global Fossil Energy Markets and Climate Change Mitigation – an analysis with ReMIND, Climatic Change (im Druck).
- Bauer, N., V. Bosetti, K. Calvin, M. Hamdi-Cherif, A. Kitous, D.L. McCollum, A. Méjean , S. Rao, T. Hal, L. Paroussos, S. Ashina und D. van Vuuren (2014d), CO2 emission mitigation and fossil fuel markets: Dynamic and international aspects of climate policies, Technological Forecasting and Social Change (im Druck).
- BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) (2013), Energiestudie 2013. Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen (17), Hannover.
- Blackford, J., H. Stahl, J.M. Bull, B. J. P. Berges, Benoit J. P., M. Cevatoglu und A. Lichtschlag et al. (2014), Detection and impacts of leakage from sub-seafloor deep geological carbon dioxide storage. Nature Climate Change 4 (11), 1011–1016.
- Buchholz, W., J. Frank, H.-D. Karl, J. Pfeiffer, K. Pittel, U. Triebswetter, J. Habermann, W. Mauch und T. Staudacher (2012), Die Zukunft der Energiemärkte - Ökonomische Analyse und Bewertung von Potentialen und Handlungsmöglichkeiten, ifo Forschungsberichte 57, München.
- Conference of the Parties (2014), Lima Call for Climate Action, COP20 Lima.
- ENTSOE (2014), Ten-Year Network Development Plan 2014. URL: https://www.entsoe.eu/major-projects/ten-year-network-development-plan/tyndp-2014/Pages/default.aspx
- Eurobarometer (2011), Special Eurobarometer 364, Public awareness and acceptance of CO2-capture and storage.
- Europäische Kommission (2009), Decision No. 406/2009/EC of the European Parliament and of the Council on the effort of Member States to reduce their greenhouse gas emission to meet the Community's greenhouse gas emission reduction commitments up to 2020.
- Europäische Kommission (2013), EU Energy, Transport and GHG Emissions: Trends to 2050 – Reference Scenario 2013. URL: http://ec.europa.eu/transport/media/publications/doc/trends-to-2050-update-2013.pdf
- Europäische Kommission (2014a), Proposal for a Decision of the European Parliament and of the Council concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emissions trading scheme and amending Direective 2003/87/EC. Brussels.
- Europäische Kommission (2014b), Impact Assessment der Kommunikation Klima- und Energiepolitik 2020 – 2030. Commission staff working document Impact Assessment Accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030, Dokument SWD/2014/015 final (http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX: 52014SC0015&from=EN, abgerufen 18.08.2014).
- Europäische Kommission (2014c), Energie: Kommission präsentiert Strategie zur Stärkung der Versorgungssicherheit, Brüssel, Pressemeldung vom 28.05.2014.
- Europäische Kommission (2014d), Ein Rahmen für die Klima- und Energiepolitik im Zeitraum 2020 – 2030, Kommissionsmitteilung COM(2014) 15 final, Brüssel, 22.01.2014.

