



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Technologischer Wandel im EU-Energiesektor: Welchen dynamischen Anreiz brachte das EU ETS in den ersten beiden Perioden?“

Verfasser

Jan Szkwarek

angestrebter akademischer Grad

Magister der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften
(Mag.rer.soc.oec.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt:
Studienrichtung lt. Studienblatt:
Betreuerin / Betreuer

A 140
Magisterstudium Volkswirtschaftslehre
Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Wolfgang Weigel

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe.

Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Wien, am 25.08.2012

Jan Szkwarek

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Prof. Wolfgang Weigel, der mich mit seiner Erfahrung und seinem Wissen unterstützte, für die geduldige Betreuung meiner Diplomarbeit bedanken.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung	4
2. Theoretische Bewertung von Umweltpolitischen Instrumenten.....	7
2.1 Die Theoretische Bewertung der Dynamischen Anreizwirkung	7
Auflagenpolitik	8
Emissionsabgaben.....	11
Emissionszertifikate.....	12
3. Studien zur dynamischen Anreizwirkung des EU ETS	17
3.1 The Innovation impact of the EU Emission trading System	17
3.2 The effects of climate policy on the rate and direction of innovation.....	35
3.3 European CO ₂ prices and carbon capture investments.....	54
3.4 Exkurs: The impact of carbon prices on generation-cycling costs.....	63
3.5 Can the future EU ETS support the wind energy investments?	70
4. Resümee und Schlussfolgerungen	75
Literaturverzeichnis	81
Anhang.....	84

1. Einleitung und Fragestellung

Auf der Klimaschutzkonferenz 1997 in Kyoto hat sich die internationale Staatengemeinschaft auf ein verbindliches Mengenziel für die Reduktion von sechs verschiedenen Treibhausgasen geeinigt. Neben Kohlendioxid (CO₂) fallen darunter auch die Gase Methan (CH₄), Distickstoff (N₂O), Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF₆.) Schlussendlich trat das Kyotoprotokoll im Februar 2005 in Kraft.

Im Rahmen dieser Vereinbarung hat sich die EU verpflichtet, die Emission dieser Treibhausgase in der Periode 2008 -2012 um 8 Prozent unter das Niveau von 1990 zu senken. Diese Gesamtverpflichtung wurde innerhalb der EU-15 nach einer Lastenteilungsvereinbarung (Burden Sharing Agreement) auf die einzelnen EU-Mitglieder verteilt. Um die Erfüllung dieser Verpflichtungen zu erleichtern, wurden mehrere Instrumente bzw. flexible Mechanismen entwickelt.

- Clean Development Mechanism oder CDM (Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung)
- Joint Implementation oder JI (Mechanismus für eine gemeinsame Durchführung)
- Emission Trading (Handel mit Emissionsrechten)

Angesichts der ausführlichen Literatur zum Kyoto Protokoll wird hier nicht weiter auf das CDM oder JI eingegangen. Diese Arbeit widmet sich der Evaluierung des Emission Trading in der EU.

Um die im Kyotoprotokoll festgeschriebene Reduktion der Emission von Treibhausgasen zu erreichen, hat die EU im Jahr 2003 den Einsatz dieses Instrumentes (Emission Trading) zum Handel mit Emissionszertifikaten (EU ETS) verabschiedet. Dieses trat mit 01.01.2005 in Kraft und betraf rund 10.000 Industrieanlagen aus den Sektoren Energie, Eisen und Stahl, Papier, Zement, sowie Glas und Keramik.

Das EU ETS besteht aus mehreren Phasen. Die erste Phase von 2005 bis 2007 diente hierbei als Testphase und war von einer massiven Überallokation mit Zertifikaten geprägt. Die zweite Phase des EU ETS läuft in den Jahren 2008 bis 2012 und fällt somit mit der Verpflichtungsperiode des Kyoto Protokolles zusammen.

Die Theoretische Literatur unterscheidet verschiedene Kriterien hinsichtlich der Effizienzbeurteilung von klimapolitischen Instrumenten: Ökologische Treffsicherheit, Kosteneffizienz und dynamische Anreizwirkung für den Einsatz neuer Technologien.

Vor dem Hintergrund der anstehenden dritten Periode (ab 2013) des EU ETS geht diese Diplomarbeit der folgenden Fragen nach:

- Welchen dynamischen Anreiz für einen technologischen Wandel hat das EU ETS in den ersten beiden Perioden (2005-2012) gebracht?
- Ist dieses Instrument für die Erreichung des Teilzieles richtig konzipiert? Ist der technologische Wandel allein auf das EU ETS zurückzuführen, oder spielen hier auch andere Faktoren eine bedeutende Rolle?

Diese Fragen sollen anhand der europäischen Stromindustrie als Untersuchungsgegenstand beantwortet werden. Angesichts der zahlreichen Möglichkeiten, mittels erneuerbarer Energietechnologien (Solar, Wind, Geothermik,...) und des Einsatzes von Vermeidungstechnologien für fossile Kraftwerke (CCS) Emissionen zu reduzieren, eignet sich die Stromindustrie besonders, um den technologischen Wandel zu untersuchen. Zudem zeichnet die Stromindustrie für rund 30 Prozent der europäischen CO₂ Emissionen verantwortlich und wurde im Gegensatz zu anderen Industriezweigen bereits in die erste Phase des EU ETS einbezogen.

Basis für die Betrachtung dieser Fragen ist ein Überblick über eine Auswahl von Arbeiten zu diesem Thema. Diese Anthologie stellt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, sondern versucht vielmehr, die Fragestellung aus unterschiedlichen Betrachtungswinkeln zu beleuchten.

Im folgenden Kapitel wird eingangs die theoretische Bewertung und Beurteilung von umweltpolitischen Instrumenten näher vorgestellt. Zudem werden die Vor- und Nachteile einzelner Instrumente hinsichtlich ihrer dynamischen Anreizwirkung gegenübergestellt.

In Kapitel 3 wird eine Reihe von rezenten Arbeiten zu dem Themenkreis technologischer Wandel in der Europäischen Energiebranche näher beleuchtet. Hierbei liegt der Fokus

vor allem auf der Beurteilung der Anreizwirkung des EU ETS für einen technologischen Wandel.

Das abschließende Kapitel fasst die Ergebnisse und Aspekte der untersuchten Arbeiten zusammen und widmet sich der Beantwortung der in der Einleitung formulierten Fragen.

2. Theoretische Bewertung von Umweltpolitischen Instrumenten

Die theoretische Literatur¹ unterscheidet im Wesentlichen drei unterschiedliche Bewertungskriterien hinsichtlich der Effizienz von umweltpolitischen Instrumenten. So sieht auch Alfred Endres neben der Kosteneffizienz und der Ökologischen Treffsicherheit das Kriterium der Dynamischen Anreizwirkung für den technologischen Wandel als dritten Maßstab für die Beurteilung von umweltpolitischen Maßnahmen. Da sich diese Arbeit ausschließlich mit der Frage der Dynamischen Anreizwirkung des EU ETS beschäftigt, wird auf die ersten beiden Kriterien - Kosteneffizient und Ökologische Treffsicherheit – hier nicht eingegangen. Die soll aber die große Bedeutung dieser nicht schmälern. Die Entscheidung diese wegzulassen, hat vielmehr Platzgründe bzw. die Absicht der Arbeit einen klaren Fokus zu verleihen, zum Hintergrund.

2.1 Die Theoretische Bewertung der Dynamischen Anreizwirkung

Zum Zweck der Beurteilung der dynamischen Anreizwirkung stellt Alfred Endres die Frage „Inwieweit unterscheiden sich die Instrumente hinsichtlich Ihrer Fähigkeit die Entwicklung und Einführung umwelttechnischen Fortschritts zu induzieren?“² Endres zufolge ist ein umwelttechnologischer Fortschritt dann erreicht, „wenn es gelingt, mit gleichem Aufwand höhere Emissionsreduktion bzw. mit geringerem Aufwand gleiche Emissionsreduktionen zu erreichen.“³

Anders formuliert widmet sich dieser Teil der Frage, ob und inwieweit die unterschiedlichen umweltpolitischen Instrumente Anreize für die Verursacher setzen, in die Erforschung neuer umweltverträglicher Produktionsweisen bzw. die Implementierung dieser, zu investieren.

Gegenstand der Betrachtung sind hier jedoch die einzig auf Unternehmensebene getroffenen Entscheidungen bezüglich etwaiger Forschungs- und Verbesserungsmaßnahmen. Etwaige Beiträge staatlicher Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen werden außer Acht gelassen.

¹ Dieses Literaturkapitel folgt im Wesentlichen der Interpretation von Alfred Endres, wie sie in seinem Buch Umweltökonomie. 2007, 3. Auflage, Stuttgart dargelegt wird.

² Endres 2007, Seite 133ff

³ Endres 2007, Seite 133ff

Diese können zwar einen beträchtlichen Einfluss auf den umweltpolitischen Fortschritt haben, sind jedoch nur ergänzende bzw. unterstützende Maßnahmen eines umweltpolitischen Instrumentes und nicht Kern dessen. Diese Sichtweise deckt sich auch mit jener von Endres, dass die staatlichen Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen instrumentenunabhängig gesehen werden müssen.

Im folgenden Teil sollen die einzelnen Instrumente nach einer Rangordnung in Bezug auf ihre Dynamische Anreizwirkung untersucht und gegliedert werden.

Auflagenpolitik

Im Rahmen einer Auflagenpolitik, sind den einzelnen Unternehmen Emissionshöchstgrenzen vorgeschrieben. Demnach werden sie nach neuen Verfahren suchen, um diese Höchstgrenzen mit kostengünstigeren Methoden einzuhalten. Neben dem Einsatz von additiven Maßnahmen (end-of-pipe), kann es im Zuge eines technologischen Wandels auch zu einer Integration von umwelt- und produktionstechnischen Fortschritten kommen.

Der aus der Auflagenpolitik für die Unternehmen erwachsene Anreiz ist jedoch insoweit limitiert, dass er nur bis zur Erreichung der staatlich vorgegebenen Emissionsgrenze wirkt. Es gibt keinen Anreiz für die Unternehmen weitere Aufwände auf sich zu nehmen, um ihre Emissionen unter diese Grenze zu drücken. Sie werden für darüber hinausreichende Maßnahmen und Aufwände von der Auflagenpolitik nicht zusätzlich entlohnt.

Endres⁴ beschreibt lediglich zwei theoretische Spezialfälle, wo dieses Muster durchbrochen wird: 1. Die Implementierung einer konkreten technologischen Innovation kann als Nebenprodukt eine Übererfüllung der Höchstgrenzen mit sich führen. 2. Zudem ist der Fall vorstellbar, dass Unternehmen in Antizipation einer bevorstehenden Verschärfung der Grenzwerte diese bewusst unterschreiten bzw. einfach einen „Sicherheitsabstand“ zu den staatlichen Normen einhalten wollen. Dieser Fall ist im Bereich der Energiewirtschaft durchaus vorstellbar. Vor dem Hintergrund der sehr kapitalintensiven und sehr langlebigen Investitionen, könnten Unternehmen durch ein rechtzeitiges Antizipieren die Kosten einer schrittweisen Verschärfung der Auflagen senken.

⁴ Endres 2007 , Seite 134

Als ein besonderes Hindernis hinsichtlich der dynamischen Anreizwirkung verweist Endres auf jene Fälle, in welchen die Auflagenpolitik um einen „Stand der Technik“ erweitert wird. Hierbei werden die Umweltschutzanforderungen für neue Anlagen mit dem Fortschritt der technischen Entwicklung verknüpft. So werden die Umweltschutzanforderungen an diesen Fortschritt angepasst. Endres argumentiert, dass diese Politik der Einhaltung des Standes der Technik, dem Ziel ein dynamisches Element in die Grenzwertbestimmung einzubringen in einem wichtigen Punkt entgegenwirkt: Umso fortschrittlicher der „Stand der Technik“, desto restriktiver fallen diese Auflagen für die einzelnen Unternehmen an.

Dadurch ergibt sich für die einzelnen Unternehmen ein starkes Motiv, sich gegen den technischen Fortschritt zu wehren, anstatt diesen zu fördern. Letzten Endes werden „die Kräfte des Marktsystems also nicht nur nicht genutzt, sondern sogar in kontraproduktive Bahnen gelenkt“ resümiert Endres⁵. Auch betriebswirtschaftlich rentable umwelttechnische Innovationen können dadurch behindert werden. In Einzelfällen wird sich das Unternehmen womöglich dagegen entscheiden, diese in bestimmten (rentablen) Produktionsprozessen zu implementieren. Sie läuft sonst Gefahr, den staatlichen Stellen jenen Beweis zu erbringen, dass genau diese Technologie einsatzfähig ist und hiermit dem „Stand der Technik“ entspricht. Somit wäre das Unternehmen verpflichtet, diese Technologie auch in jenen Produktionsprozessen zu verwenden, in denen es noch nicht rentabel ist.

Unabhängig von der Anpassung von Produktionsprozessen in bereits bestehenden Anlagen, führt eine fortschrittlicher „Stand der Technik“ zu hohen Kosten bei der Errichtung von Neuanlagen. Vor diesem Hintergrund erscheint diese Politik auch hinderlich hinsichtlich der Ersetzung von alten umweltschädlichen Anlagen.

All dies führt dazu, dass die Rolle des Antreibers und Unterstützers eines technologischen Fortschrittes weg von der Verursacherindustrie hin zu den staatlichen Stellen und der Umweltschutzindustrie übertragen wird. Im Gegensatz zu der Verursacherindustrie, besteht für die Umweltschutzindustrie hingegen sehr wohl ein Anreiz, leistungsfähige Emissionsvermeidungsanlagen zu entwickeln bzw. sich für die Anerkennung dieser als „Stand der Technik“ einzusetzen.

Neben den bereits oben erwähnten Nachteilen bei der Implementierung eines „Stand der Technik“-Regimes, erwähnt Endres noch weitere: Er verweist darauf, dass zwischen einem

⁵ Endres 2007, Seite 134

umgangssprachlichen und einem amtlichen Verständnisses des Ausdruckes „Stand der Technik“ deutliche Unterschiede liegen. Das umgangssprachliche Verständnis suggeriert „das jeweils bestmögliche Vermeidungsverfahren durchzusetzen und damit maximale Emissionsreduktion zu erreichen“⁶. Das amtliche Verständnis bzw. die amtliche Durchsetzung einer „Stand der Technik“-Regelung unterscheidet sich in einigen Punkten jedoch maßgeblich davon:

- Die Verordnung eines amtlichen „Standes der Technik“ ist ein zeitraubender und langfristiger Prozess. So ist dieser von einer Vielzahl von Informations-, Entscheidungs-, Kodifizierungs- und Novellierungsprozessen abhängig.
- Ein aktueller „Stand der Technik“ ist meistens nur bei neuen Anlagen anwendbar. Eine Implementierung bei bestehenden Anlagen gestaltet sich oftmals deutlich schwieriger. Denn selbst bei einer Verpflichtung zur Umrüstung bestehender Anlagen auf den „Stand der Technik“, führt die Einführung von notwendigen Nachrüstfristen häufig dazu, dass diese erst recht wieder die Technik von gestern erhalten.
- Zudem beinhaltet die Definition des „Standes der Technik“ neben technologischen Komponenten auch eine wirtschaftliche. Enders ergänzt dazu, dass „Nach dem überwiegenden Urteil der juristischen Kommentatoren kann eine Technologie, die wirtschaftlich nicht „verkraftbar“ ist, nicht dem Stand der Technik entsprechen“⁸. Somit steht die Konkretisierung eines „Standes der Technik“ im Spannungsfeld zwischen einer „ingenieurwissenschaftlichen Tatsachenfeststellung“ und der Abwägung, dass „bei der Belastung der Wirtschaft mit Umweltschutzkosten das Gebot der Verhältnismäßigkeit eingehalten wird“.

Resümierend stellt Endres fest, dass von der „Politik der Vorschriften zum neusten Stand der Technik im Allgemeinen (eine) bremsende Wirkung zu erwarten ist“.

⁶ Endres 2007, Seite 135

⁷ So definiert zum Beispiel die österreichische Gewerbeordnung (GewO) im §71a: (1) Der Stand der Technik im Sinne dieses Bundesgesetzes ist der auf den einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen, Bau- oder Betriebsweisen, deren Funktionstüchtigkeit erprobt und erwiesen ist. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere jene vergleichbaren Verfahren, Einrichtungen Bau- oder Betriebsweisen heranzuziehen, welche am wirksamsten zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt sind; weiters sind unter Beachtung der sich aus einer bestimmten Maßnahme ergebenden Kosten und ihres Nutzens und des Grundsatzes der Vorsorge und der Vorbeugung im Allgemeinen wie auch im Einzelfall die Kriterien der Anlage 6 zu diesem Bundesgesetz zu berücksichtigen.

⁸ Endres 2007, Seite 136

Emissionsabgaben

Im Vergleich zur Auflagenpolitik liefert das umweltpolitische Instrument der Emissionsabgabe ein gänzlich anderes Szenario bezüglich der Dynamischen Anreizwirkung für technologische Innovationen. Im direkten Gegensatz zur oben beschriebenen Situation, ist hier der Anreiz nicht durch die Einhaltung eines bestimmten Emissionszielwertes beschränkt. „Vielmehr institutionalisiert die Abgabe für die Verursacher einen ständigen Druck in Richtung Senkung der Emission“, so Endres⁹. Für die Unternehmen besteht über alle Emissionswerte hinweg ein starker Anreiz, Innovationen zu implementieren um die Kosten des Umweltschutzes zu senken. Denn jede Emissionseinheit – die durch die Einführung von umwelttechnologischen Innovationen – vermieden wird, reduziert die damit verbunden Abgaben für das Unternehmen.

Unter dem Strich betrachtet, rechnen sich all jene technologischen Innovationen, deren Kosten unter der entsprechenden Abgabenquote für die vermiedenen Emissionen liegen. Das bedeutet, dass die Unternehmen dank des Einsatzes neuer technologischer Innovationen nicht nur ihre Emissionen senken, sondern dabei auch ihren Gewinn erhöhen können. Diese Kostenvorteile lassen sich im Gegensatz zur Auflagenpolitik über alle Emissionsniveaus erreichen. Der hierfür limitierende Faktor liegt nicht in der Ausgestaltung des umweltpolitischen Instrumentes, sondern allein in Kosten der verfügbaren technologischen Innovationen bzw. Umweltschutztechnologien.

Aus dynamischer Sicht herrscht für die Unternehmen ein hoher Anreiz, die „Kenntnisse ihres Produktionsprozesses mit dem Ziel umweltschützender Innovationen zu mobilisieren und zu erweitern“¹⁰. Dieser positive Einfluss wirkt über die im Unternehmen selbstentwickelten Innovationen hinaus, und generiert eine verstärkte Nachfrage nach Umwelttechnologien von Drittanbietern. Somit profitiert auch der gesamte Sektor der Umweltschutzindustrie.

Weiters sieht Endres hier auch keine Nachteile aus der unterschiedlichen Behandlung von Neu- und Altanlagen erwachsen. Der hohe Anreiz für den Einsatz von emissionsvermeidenden Technologien erstreckt sich beim Einsatz der Emissionsabgaben

⁹ Endres 2007, Seite 136

¹⁰ Endres 2007, Seite 136

gleicherweise über neugeplante, als auch bereits im Betrieb stehende Anlagen. Das einzige Differenzierungskriterium sind hier lediglich etwaige unterschiedliche Kosten für den Einsatz einer bestimmten Technologie in den verschiedenen Anlagen. So ist ein Szenario leicht vorstellbar, in welchem ein Unternehmen alle Anlagen (sowohl Neu- als auch Alt) zuerst auf eine bestimmtes und schon im Einsatz befindliches Technologielevel nachrüstet, bevor in die nächste Evolutionsstufe von Umweltschutztechnologien investiert wird.

Eine leichte Abschwächung dieses starken Anreizes sieht Endres nur dann, falls sich die Umweltbehörden auf die Aufrechterhaltung eines konstanten Emissionsniveaus bzw. dessen langsameren Rückgang verständigen. In diesem Fall ist mit einem sinkenden Steuersatz und somit niedrigeren Abgaben zu rechnen. Diese würden letzten Endes auch die dynamische Anreizwirkung für Innovationen abschwächen.

Genau dieser Punkt ist jedoch einer der entscheidenden Unterschiede zu dem umweltpolitischen Instrument der Emissionszertifikate.

Emissionszertifikate

Bei dem Einsatz des umweltpolitischen Instrumentes der Emissionszertifikate besteht für Endres „zunächst derselbe finanzielle Anreiz zur Innovation wie bei der Abgabe“. Denn je weiter die umwelttechnologischen Innovationen die tatsächlichen Emissionen eines Unternehmens reduzieren, desto größer ist die Kostenersparnis auf Seiten der Zertifikate. Diese Kostenersparnis wird sowohl schlagend, wenn Zertifikate gekauft bzw. ersteigert werden müssen, als auch, wenn sie mittels eines Grandfathering kostenlos den Unternehmen zugeteilt werden. Denn selbst kostenlos erhaltene Zertifikate, können gegebenenfalls an Mitbewerber verkauft werden.

Doch ähnlich wie bei den Emissionsabgaben kann es auch bei den Emissionszertifikaten zu einer Abschwächung dieser Anreizwirkung kommen. So führt eine Verbesserung der eingesetzten Emissionsvermeidungstechnologien dazu, dass ceteris paribus die Nachfrage nach Zertifikaten abnimmt. Von dieser Entwicklung können auch auf dem Gebiet der Umwelttechnologien innovationsarme Unternehmen profitieren. Endres verweist explizit darauf, „Bei der hier unterstellten Marktform der vollständigen Konkurrenz hängt der Zertifikatekurs vom Innovationsverhalten der Gesamtheit der Verursacher, nicht aber von dem

eines einzelnen Verursachers ab.“¹¹ Ein Emissionszertifikate-Regime mit einer fixen Anzahl von Zertifikaten bzw. einem starren Emissionszielniveau würde zu diesen Ergebnissen führen. Abhilfe können die Behörden durch eine Verknappung des Angebotes von Emissionszertifikaten schaffen. Dies kann durch Einkauf, Abwertung oder verminderte Erneuerung zeitlich befristeter Zertifikate geschehen. Das Ziel ist die Verschärfung des Emissionsstandards, durch eine Herausnahme von Zertifikaten aus dem Markt.