- Europäische Kommission (2015a), Die Energieunion – sichere, nachhaltige, wettbewerbsfähige und bezahlbare Energie für alle EU-Bürgerinnen und –Bürger, Brüssel, Pressemitteilung vom 25.02. 2015.
- Europäische Kommission (2015b), Paket zur Energieunion - Rahmenstrategie für eine krisenfeste Energieunion mit einer zukunftsorientierten Klimaschutzstrategie, Kommissionsmitteilung COM(2015) 80 final, Brüssel, 25.2.2015.
- Gawel, E., S. Strunz und P. Lehmann (2014), Wie viel Europa braucht die Energiewende? Department of Economics, Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ), UFZ Discussion Papers 4/2012.
- Gronwald, M., N.V. Long, und L. Roepke (2013), Simultaneous Supplies of Dirty and Green Fuels with Capacity Constraint: Is there a Green Paradox?, CESifo Working Paper No. 4360.
- Haftendorn, C., C. Kemfert und F. Holz (2012), What about Coal? Interactions between Climate Policies and the Global Steam Coal Market until 2030, Energy Policy 48, 274–283.
- Harstad, B. (2013), Buy coal! A case for supply-side environmental policy. Journal of Political Economy 120(1), 77-115.
- Hilaire, J., N. Bauer und R.J. Brecha (2014), Bridging the gap between top-down and bottom-up studies of shale gas resources: the case of heterogeneity, mimeo.
- Holz, F., P. M. Richter und R. Egging (2014), A Global Perspective on the Future of Natural Gas: Resources, Trade, and Climate Constraints, Review of Environmental Economics and Policy, im Erscheinen.
- Hübler, M. und A. Löschel (2012), The EU Decarbonisation Roadmap 2050. What Way to Walk?, ZEW Diskussionspapier Nr. 12-055.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2006), IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2 Energy, IPCC Geneva.
- IPCC (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.
- IPCC (2014), Climate Change 2014: Synthesis Report Summary for Policymakers, http://www.ipcc.ch/pdf/assess-ment -report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf.
- Keller, P. David P., E.Y. Feng und A. Oschlies (2014), Potential climate engineering effectiveness and side effects during a high carbon dioxide-emission scenario, Nature Communications 5.
- Kniebes, C., C. Merk, G. Pönitzsch, K. Rehdanz und U. Schmidt (2014a), Informed and uninformed opinions on new measures to address climate change, Kiel Working Paper 1936, Kiel Institute for the World Economy.
- Kniebes, C., K. Rehdanz und U. Schmidt (2014b), Validity of WTP measures under preference uncertainty, mimeo.
- McJeon, H., J. Edmonds, N. Bauer, L. Clarke, B. Fisher, B. Flannery, J. Hilaire, V. Krey, G. Marangoni, R. Mi, K. Riahi, H.-H. Rogner und M. Tavoni (2014), Climate Implications of Globally Abundant Natural Gas, mimeo.
- Merk, C. und G. Pönitzsch (2014), The role of values and environmental attitudes for the acceptability of stratospheric sulfate injection, mimeo.
- Merk C., G. Pönitzsch, C. Kniebes, K. Rehdanz und U. Schmidt (2015), Exploring public perceptions of stratospheric sulfate injection, Climatic Change, im Erscheinen.
- Pittel, K., Withagen, C. und R. van der Ploeg (2014), The Green Paradox: A Mirage?, in: Pittel, K., C. Withagen und R. van der Ploeg (Hrsg.), Climate Policy and Nonrenewable Resources, MIT Press.
- Rennings, K., H. Koschel, K. L. Brockmann, I. Kühn (1999): A Regulatory Framework for a Policy of Sustainability: Lessons from the Neo-Liberal School. In: Ecological Economics 28 (1999), 197 – 212.
- Richter, P. M. (2015), From Boom to Bust? A Critical Look at US Shale Gas Projections. Economics of Energy & Environmental Policy 4(1), S. 131-151.
- Richter, P. M., R. Mendelevitch and F. Jotzo (2015), Market Power Rents and Climate Change Mitigation: A Rationale for Coal Taxes? Mimeo.
- Rickels, W. und G. Klepper (2012), The real economics of climate engineering, Economics Research International.

- Röpke, L. und K. Pittel (2014), The Implications of Energy Input Flexibility for a Resource Dependent Economy, mimeo.
- Rogner, H.-H., R. F. Aguilera, C. Archer, R. Bertani, S. C. Bhattacharya, M. B. Dusseault, L. Gagnon, H. Haberl, M. Hoogwijk, A. Johnson, M. L. Rogner, H. Wagner und V. Yakushev (2012), Chapter 7 - Energy Resources and Potentials, in: Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future, Cambridge University Press und International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 423-512.
- Scott, V., S. Gilfillan, N. Markusson, H. Chalmers und R.S. Haszeldine (2013), Last chance for carbon capture and storage, Nature Climate Change 3 (2), 105–111.
- Sinn, H.-W. (2008), Public policies against global warming: A supply side approach. International Tax and Public Finance 15 (4), 360-394.
- Stavins, R. (2014), Assessing the Outcomes of the Lima Climate Talks. An Economic Assessment (http://www.robertstavinsblog.org/2014/12/14/Assessing-the-Outcomes-of-the-Lima-Climate-Talks).

KOORDINATION DURCH

INSTITUT FÜR WELTWIRTSCHAFT

KONTAKT - DIALOG ZUR KLIMAÖKONOMIE
Dr. Lena-Katharina Döpke
Institut für Weltwirtschaft (IfW) an der Universität Kiel
Te.: 0431-8814 278
Mail: lena.doepke@ifw-kiel.de

http://www.kiel-earth-institute.de/Klimaoekonomie.html
http://www.fona.de/de/17141