So kann bei einer wirtschaftlichen Stagnation die Nachfrage nach Emissionszertifikaten zum Erliegen kommen, sobald der regionale Zielwert erreicht ist. Aufgrund der mangelnden Nachfrage ist eine Investition in eine zusätzliche Emissionsvermeidung für die einzelnen Unternehmen nicht mehr lukrativ. Denn die dadurch eingesparten Emissionsrechte können an keine anderen Abnehmer gewinnbringend verkauft werden. Führen jedoch eine Verschärfung des Emissionsstandards oder ein erneuter wirtschaftlicher Aufschwung zu einem Anstieg der Emissionszertifikatspreise, lassen sich über den Verkauf von eingesparten Emissionszertifikaten wieder zusätzliche Einnahmen generieren. Endres schreibt treffend, dann ist „die Produktion von Emissionsgutschriften durch Umweltschutz ein lohnendes Geschäft“ für die Unternehmen.

¹¹ Endres 2007, Seite 137; Hierbei muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die vollständige Konkurrenz sich auf den Sekundärmarkt mit CO₂-Zertifikaten bezieht. Hier stehen mehreren Anbietern, mehrere Nachfrager gegenüber.

Grafische Darstellung

Abschließend soll anhand einer grafischen Darstellung die vorhin erläuterten Konzepte nochmals veranschaulicht werden. Der Vergleich wird hier vor allem zwischen Anreizwirkung der Auflagenpolitik und Emissionsabgaben/Zertifikaten gezogen.

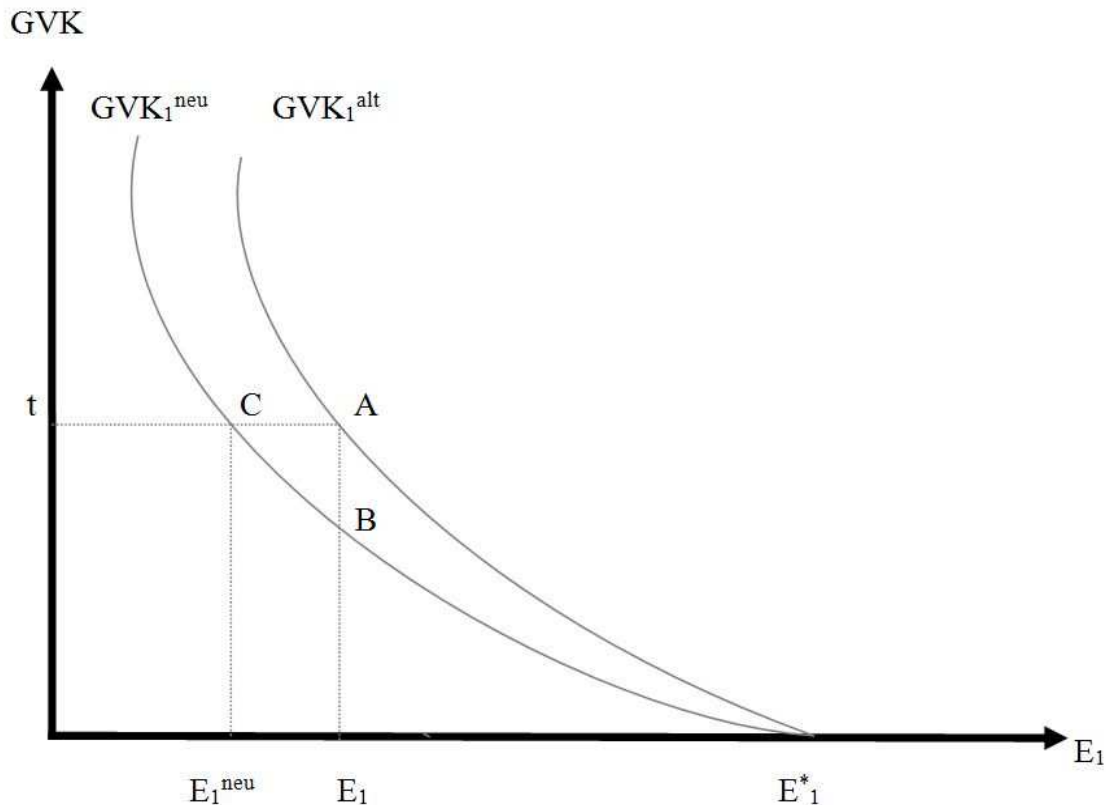


Abbildung 1: Grafischer Vergleich von umweltpolitischen Instrumenten

Quelle: Endres 2007, Seite 140

Die Abbildung stellt im Wesentlichen die Gewinnsituation eines Verursacherunternehmens bei zwei alternativen Umwelttechniken dar. Die Kurven GVK_1^{alt} bzw. GVK_1^{neu} beschreiben die Grenzvermeidungskosten des Unternehmens vor bzw. nach Einführung einer umwelttechnologischen Innovation. Vor diesem Hintergrund soll die Auswirkungen der umweltpolitischen Instrumente untersucht werden.

Wie bereits vorhin erwähnt, ist der finanzielle Anreiz die entscheidende Motivation für die einzelnen Unternehmen, auf eine neue Emissionsvermeidungstechnologie umzusteigen. Endres fasst zusammen: „die Gewinnsteigerung, die durch Einführung der überlegenen

Technik erzielt wird, gilt als Indikator für den Anreiz, der zur Einführung dieser Technik besteht.“¹² Je größer der Gewinnunterschied zwischen neuer und alter Technik bei einem bestimmten umweltpolitischen Instrument, desto größer die Innovationskraft des Instrumentes. Natürlich entstehen dem einzelnen Unternehmen durch den Einsatz einer bestimmten Technologie neben etwaigen Erträgen auch Kosten. Da diese unabhängig von den untersuchten Instrumenten als auch gleich sind, sind sie für unserer Betrachtung bzw. Vergleich der einzelnen Instrumente unerheblich und können somit der Einfachheit halber weggelassen werden.

Unterschiedliche Instrumente gelten genau dann als Äquivalent, wenn vor Einsatz der neuen Technologie derselbe Emissionswert E_1 erreicht wird. Konkret bedeutet dies: Beim Einsatz der Auflagenpolitik verpflichten die Behörden das Unternehmen die Emissionsmenge von E_1 nicht zu überschreiten. Im Fall von Emissionsabgaben wird ein Steuersatz von t schlagend. Bei Einsatz von Emissionsrechten sieht sich das Unternehmen am Markt mit einen Emissionszertifikatepreis von $z (= t)$ konfrontiert.

Unter dem Regime der Auflagenlagenpolitik resultiert der Einsatz der neuen Technologie in einer Ersparnis von Vermeidungskosten. Diese werden in der Abbildung durch die Fläche E_1^*AB dargestellt. Das Unternehmen emittiert jedoch weiter die der Auflagenpolitik entsprechende Menge von E_1 .

Ähnlich gestaltet sich das Bild auch in einem ersten Schritt bei Betrachtung des Unternehmens unter einer Emissionssteuer. Bei einem Übergang auf die neue Technologie und einem Gleichbleiben der Emissionsmenge bei E_1 , ergeben sich für die zu oben identen Einsparungen (der Vermeidungskosten) von E_1^*AB . Falls jedoch der Steuersatz weiterhin von t gilt, ist es für das Unternehmen günstiger, seine Emission weiter zu reduzieren. Diese Reduktion geht bis zum Punkt E_{1neu} , da hier die Grenzvermeidungskosten der neuen Technologie unter dem Steuersatz liegen. In diesem Fall steigen die Einsparungen zusätzlich durch die vermiedenen Steuern in der Fläche ABC . Gesamt betrachtet führt die neue Technologie zu Einsparungen von Vermeidungskosten der Fläche E_1^*AC . Somit wird klar, dass der Anreiz für den Übergang von alter auf neue Technologie unter dem Regime der Emissionssteuern größer ist als bei der Auflagenpolitik. Bei dem Einsatz von Emissionszertifikaten kann die dynamische Anreizwirkung analog zu jener der

¹² Endres 2007 , Seite 138

Emissionsabgaben beschrieben werden. Doch Vorsicht: Bei der Beschreibung der Emissionsabgaben wurde darauf verwiesen, dass diese Ergebnisse nur dann gelten, wenn der Steuersatz weiterhin bei t verbleibt. Ähnliches gilt auch hier für den Emissionszertifikatepreis von $z (= t)$. Eine Veränderung des Steuersatzes oder des Emissionszertifikatepreises im Rahmen des Umstieges von alter auf neuer Technologie, würde die Anreizwirkung entsprechend stärken oder schwächen. Vor dieser Nebenbedingung soll aber nicht unterschlagen werden, dass eine Beibehaltung des Steuersatzes (bei einer Emissionsabgabe) deutlich einfacher zu bewerkstelligen ist, als eine Beibehaltung des Emissionszertifikatepreises (bei Emissionszertifikaten). Denn bei Emissionszertifikaten muss die Angebotsmenge durch wiederholte staatliche Intervention entsprechend angepasst werden. Um den Steuersatz hingegen auch bei der neuen Technologie konstant zu halten, bedarf es eines schlichten Nichtstuns.4. Aktuelle Studien zum EU ETS

Nach der Vorstellung der theoretischen Bewertung des Instrumentes des Zertifikatehandels, sollen die folgenden Kapitel eine Auswahl von rezenten Studien zu der dynamischen Anreizwirkung für einen technologischen Wandel des EU ETS näher vorstellen.

Die Studien sollen im Wesentlichen die Anfangs dieser Diplomarbeit formulierten Fragen beantworten:

- Welchen dynamischen Anreiz für einen technologischen Wandel hat das EU ETS in den ersten beiden Perioden (2005-2012) gebracht?
- Ist dieses Instrument für die Erreichung dieses Teilzieles richtig konzipiert? Ist der technologische Wandel allein auf das EU ETS zurückzuführen, oder spielen hier auch andere Faktoren eine bedeutende Rolle?

3. Studien zur dynamischen Anreizwirkung des EU ETS

Die Auswahl der Studien erfolgte unter dem Gesichtspunkt, eine möglichst breite Palette von unterschiedlichsten Betrachtungsweisen vorzustellen. Die näher beleuchteten Artikel lassen sich grob in zwei Gruppen einteilen: Gesamtsektoranalyse des Energiebranche; Technologiespezifische Betrachtung des EU ETS.

Den Anfang machen die Studien mit einer Gesamtsektoranalyse.

3.1 The Innovation impact of the EU Emission trading System – Findings of company case studies in the German Power sector¹³

Einleitung und Grundlegendes

Basierend auf Daten aus dem deutschen Energiesektor – insgesamt wurden 19 Unternehmen befragt – die in den Jahren 2008/09 erhoben wurden, greift das Autorenteam auf eine qualitative Methode zurück, um die folgende Frage zu beantworten: Welchen Einfluss hat das EU ETS auf die Innovationen?

Bereits in der Einleitung beschreiben die Autoren das EU ETS als einen der Eckpunkte der EU Klimapolitik. Als das Primärziel des EU ETS wird dabei die kostenminimierende Möglichkeit zur Erreichung der angestrebten Emissionsziele für den Ausstoß von Green House Gases gesehen. Dennoch wird - wie auch bereits im theoretischen Teil dieser Arbeit hingewiesen - von dem Einsatz von Emissionszertifikaten als umweltpolitisches Instrument auch ein Anreiz im Hinblick auf eine dynamische Komponente für einen Technologiewandel erwartet. Aus Sicht der Autoren könnte langfristig betrachtet diese dynamische Anreizwirkung der entscheidende Faktor sein, um die gesteckten Reduktionsziele zu erreichen.

Der Artikel zielt darauf ab, eine detaillierte Analyse abzugeben, wie das EU ETS die technologische Innovation beeinflusst hat, und ob dieser Einfluss ausreicht, um die

¹³ Rogge K.S., Schneider M., Hoffmann V.H., 2011. The Innovation impact of the EU Emission trading System – Findings of company case studies in the German Power sector. Ecological Economics 70, 513 -523

langfristigen klimapolitischen Ziele, eine technologische Dekarbonisierung der Wirtschaft, zu erreichen.

Frühe empirische Studien¹⁴ hinsichtlich der dynamischen Anreizwirkung hätten jedoch nicht alle für die Analyse notwendig relevanten Aspekte beleuchtet, so die Autoren weiter. Empfehlungen für die Untersuchung von umwelttechnologischem Wandel folgend¹⁵, erweitern die Autoren die Grundlagen aus der Umweltökonomie und Innovations studies um vier Aspekte.

Zum einen wird der Begriff der Innovation in drei separate Teilaspekte aufgegliedert: Research, Development & Demonstration (RD&D); Investition in und Anwendung neuer Technologien; Wandel hinsichtlich der Organisationsstruktur. Diese Teilbereiche werden auch im Hinblick auf ihre Wechselwirkungen untersucht.

Des Weiteren werden nicht nur die dem EU ETS unterliegenden Energieversorger untersucht, sondern auch andere Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette mit einem relevanten Einfluss auf den technologischen Wandel. Für die Energiebranche trifft dies auf zahlreiche Technologiezulieferer zu.

Drittens werden auch Kontextfaktoren aus der Geschäftsumgebung der einzelnen Unternehmen beachtet. Dadurch soll der Mannigfaltigkeit von unterschiedlichen Determinanten auf unternehmenseigene Innovationsaktivitäten gerecht werden.

Abschließend nehmen die Autoren im besonderen Rücksicht auf die Heterogenität der einzelnen Unternehmen. Vor diesem Hintergrund widmet sich ihre Analyse der Frage, inwieweit das EU ETS die Akteure in Abhängigkeit von Unternehmenscharakteristika, wie zum Beispiel dem technologischen Portfolio, beeinflusst.

¹⁴ wie zum Beispiel Hoffmann 2007, Rogge und Hoffmann 2010

¹⁵ siehe dazu del Rio Gonzales 2009

Wissenschaftliches Rahmenwerk und Methode

Um all diesen Einflussfaktoren gerecht zu werden, entwickeln die Autoren das in Abbildung 1 dargestellte Rahmenwerk über Innovationsaktivitäten der Unternehmen:

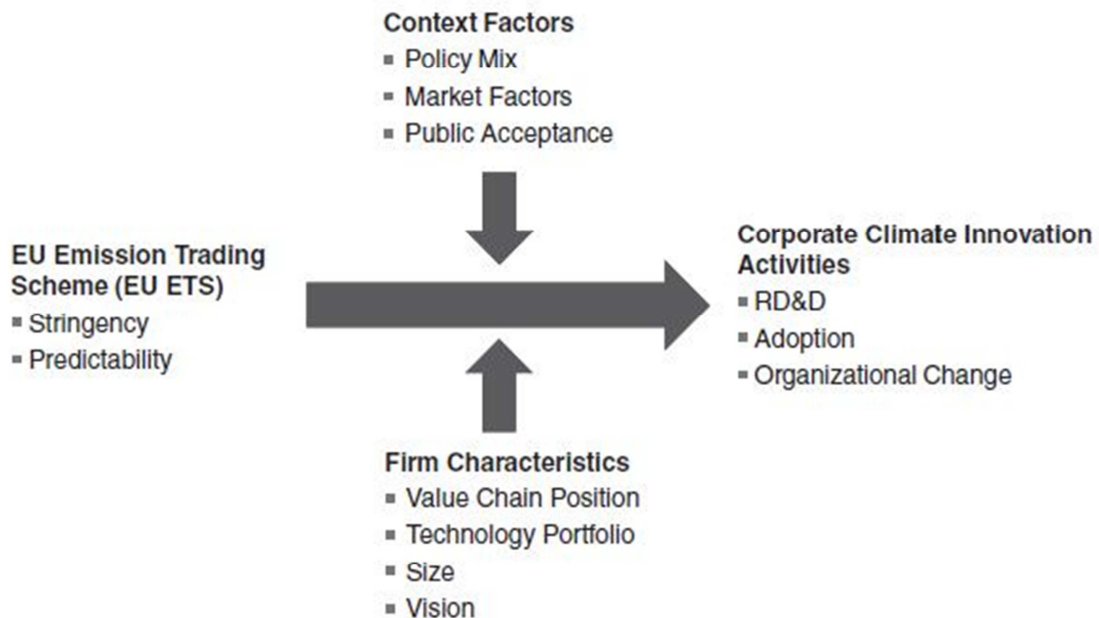


Abbildung 2: Untersuchtes Rahmenwerk

Quelle: Rogge, Schneider, Hoffmann 2011, Seite 515

Innovationsaktivitäten (Corporate Climate Innovation Activities):

In Abhängigkeit von den Faktoren trifft der einzelne Akteur die folgenden Entscheidungen für seine Innovationsaktivitäten: Forschung und Entwicklung (Research, Development and Demonstration), Investitionen (Adoption), Organisatorischer Wandel (Organizational Change).

Forschung und Entwicklung: Dieser Ausdruck beschreibt die große Palette der Forschung; Darunter fallen die wissenschaftliche Arbeit und Forschung im Labor (Research) sowie das Testen neuer Technologien in kleineren Pilotprojekten (Development) bis hin zu ersten größeren Implementierung in Vorzeigeprojekten (Demonstration).

Unter Adoption fassen die Autoren Investitionen in State-of-Art Technologien zusammen. Darunter fallen sowohl die Errichtung von Neuanlagen aber auch die Umbau- und Aufrüstmaßnahmen für bereits Existente.

Die Begrifflichkeit des Organisatorischen Wandels beinhaltet die unternehmenseigenen Veränderungen hinsichtlich Ablauf und Prozedur, Aufbau und Struktur aber auch Vision, Ausblick und Erwartungen an die Zukunft.

Als wichtige Einflussfaktoren auf die Innovationsaktivitäten der einzelnen Unternehmen identifizieren und untersuchen die Autoren: Das EU ETS, die Umgebungsfaktoren und die Unternehmenscharakteristika.

EU ETS

Die Literatur der vergangenen Jahre weist immer wieder darauf hin, dass die Eigenschaften der allgemeinen Klimapolitik einen größeren Einfluss auf die Innovationsaktivitäten haben könnten, als das konkrete umweltpolitische Instrument¹⁶. Daher konzentrieren die Autoren ihren Blick nicht ausschließlich auf die CO₂-Preise im Hinblick auf die Marktmechanismen des umweltpolitischen Instrumentes der Emissionszertifikate. Vielmehr fokussieren sie auf zwei wichtige Gestaltungsmerkmale der Klimapolitik: Stringenz (Stringency) und Vorhersagbarkeit (Predictability).

Die Stringenz bewertet den notwendigen monetären Aufwand eines einzelnen Akteurs um die umweltpolitischen Bedingungen des EU ETS zu erfüllen. Zum einem fallen darunter die Emissionshöchstgrenzen (Cap) und die daraus resultierenden CO₂-Preise. Zum anderen haben aber auch spezifische Gestaltungsmerkmale des EU ETS wie zum Beispiel, Anteil und Quote der CO₂-Zertifikate im Rahmen der freien Allokation einen wichtigen Einfluss auf die Stringenz des EU ETS.

Die Vorhersagbarkeit widmet sich der Frage, inwieweit das EU ETS den einzelnen Akteuren eine Planungssicherheit im Bereich der Umweltpolitik bietet. Darunter fallen die allgemeine Ausrichtung, die detaillierten Regeln und das Timing des EU ETS. Besondere Wichtigkeit besitzt dieser Aspekt für kapitalintensive und in langfristigen Zyklen agierende Sektoren wie die Energiewirtschaft. Er steht in einem besonderen Spannungsfeld zu den kurzen EU ETS Phasen I und II.

¹⁶ siehe Vollebergh 2007

Neben dem EU ETS haben aber auch Kontextfaktoren und Unternehmenscharakteristika einen wichtigen Einfluss auf die Entscheidungen des Akteurs.

Kontextfaktoren aus der Geschäftsumgebung (Context factors)

Die Innovationsentscheidungen eines Unternehmens hängen von einer Reihe von externen und internen Faktoren ab. Der Ausdruck Kontextfaktoren aus der Geschäftsumgebung subsummiert die externen Einflüsse und deckt diese in Hinblick auf drei spezifische Ausprägungen ab: Politischer Mix (policy mix), Marktfaktoren (market factors) und Öffentliche Akzeptanz (public acceptance).

Der Begriff des politischen Mixes beinhaltet alle umweltpolitischen und direkten Umweltmaßnahmen abseits des EU ETS. Darunter fallen im speziellen Fall der untersuchten deutschen Energieversorger unterstützende Maßnahmen für den Einsatz erneuerbarer Energieträger (z.b Einspeisetarife), die Gesetzeslage hinsichtlich eines Ausstieges aus der Atomenergie, oder auch Forschungssubventionen.

Als wichtige Marktfaktoren für den Energiesektor sehen die Autoren z.b. die Preise für Energieträger und Equipment, aber auch Bedenken hinsichtlich der Versorgungssicherheit mit Energieträgern (im konkreten Fall Deutschland vor allem im Hinblick auf die Versorgung mit Erdgas).

Schlussendlich spielt auch die öffentliche Akzeptanz für den Einsatz einer bestimmten Technologie eine entscheidende Rolle für den technologischen Wandel.

Unternehmenscharakteristika (Firm Characteristics)

Um der Heterogenität der einzelnen Unternehmen und ihrer Strategien gerecht zu werden, inkludieren die Autoren eine Reihe von Unternehmenscharakteristika in ihr Rahmenwerk: Position in der Wertschöpfungskette (value chain position), Technologisches Portfolio (technology portfolio), Size (Größe), Vision (vision).

Als eine der Schwächen anderer Studien bewerten die Autoren, dass nicht alle Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette mit einem relevanten Einfluss auf den technologischen

Wandel untersucht wurden. Um dem entgegenzusteuern werden hier auch Technologiezulieferer abgedeckt.

Einen entscheidenden Einfluss auf die Abhängigkeit vom EU ETS hat aus Sicht der Autoren ebenfalls das spezifische Technologische Portfolio des einzelnen Unternehmens. Daneben kann auch die Größe eines Unternehmens einen wichtigen Einfluss auf den Umfang und das Muster hinsichtlich des technologischen Wandels spielen.

Abgerundet wird das Rahmenwerk durch eine Berücksichtigung der Vision der einzelnen Akteure. Dies beinhaltet die Proaktivität hinsichtlich einer allgemeinen Unternehmensstrategie und die Fähigkeit, eine langfristige gemeinsame Vision zu verfolgen. Abschließend verstehen die Autoren darunter ebenfalls das Erkennen, dass allgemeine Muster und Rahmenbedingungen gebrochen werden müssen, um sich fundamental anders zu entwickeln.

Angewendete Untersuchungsmethode

Um empirisch zu untersuchen und zu analysieren in wieweit das EU ETS einen Einfluss auf den technologischen Wandel hat, wählten die Autoren den Zugang der multiplen Fallstudien. Das Augenmerk bei der Auswahl der Fallstudien wurde auf eine analytische Generalisierung gelegt.

Insgesamt wurden zum Zweck der Studie 19 Unternehmen aus dem deutschen Energiesektor interviewt. Hierbei wurden sowohl Energieversorger als auch Technologiezulieferer befragt. Bei der Auswahl wurde ebenfalls darauf geachtet, Unternehmen mit unterschiedlichsten technologischen Ausstattungen und Portfolios zu betrachten. Diese reichen von reinen Spezialisten im z.B. Wind- oder Biogas-Bereich bis zu großen Unternehmen mit diversifizierten technologischen Portfolios.

Die Erstellung der Fallstudien erfolgte im Zeitraum zwischen Juni 2008 und Juni 2009. Aufbauend auf einer detaillierten Background-Analyse wurden maßgeschneiderte Interviews erarbeitet. Abhängig von der Größe und Struktur der Unternehmen wurden bis zu sieben Interviews geführt, um alle für den technologischen Wandel verantwortlichen Gesichtspunkte und Entscheidungsträger zu erfassen.

Die Interviews wurden transkribiert und anschließend codiert. Unter Zuhilfenahme der Analysesoftware Atlas.ti wurden dann schlussendlich die Ergebnisse aus den Befragungen erarbeitet.

Ergebnisse

In den folgenden Absätzen wird ein Überblick über die wichtigsten Studienergebnisse gegeben. Der Überblick spaltet sich hierbei in die drei anfangs beschriebenen und untersuchten Ausprägungen der Innovationsaktivitäten (Corporate Climate Innovation Activities): Forschung & Entwicklung (RD&D), Investitionen (Adoption) und Organisatorischer Wandel (Organizational Change).

Einfluss auf Forschung & Entwicklung¹⁷

Forschung & Entwicklung im Bereich CO₂ Capture Technology

Als eine der Schlüsseltechnologie für die Migration im Bereich der Energieerzeuger wird oftmals die Carbon capture and storage (CCS)-Technologie betrachtet. Durch das Einfangen des Großteils der CO₂-Emissionen bei der Verbrennung fossiler Energieträger, können Kohlekraftwerke deutlich klimafreundlicher betrieben werden. Einer der Stoßrichtungen dieser Studie war die Fokussierung auf die CCS-Technologie. Ihre Ergebnisse fördern zu Tage, dass das EU ETS zu einer Intensivierung von F&E-Aktivitäten entlang drei unterschiedlicher Richtungen geführt haben: Integrated gasification combined cycle (IGCC), oxyfuel, and post-combustion. Die Methoden unterscheiden sich vor allem dadurch, dass CO₂ vor (IGCC), während (oxyfuel) oder nach der Verbrennung (post-combustion) eingefangen wird.

Bereits in den 1990er Jahren war im Bereich der CCS-Technologien eine rege F&E-Tätigkeit in verschiedenen öffentlichen Forschungseinrichtungen zu beobachten. Doch erst die Einführung des EU ETS brachte einen Anreiz, die Erforschung dieser Technologien auch auf

¹⁷ Eine größere Auswahl der abgegebenen Antworten bezüglich F&E finden Sie im Anhang

Unternehmensebene aufzunehmen. Bestätigung dafür sehen die Autoren in einer Reihe von Pilot- und Demonstrationsprojekten und in den Antworten ihrer Interviewpartner. So traf einer der Energieversorger folgende Aussage: „Emission trading is quite clearly the driver for R&D in CCS“.

Wie bereits in anderen Studien hingewiesen, ist auch hier die Kontinuität einer stringenten Klimapolitik- im Besonderen die Versteigerung der Zertifikate ab 2013 - ein wichtiger Einflussfaktor für die zukünftige Entwicklung. „The fear of 100% auctioning after 2012 has led to sharply increased interest from utilities“, so ein Interviewpartner.

Abseits vom gegenwärtigen Emissionszertifikatehandel werden auch andere Einflüsse als wichtige Entscheidungsfaktoren angeführt: Neben der Aussicht auf eine stringente Klimapolitik identifizieren die Autoren die Debatte über die Einführung von Auflagen, wie z.B. Auflagenstandards für thermische Kraftwerke. Sie interpretieren diese Debatte als ein Indiz, dass CCS eine Must-Have-Technologie sein wird und zudem großflächige F&E Aktivitäten fördert. Zusätzlich unterstützen erst kürzlich erhöhte öffentliche Forschungsgelder die F&E-Aktivitäten in diesem Bereich. Aber auch die mangelnde öffentliche Akzeptanz von Kohle ist ein weiterer Unterstützungsfaktor. Auf der Gegenseite ist die öffentliche Meinung bezüglich der CCS-Technologien ebenfalls ein Hemmschuh für die Unternehmen. Ein Interviewpartner beschreibt wie folgt: „A big uncertainty is whether CCS will gain political acceptance in the future, but for utilities the lack of acceptance for coal-fired power plants – their image problem – is an important reason to put money into CCS R&D“.

Dies führt die Autoren zu dem Schluss, dass trotz dieser Unsicherheit die betroffenen Unternehmen die Entwicklung von CCS-Technologien vorantreiben. Denn unter dem Regime des EU ETS ist der Einsatz von CCS-Technologien notwendig, um auch in Zukunft auf Kohle im Kerngeschäft setzen zu können. „Coal is dead without CCS,[...] [We conduct] CCS research, since otherwise no long-term use of coal is possible due to the climate issue“, so ein Versorger.

Welchen der drei oben beschriebenen technologischen Wege¹⁸ ein Unternehmen wählt, hängt von ihrem Technologischen Portfolio und den Kernstrategien und Kompetenzen ab.

Allgemein ist zu beobachten, dass Energieversorger mit einem hohen Anteil von Kohlekraftwerken und der Notwendigkeit, viele alte Kraftwerke zu ersetzen, einen höheren

¹⁸ Auffangen des CO₂ vor, während, nach der Verbrennung

Aufwand betreiben. Indirekt wird dies durch die folgende Antwort gut zusammengefasst: „[We have] not done much yet [...] the pressure on us is less because of our relatively new coal-fired power plants“.

Während der Druck auf den Energieversorgern hauptsächlich aufgrund des EU ETS lastet, sind die F&E Aktivitäten der Technologiezulieferer an die Anforderungen ihrer Kunden angepasst. So konzentrieren sich die Unternehmen mit einem starken Fokus auf Boilern auf die F&E im Bereich des Oxyfuel. Denn die Verwendung dieser Technologien führt den Einsatz von Boilern nach sich.

Dieser Umstand zeigt deutlich den Trickle-down-Effekt des EU ETS durch die Wertschöpfungskette, so die Autoren abschließend. Alles in allem scheint es eine Intensivierung von Partnerschaften zwischen Energieversorgern und Technologieanbietern zu geben.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass das EU ETS genügend ökonomischen Druck erzeugt, um F&E-Aktivitäten im Bereich der CCS-Technologien zu verstärken.

F&E im Bereich der Kohle- und Gaseffizienz

Als eines der Ergebnisse ihrer Studie sehen die Autoren eine Beschleunigung der F&E Aktivitäten hinsichtlich der Steigerung des Wirkungsgrades neuer Kohlekraftwerke auf 50 Prozent und darüber hinaus. Neben den Preisen für die Emissionszertifikate machen die Autoren etwaiger Effizienzverluste bei der Installation von CCS-Technologien aus. „To take such a risk to go from 46% to 50% is alone not such a big incentive in terms of fuel savings – that is doubled by the fact that the [prices for] CO₂ emissions are taken into account [...] the leverage is even greater if I then go in the direction of CO₂ capture and storage“, so einer der Interviewpartner der Energieversorger.

Hinsichtlich Kontext Faktoren bedeutet das, dass Treibstoffpreise und entsprechende Ersparnisse in diesem Bereich weiterhin die Hauptmotivation für F&E hinsichtlich der Effizienz von Kohle bleiben. Die monetären Einsparungen werden auch von anderen Faktoren unterstützt. Zudem verändert der Mangel an öffentlicher Unterstützung für neue

Kohlekraftwerke das Engagement für F&E Aktivitäten in diesem Bereich, sowie die Wahrnehmung hinsichtlich der Versorgungssicherheit mit dem Rohstoff Kohle.

Anders sieht die Situation jedoch hinsichtlich F&E im Bereich des Wirkungsgrades bei Einsatz von Gas aus. Hier beobachten die Autoren einen nur sehr geringen Einfluss des EU ETS. Dieser Umstand kann durch relativ hohe Gas-Preise im Vergleich zu jenen für CO₂-Zertifikate erklärt werden. „Emission trading is driving investments [in gas power plants] [...] The driver for innovation [R&D] is however the gas price [...] not the ETS“, so der treffende Kommentar eines Technologieanbieters.

Einfluss auf die Investition (Adoption)¹⁹

Investitionen in neue Kohle- und Gaskraftwerke

Diese Studie kommt zu dem Schluss, dass die ersten beiden Phasen des EU ETS eher zu einer Verstärkung des Einsatzes und Planung neuer Kohlekraftwerke geführt haben²⁰. Aus Sicht der Autoren haben die großzügigen Benchmarks für Kohle und standard load factors defacto wie Subventionen in diesem Bereich gewirkt. Die Attraktivität neuer Kohlekraftwerke wurde zudem durch die Garantie von kostenlosen Zertifikatszuteilungen für die ersten 14 Jahre (für Kraftwerke die bis 2012 in Betrieb gehen) gesteigert.

Ein Energieversorger gibt offen zu „In 2005 every power plant was profitable thanks to the free allocation“. Aber auch die 2008 getätigte Ankündigung hinsichtlich der Versteigerungen der Zertifikate ab 2013 hatte nur einen geringen Einfluss. „The introduction of 100% auctioning exercises [...] pressure on the coal projects, but no project is completely called into question because of auctioning.“

Wenn neue Kohlekraftwerksprojekte abgesagt worden sind, dann vielmehr auf Grund von Umgebungsfaktoren. Im Speziellen Marktfaktoren, wie ein signifikanter Anstieg der Ausrüstungspreise hat manche Projekte unwirtschaftlich gemacht. Ein weiterer wichtiger Grund für den Rückzug aus geplanten Kraftwerksprojekten ist der Mangel an öffentlicher Akzeptanz für Kohle in Deutschland. Dazu ein Energieversorger treffend: „To communicate coal is like squaring the circle“.

¹⁹ Eine größere Auswahl der abgegeben Antworten bezüglich Investitionen finden Sie im Anhang
²⁰ siehe auch Ellermann 2008

Gemeinsam mit dem EU ETS unterstützen diese Imageprobleme die Errichtung neuer capture—ready Kohlekraftwerke. Diese Entwicklung wird durch restriktive öffentliche Genehmigungsverfahren und Auflagen verstärkt. Dennoch bilden die empfundene Versorgungssicherheit von Kohle und das vorteilhafte Preisgefälle zwischen Kohle und Gas wichtige Faktoren, um neue Kohlekraftwerke gegenüber neuen Gaskraftwerken zu präferieren. Alles in allem ist hier der Einfluss des EU ETS zu gering. Ein Energieversorger fasst zusammen: „Emission trading is relevant but not essential for the decision to fuel with gas or coal“.

Ein positiveres Bild vermittelt die Studie auch hinsichtlich der Neuausstattung und Umrüstung von älteren Kohlekraftwerken. „The ETS has set a strong trigger to review the topics [...] [retrofit measures] have become cost effective through the ETS“.

In dem Zusammenhang von Investitionen in Kohle- und Gaskraftwerke sind noch zwei weitere Aussagen erwähnenswert. Die erste unterstreicht das Problem der zu geringen Zertifikatpreise, um wirklich als Investitionsschub zu dienen. Die zweite zeigt nochmals sehr deutlich die Wichtigkeit der Versorgungssicherheit und Rohstoffpreise. Beides ist jedoch unabhängig vom EU ETS zu sehen. Die Frage der Versorgungssicherheit ist vor allem für Gasimporteure in Mitteleuropa sehr wichtig: „ETS is generally a factor for the choice of fuel, but gas and equipment prices are even more important and uncertain“. „We made the decision in favour of coal for two reasons: first it was [...] more economic [than gas] and second, without a long-term contract, gas is politically too heavily dependent on one state“.

Auswirkung auf Investitionen im Bereich erneuerbarer Energieträger

Auch wenn im Speziellen im Bereich der Kohle- und Gaskraftwerke der Einfluss des EU ETS sehr gering ist²¹, hat das EU ETS zu einer Anpassung hinsichtlich der Strategie für erneuerbare Energieträger geführt.

Aus Sicht der Autoren ist zu erkennen, dass die Energieversorger ihr Portfolio diversifizieren wollen, im Besonderen in Richtung erneuerbare Energieträger. „This target portfolio [...] would definitely look different if there were no cost burdens from CO₂ certificates“, so ein

²¹ Wie oben beschrieben, fördert die Studie hier vielmehr zu Tage, dass Umgebungsfaktoren wie Versorgungssicherheit, öffentliche Akzeptanz und Treibstoffpreise hier die entscheidende Rolle spielen.

Energieversorger. Ein anderer wird noch konkreter „Now we are looking much more at the portfolio effect. [...] Both long-term climate policy and emission trading have contributed to this [...], but without emission trading and the price for CO₂ a company would not do that“.

Trotz dieser positiven Grundbemerkungen weisen die Autoren darauf hin, dass diese Veränderungen im Portfolio ohne die öffentliche Unterstützung für erneuerbare Energie nie statt gefunden hätten. Die mangelnde öffentliche Akzeptanz für Kohle und Atomstrom fördert diesen Effekt natürlich. Als einen der wichtigsten Einflussfaktoren sehen die Autoren in diesem Zusammenhang das große Marktpotenzial für erneuerbare Energie, im besonderen für Windenergie. „The one market [renewables] is growing, politically driven, at the expense of the other [fossil] market. There are several arguments in favour of engaging in the growth market.“

Einflüsse auf die Organisationsagenden²²

Neben den bereits oben beschriebenen Einflüssen entlang der Wertschöpfungskette hinsichtlich F&E und Investitionen haben sich die Autoren mit der Frage beschäftigt, ob und in wie fern das EU ETS zur einer Veränderung in den organisatorischen Agenden geführt hat. Hierbei unterscheiden die Autoren grundlegend zwischen dem Einfluss auf Prozesse und Abläufe, strukturelle Änderungen und langfristige Visionen.

Änderungen in den Prozessen und Abläufen der Unternehmen

Aus Sicht der Autoren hat ihre Studie einen starken Einfluss des EU ETS auf die Prozesse innerhalb der Energieversorger zu Tage gefördert. Aber auch bei einigen Technologieanbietern ist dieser festzustellen.

Zu den Energieversorgern: Die Unternehmen haben den neuen Kostenfaktor CO₂ rasch in ihre Routinen aufgenommen, im besonderen bei der Abschätzung von Investitionen. „CO₂ is now part of all investment appraisals. This alone has impact.“, beschreibt ein Interviewpartner die Situation. Zudem ist das Thema auch in den obersten Managementebenen und bei den strategischen Entscheidungen angekommen: „Operationally [the EU ETS] was of course

²² Weitere Antworten siehe Anhang

immediately [integrated], but with regard to the generation strategy it took a certain time to be able to estimate [...] the scope and mode of action [...] of CO₂ certificate prices for an investment decision“.

Auf der Ebene der Technologieanbieter ist dieses Thema am ehesten bei den Vertriebsprozessen angesiedelt. Dies gilt vor allem für große und weit diversifizierte Technologieanbieter. Diese Beobachtung deckt sich auch mit Aussagen hinsichtlich der F&E-Aktivitäten dieser Branche. Vor allem die Nachfrage ihrer Kunden hat hier den größten Einfluss. Zwei Aussagen illustrieren diesen Umstand deutlich: „At the beginning, CO₂ was located in the long-term research division [...], the more concrete it became, the more it went into the product areas“. „Initially there was a staff position which [...] explored what CDM and EU ETS meant [for us] as suppliers, that is, where these mechanisms impact our customers.“

Einfluss auf den Visionswandel der Unternehmen

Daneben stellen die Autoren auch eine Veränderung in den langfristigen Visionen der einzelnen Energieversorger fest. So stellen sich die einzelnen Unternehmen auf strategischer Ebene häufig der folgenden Fragestellung: „What does the instrumentalisation of climate policy mean for [us]: How are we positioning ourselves in the future?“.

In direkter Folge setzen sich daher viele Energieversorger langfristige Ziele für den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern, der Reduktion von CO₂ und Effizienzverbesserungsmaßnahmen. Als Orientierungspunkt gelten hierfür die EU-Ziele für das Jahr 2020; aber auch die Regelungen hinsichtlich der Einspeisung (von Strom) und die öffentliche Debatte zu Energie und Klima sind wichtige Einflussfaktoren dafür. So gesehen, stellt das EU ETS nur einen Aspekt in einem größeren Set von Einflussfaktoren dar.

Bei den Technologieanbietern zeigt sich ein Visionswandel vor dem Hintergrund der Klimapolitik vor allem in einer Diversifizierung ihres technologischen Portfolios. Große und differenzierte Anbieter sehen das Geschäft mit erneuerbaren Energieträgern in Zukunft als gleichrangig mit dem Bereich der fossilen Energieträger. Dieser Umstand wird sehr schön im Bereich der Windenergie illustriert. Hier versuchen auch diese großen Anbieter in den boomenden Markt einzusteigen. Im Bereich der auf Biogase spezialisierten

Technologieanbieter verweist einer der Interviewpartner auch auf neue geografische Märkte vor dem Hintergrund des CDM (Clean Development Mechanism des Kyoto Portokolls): „We want to be present in the markets in South East Asia and Latin America. [...] without CDM [we would] never have thought of offering our own products in developing countries“.

Neben den bereits beschriebenen neuen Visionen und strategischen Ausrichtungen hinsichtlich der Diversifizierung des eigenen technologischen Portfolios und der geografischen Expansion des Vertriebes identifizieren, die Autoren noch einen weiteren Aspekt. CCS-Technologieanbieter sehen, dass sich vor dem Hintergrund der gegenwärtigen Klimapolitik ein eigener Geschäftszweig für den Einsatz von CCS-Technologien etabliert: „The idea is to make CCS an independent business unit [...]. International competitors have similar visions.“

Strukturelle Veränderungen

Abseits der Implementierung von eigenen Strukturen für den Bereich des Klimakompensation (Clearing und Handel mit Zertifikaten), ist der Einfluss des EU ETS hinsichtlich eines strukturellen Wandels nur sehr gering, so die Autoren. Für die Gruppe der Energieversorger lassen sich nur zwei Veränderungen feststellen: Zum einen wurden eigene Geschäftseinheiten für den Bereich des CDM und des JI (Clean Development Mechanism, Joint Implementation nach dem Kyoto Protokoll) eingeführt. Zudem wurden wie bereits im Absatz über den Wandel der strategischen Vision erwähnt, bei einigen Energieversorgern eigene Strukturen für den Einsatz erneuerbare Energieträger geschaffen. Ähnliches lässt sich auch für die Technologieanbieter berichten. Jene Anbieter, die sich in Zukunft stärker auch im Bereich erneuerbarer Energien engagieren wollen, haben hierfür strukturellen Änderungen vorgenommen. Auf der Gegenseite sind keine Veränderungen bei den Spezialisten für erneuerbare Energien, aber auch für Technologien im Bereich der fossilen Brennstoffe zu beobachten.

Analyse und Zusammenfassung der gesammelten Ergebnisse

Die Analyse der unterschiedlichen Ergebnisse ihrer Untersuchung führt die Autoren zu folgenden Schlüssen: Den größten Einfluss hat das EU ETS auf Technologien mit einem hohen Ausstoß von CO₂ und Unternehmen mit großen kohlenbetriebenen Generatoren in ihrem Portfolio. Im Kontext der F&E Ausgaben, ist der größte Einfluss in Zusammenhang mit CCS (und anderen auf Kohle basierenden Technologien) bei der Kooperation zwischen großen Unternehmen und der chemischen Industrie zu sehen.

Der Einfluss auf Technologien und Unternehmen mit geringem bis keinem CO₂ Ausstoß ist jedoch sehr limitiert. Die Analyse bringt zu Tage, dass die Entscheidungen der einzelnen Unternehmen hauptsächlich von Kompetenz, strategischen Überlegungen und erwarteter Relevanz der Technologien für ihre Märkte abhängen.

Hinsichtlich der Investition und der Umsetzung von alternativen Technologien, haben Umgebungsfaktoren wie Treibstoffpreise, öffentliche Akzeptanz, Unterstützungen oder Subventionen für erneuerbare Energieformen einen größeren Einfluss als das EU ETS. Die einzige Ausnahme zu diesem Muster ist der vorübergehende Zuwachs von neuen Kohlekraftwerken vor dem Hintergrund der freien Allokation von Zertifikaten für diese. An dieser Stelle muss nochmals betont werden, dass dieser Umstand jedoch die Ziele und Absichten des EU ETS leider eher konterkariert.

Für die beobachtete Periode (bis Juni 2009) schließen die Autoren, dass die CO₂ Preise zu niedrig waren, um die Unternehmen zu einem Einsatz von Gas anstatt Kohlekraftwerken zu führen. Diese niedrigen CO₂ Preise hatten auch eine negative Wirkung auf die Rentabilität der CCS-Technologie.

Auf der Seite der organisatorischen Änderungen konnte jedoch das EU ETS als einer der Haupteinflussfaktoren beobachtet werden; Themen rund um den Klimawandel wurden zu Agenden des Top-Management. Dennoch verweisen die Autoren darauf, dass die Frage der erneuerbaren Energie vor allem von langfristigen Klimazielen abhängt. Das EU ETS dient hierbei als ein unterstützender Faktor der Glaubwürdigkeit dieser Klimaziele. Leider kommen die Autoren hier zu dem Schluss, dass ohne Existenz von Einspeisetarifen für erneuerbare Energieträger, keine Veränderungen auf der organisatorischen Ebene statt gefunden hätten.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen schlussfolgern die Autoren ein Maßnahmenpaket für politische Entscheidungsträger: Selbst bei einer Gesamtversteigerung der Zertifikate trifft der Einsatz neuer Gaskraftwerke auf ziemliche Hürden, die nur durch hohe CO₂-Preise überwunden werden können. Erneuerbare Energieformen benötigen abseits des EU ETS zusätzliche Maßnahmen wie Einspeisetarife oder Regulative hinsichtlich des Netzzuganges, um am freien Markt reüssieren zu können. Gemeinsam mit dem EU ETS müssen diese Teil eines sich dynamisch ändernden integralen Politikmix sein, um den technologischen, ökonomischen oder Systemänderungen zu entsprechen.

Zudem muss die Politik ihre „Scenario Building-Anstrengungen“ verstärken, um glaubwürdige politische Visionen des Energiesektors zu erarbeiten und zu kommunizieren. Denn diese bilden eine wichtige Basis, um die Strategien der Unternehmen fundamental zu verändern.

Allgemein betrachtet kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die Umgebungsfaktoren oftmals eine größere Bedeutung hinsichtlich der Innovationsentscheidungen der einzelnen Unternehmen hatten als das EU ETS. Besonders offensichtlich ist dies bei der Entscheidung, eine bestimmte Technologie konkret um- bzw. einzusetzen. Als Beispiel verweisen die Autoren auf den Einsatz neuer Kohlekraftwerke. Hier kommt der mangelnden öffentlichen Akzeptanz eine gleichrangige Rolle zu wie politischen und Marktfaktoren.

Ein wichtiger Punkt ist die ergänzende und sich gegenseitig verstärkende Wechselwirkung des EU ETS mit anderen Faktoren, wie einer langfristigen Klimapolitik und unterstützenden Maßnahmen für den Einsatz erneuerbarer Energieformen. So bietet eine langfristige Klimapolitik für die Unternehmen genau jene Orientierungspunkte für strategische Entscheidungen, die dem EU ETS fehlen. Auf der Gegenseite bedarf es eines Instruments wie genau dem EU ETS, damit die Unternehmen diese Entscheidungen auch umsetzen, so die Autoren.

Daraus schlussfolgern die Autoren, dass die politischen Entscheidungsträger ihre Aktivitäten zum Aufbau der Legitimität (und Glaubwürdigkeit) für low- und zero-carbon Technologien verstärken sollen. Zudem sollen die einzelnen Elemente des Policy-Mixes aufeinander abgestimmt werden. Schlussendlich wird auch hier zudem die Forderung nach einem glaubwürdigen internationalen klimapolitischen Ziel für die Periode nach 2012 gestellt.

Abschließende Bewertung bzw. Schlussfolgerungen

Aus ihrer Untersuchung schlussfolgern die Autoren, dass das EU ETS zu einer Reihe von Veränderungen hinsichtlich der Tätigkeiten im Bereich der Klimainnovationen auf Unternehmensebene entlang der Wertschöpfungskette führt. Durch die Einführung eines Preises für den Ausstoß von CO₂ dient das EU ETS als ein Basisinstrument für einen klimagerechten Policymix.

Auch wenn die Einführung einer vollständigen Auktion der Zertifikate in der dritten Phase des EU ETS beträchtlich zur Erreichung der Klimaziele 2020 beitragen werde, äußern die Autoren Bedenken: Aus ihrer Sicht sei es sehr unwahrscheinlich, dass die angepeilten EU-Ziele 2050 (und die dafür notwendigen Veränderungen im F&E-Bereich und der Implementierung neuer Technologien) alleine dank dem EU ETS erreicht werden können.

Speziell in Bereichen der erneuerbaren Energieformen und auch im großen Feld von Energiehaushalten und -Sparen bewerten die Autoren den Einfluss des EU ETS als gering. Hierfür sind ergänzende klimapolitische Schritte und Regelungen (wie z.B. Einspeiseregulungen für Windenergie) notwendig, um eine attraktive Marktsituation zu kreieren. Generell sei es notwendig, alternative Technologien - die im Augenblick noch nicht wettbewerbsfähig mit den gängigen CO₂-Intensiven sind - zu unterstützen, und Unternehmen zu helfen, neue umsetzbare und energiesparende Businessmodelle zu entwickeln.

Auch wenn das EU ETS zu einer Reihe von organisatorischen Veränderungen bei großen Energieerzeugern geführt hat, konzentriert sich der Großteil ihrer Investitionen noch auf den herkömmlichen CO₂-intensiven Bereich. Daher sei es fraglich, ob der notwendige Wandel bei den großen Playern rasch genug von statten geht. Letzten Endes müssen daher diese Märkte möglichst für neue dynamische und innovative Unternehmen offen gehalten werden.

Aus Sicht der Autoren würde eine Verschärfung des EU ETS²³ zu einer Beschleunigung im Bereich des Innovationswandels führen. Als eine der Vorbedingung dafür wird das Zustandekommen eines ambitionierten aber doch glaubwürdigen langfristigen weltweiten Klimavertrages genannt.

So interessant und weitreichend die von den Autoren zu Tage geförderten Ergebnisse ihrer Studie sind, bleiben dennoch einige Kritikpunkte und offenen Fragen. Auch wenn diese

²³ spricht eine größere Verknappung der verfügbaren Zertifikate

Studie bereits Unternehmen an unterschiedlichen Stellen in der Wertschöpfungskette untersucht hat, erscheint hier eine weitere Vertiefung als sinnvoll. So würde, neben den bereits untersuchten Energieversorgern und Technologiezulieferern, eine Betrachtung von Endverbraucher, Start-Ups und im Energiebereich tätigen Venture Capital-Gesellschaften neue und relevante Ergebnisse bringen.

Des Weiteren ist die offensichtlichste Limitierung dieser Studie in der Beschränkung auf nur ein Land zu sehen. Vor dem Hintergrund, dass es sich bei dem untersuchten Gegenstand – dem EU ETS – um ein multinationales Instrument handelt, sollte dessen Auswirkungen nicht nur in einem Land untersucht werden.

Das kommende Kapitel widmet sich genau dieser Aufgabenstellung. Hierbei wird die geografische Beschränktheit der vorliegenden Studie aufgebrochen. Im Rahmen einer größeren Studie und Datenerfassung ist ein Autorenteam erneut um Karoline Rogge, Malte Schneider und Volker Hoffmann²⁴ dieser Frage in sieben verschiedenen EU-Ländern nachgegangen.

Die Autoren haben in ihre großflächigere Studie auf dem - bereits in diesem Kapitel vorgestellten – Rahmenwerk aufgebaut. Doch wurde hierbei im Gegensatz zum vorliegenden qualitativen Ansatz eine quantitative Methode bevorzugt.

²⁴ Schmidt T.S., Schneider M., Rogge K.S., Schuetz M.J.A., Hoffmann V.H., 2012. The effects of climate policy on the rate and direction of innovation: A survey of the EU ETS and the electricity sector. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 2, 23– 48.

3.2 The effects of climate policy on the rate and direction of innovation²⁵

Einleitung und Grundlegendes

Im vorigen Kapitel haben wir uns, anhand einer Studie mit einer qualitativen Analyse, der Frage gewidmet, in wieweit das bestehende Regime des EU ETS einen Anreiz für einen technologischen Wandel im Energiesektor verantwortet. Als sinnvolle und notwendige Erweiterungen und Ergänzungen zu ihrer Studie erwähnen die Autoren eine geografische Ausweitung der untersuchten Unternehmen/Akteure und eine quantitative Datenanalyse.

In einer ausführlichen Studie aus dem Jahre 2011 hat sich ein Autorenteam erneut rund um Karoline S. Rogge, Schneider Malte und Hoffmann Volker H. diesen vorgeschlagenen Erweiterungen angenommen.

Zum einen wurde das Datenmaterial der einzelnen Akteure in insgesamt sieben unterschiedlichen EU Ländern erhoben. Die Daten wurden im Rahmen einer umfassend angelegten Erhebung und Umfrage im Jahr 2009 gesammelt. Anhand der erhobenen Zahlen untersuchten die Autoren, ob hinsichtlich der F&E-Aktivitäten der einzelnen Akteure in der Phase vor Einführung des EU ETS (2000-2004) gegenüber den Jahren danach (2005-2009) ein signifikanter Unterschied zu beobachten ist. Mittels einer linearen Regression wurden anhand der Daten eine Reihe von Hypothesen getestet.

Als das Ziel ihrer Studie sehen die Autoren, den Einfluss der Klimapolitik auf den technologischen Wandel „abzuschätzen“²⁶. Hierzu legen sie ihren Hauptfokus, neben der Veränderung der Forschungs- und Innovationsrate, auch auf die Richtung (Einsatz von CO₂-intensiven oder CO₂-extensiven Technologien) dieser Veränderung.

Ihrer Kritik zufolge haben sich Umweltökonominnen zwar mit der Frage des Einflusses der Umweltpolitik auf Innovation und Forschung beschäftigt, doch hätten diese Arbeiten die Begrifflichkeit Innovation als eine „Black Box“ unbeachtet belassen. Es fehle an der notwendigen Beachtung der Interaktion zwischen den Akteuren und ihren Innovationsaktivitäten.

²⁵ Schmidt T.S., Schneider M., Rogge K.S., Schuetz M.J.A., Hoffmann V.H., 2012. The effects of climate policy on the rate and direction of innovation: A survey of the EU ETS and the electricity sector. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 2, 23–48.

²⁶ Wörtlich schreiben die Autoren: „This article aims to empirically assess the impact of climate policy on technological change a core objective of climate policy by focussing on the changes it causes in the rate and direction of corporate innovation activities.“

Das Zurückgreifen auf einen evolutionären Zugang soll helfen diese Black Box zu öffnen. Auch wenn erste Schritte bereits diesbezüglich besritten worden sind, fehlt diesen Arbeiten²⁷ ein quantitativer Teil. Allgemein bemerken die Autoren, dass gegenwärtig (mit Stand 2010) die Anzahl der Arbeiten hinsichtlich des Einflusses von Klimapolitik auf die Innovationseffekte eher beschränkt ist. Diese Arbeiten konzentrieren sich zudem auf eine rein theoretische Ebene oder Fall-Studien²⁸. Aus Sicht der Autoren kann eine quantitative empirische Analyse wertvolle Ergebnisse und Schlüsse liefern, um diese Beiträge zu ergänzen.

Theoretisches Rahmenwerk

Basis für das theoretische Rahmenwerk dieser Studie bilden die evolutorische Ökonomie sowie Konzepte aus der Organisationstheorie. Als Stärken des evolutorischen Zuganges bewerten die Autoren seinen Mikrofokus und hier im speziellen die Beachtung der einzelnen Akteure und ihrer Heterogenität. Dadurch ermöglicht es einen Einblick „... into the motivations of firms to contribute to technological change and the role of external incentives“.²⁹

Aus der Organisationsliteratur übernehmen die Autoren das Konzept einer „kognitiven Linse“. Diese „Linse“ repräsentiert das Interface zwischen dem einzelnen Unternehmen und seiner Umgebung. Darauf basierend ergibt sich ein zweistufiges Model: einerseits die Umgebung und das Geschäftsfeld in der Wahrnehmung des einzelnen Unternehmens, und andererseits das Unternehmen selber mit seinen eigenen Aktivitäten im Bereich der Innovation.

²⁷ siehe dazu Rio Gonzalez 2009; Rogge et al. 2011

²⁸ Siehe dazu das vorige Kapitel

²⁹ Schmidt T.S., Schneider M., Rogge K.S., Schuetz M.J.A., Hoffmann V.H., 2012, Seite 25

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die einzelnen Einflussfaktoren und die davon abhängigen Innovationsentscheidungen des einzelnen Unternehmens.

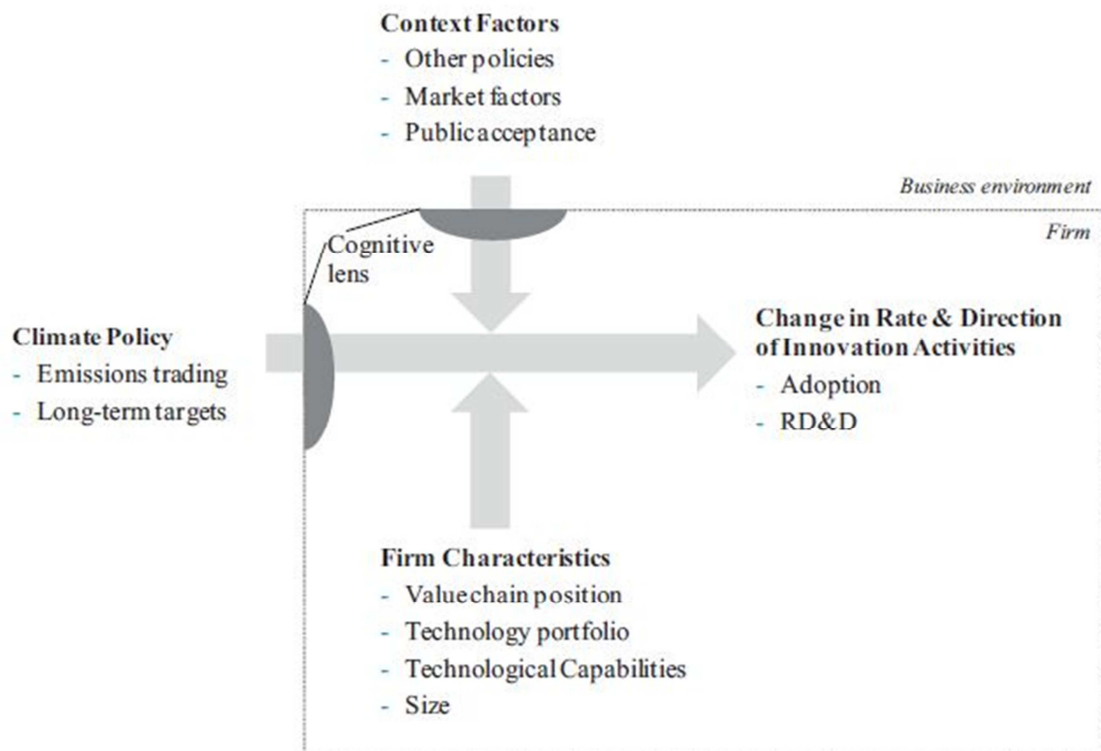


Abbildung 3: Rahmenwerk mitsamt der Kognitiven Linse

Quelle: Schmidt, Schneider, Rogge, Schuetz, Hoffmann 2012, Seite 25

Bereits ein erster Blick lässt erkennen, dass die wesentlichen Gedanken und Einflussfaktoren bereits in der Arbeit aus dem Jahre 2010³⁰ vorgestellt wurden bzw. angewendet worden sind. Den wesentlichen Unterschied bildet hier das Konzept der kognitiven Linse, welches die Wahrnehmung der einzelnen Akteure widerspiegelt.

³⁰ Da die Umgebungsfaktoren und Unternehmenscharakteristika im Großen und Ganzen der Argumentationslinie des vorigen Kapitels folgen, werden sie hier an dieser Stelle nicht nochmals näher vorgestellt. Siehe dazu das vorige Kapitel zu Rogge, K.S., Schneider, M., Hoffmann, V.H., 2011.

Die Rolle der Wahrnehmung

Den Autoren zufolge hat die Miteinbeziehung der Wahrnehmung eine lange Tradition in der Literatur von Organisationstheorie³¹. Zudem eignet sich diese möglicherweise besser das Verhalten, einzelner Unternehmen und Akteure zu erklären, als dieses anhand rein objektiv bewerteter Daten zu begründen ist. Aktuelle Publikationen³² zeigen zudem, dass die Wahrnehmung eine wichtige Rolle bei der Erklärung von technologischem Wandel und Innovationen spielt.

In dieser konkreten Studie zerlegen die Autoren die Erfassung der Wahrnehmung der einzelnen Unternehmen in zwei Teilbereiche: Zum einem in die Aufmerksamkeit, die das einzelne Unternehmen der Veränderung der Geschäftsumgebung zukommen lässt. Und zum anderen in die konkrete Interpretation dieser beobachteten Veränderung.

Veränderungen der Innovationsrate und Richtung

Ähnlich wie bereits in der im vorigen Kapitel vorgestellten Studie wird hier ebenfalls eine Unterscheidung in zwei unterschiedliche Arten von Innovationstätigkeiten getroffen: Auf der einen Seite stehen Forschung und Entwicklung; dem gegenüber die tatsächliche Implementierung bzw. Investition in neue umwelttechnologische Verfahren³³. Für beide Tätigkeiten wird zwischen der Rate und der Richtung unterschieden. Die Rate spiegelt die Veränderungen der Tätigkeit im Sinn einer Zunahme oder einer Abnahme wieder. Die Richtung gibt Auskunft darüber, ob diese Tätigkeiten im Bereich von emissionsvermeidenden Technologien stattgefunden haben oder nicht.

³¹ Bereits March und Simon sprachen 1959 erstmals davon. Siehe dazu March, J.G., Simon, H.A., 1958 Organizations, Wiley, New York

³² Hierbei verweisen die Autoren auf Kaplan und Tripsas 2008; Nooteboom 2009

³³ Im vorigen Kapitel wurden diese Forschung und Entwicklung (Research, Development and Demonstration) und Investitionen (Adoption) genannt. Zudem untersuchte die vorhergehende Studie zudem den Organisatorischen Wandel (Organizational Change).

Hypothesenbildung und Datenerfassung

Hypothesenbildung und zu untersuchende abhängige Variable

Eine Grundannahme für die Hypothesenbildung dieser Studie von Schmidt, Schneider, Rogge, Schuetz und Hoffmann ist das Vorhandensein einer stringenten Klimapolitik. Quantitativ werden für die beiden abhängigen Variablen (Forschung & Entwicklung; Investition und Implementierung) die Einflüsse des Emissionszertifikatehandels und der langfristigen Reduktionsziele untersucht.

Die Rolle des Emissionszertifikatehandels auf Investitionen und Implementierung

Der Argumentation von Dutton und Jackson³⁴ (1987, Seite 84) folgend, treffen die Autoren die Annahme, dass Unternehmen eine Veränderung ihrer Geschäftsumgebung als Bedrohung wahrnehmen. Daraus schließen sie, dass Unternehmen mit einer großen Ausstattung und Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen den Emissionszertifikatehandel daher negativ wahrnehmen. Diese werden die Einführung einer Klimapolitik zumindest auf keinen Fall als eine positive Entwicklung ihres Geschäftsumfeldes bewerten. Daher werden die „bedrohten“ Unternehmen größere Investitionen und Unternehmungen tätigen, um erwartete Umsatzeinbußen einzudämmen oder sich an die neuen Bedingungen anzupassen. Unternehmen mit einer positiven Wahrnehmung des Emissionszertifikatehandels auf der Gegenseite, werden hingegen nur kleinere Anpassung vornehmen. Ihre Ausstattung und Unternehmensphilosophie stimmt bereits im Vorhinein weitgehend mit den Zielen des Emissionszertifikatehandels überein.

Hypothese 1a: Umso negativer ein Unternehmen den Emissionszertifikatehandel wahrnimmt, desto größer sind die Investitionen in Neuanlagen.

Den größten positiven Effekt im Bezug auf ihrer Emissionen erreichen die Unternehmen bei Wandel ihrer Investitionen hin zu Nicht-Emittierenden-Technologien.

Hypothese 1b und 1.c:

³⁴ Siehe Dutton, J.E., Jackson, S.E., 1987. Categorizing strategic issues: links to organizational action. The Academy of Management Review 12, 76-90, Seite 87,

Umso negativer ein Unternehmen den Emissionszertifikatehandel wahrnimmt,

1b desto mehr werden Investitionen in emittierende Neuanlagen gesenkt.

1c desto mehr werden die Investitionen in nicht-emittierende Neuanlagen gesteigert.

Die Rolle der langfristigen Reduktionsziele auf Investitionen und Implementierung

Für die einzelnen Unternehmen ziehen die langfristigen Reduktionsziele im Vergleich zum Emissionszertifikatehandel unterschiedliche Konsequenzen nach sich. Während der Emissionszertifikatehandel eine konkrete zusätzliche Kostenstruktur darstellt, dienen die langfristigen Reduktionsziele als ein Orientierungspunkt. Im Gegensatz zum Emissionszertifikatehandel, werden auch Unternehmen mit einer positiven Wahrnehmung der langfristigen Reduktionsziele ihre Investitionen steigern. Denn dadurch ergeben sich auch für sie neue Geschäftsgelegenheiten.

Die Hypothese der Autoren besteht darin, dass hier die nicht die Interpretation der langfristigen Reduktionsziele im Vordergrund steht, sondern lediglich die Frage, ob Unternehmen dies als ein wichtiges Thema erachten oder nicht.

Hypothese 2a: Umso mehr Unternehmen ihren Fokus nach den langfristigen Reduktionszielen ausrichten, desto mehr werden sie ihre Investitionen für Neuanlagen stärken.

Analog zu oben lassen auch hier wieder die folgenden beiden Hypothesen daraus ableiten:

Hypothesen 2b und 2c:

Umso mehr Unternehmen ihren Fokus nach den langfristigen Reduktionszielen ausrichten,

2b desto mehr werden Investitionen in emittierende Neuanlagen gesenkt.

2c desto mehr werden die Investitionen in nicht-emittierende Neuanlagen gesteigert.

Die Rolle des Emissionszertifikatehandels auf Forschung und Entwicklung

Im Gegensatz zur Investition und Implementierung bergen, zusätzliche Mittel für Forschung und Entwicklung einen größeren Unsicherheitsfaktor in sich. Es im Vorhinein nicht vorhersehbar ob und wann verwertbare Forschungsergebnisse zu erzielen sind.

Den Annahmen der Autoren zufolge, sind Unternehmen mit einer negativen Einstellung gegenüber dem Emissionszertifikatehandel eher bereit, die hier vorliegenden Unsicherheiten auf sich zu nehmen, um ihr technologisches Portfolio zu ändern. Auf der Gegenseite werden Unternehmen mit einer positiven Einstellung gegenüber dem Emissionszertifikatehandel konservativer mit ihren Forschungs- und Entwicklungsausgaben umgehen. Sie werden Forschungsprojekte mit nur sehr geringen Erfolgschancen eher meiden.

Hypothese 3a: Umso negativer die Einstellung eines Unternehmens gegenüber dem Emissionszertifikatehandel, desto größer werden die Ausgaben für Forschung und Entwicklung ausfallen.

Auch hier werden zwei Hypothesen b und c getroffen. Vor dem Hintergrund der Unsicherheiten, ob die Forschungsbemühungen wirklich zu anwendbaren Ergebnissen führen werden, setzen Unternehmen mit einer negativen Wahrnehmung hier sicherheitshalber auf beide Pferde. Auf der Gegenseite werden Unternehmen mit einer positiven Wahrnehmung keine oder nur wenig Notwendigkeit sehen, die Technologien in ihrem Portfolio anzupassen.

Hypothesen 3b und 3c: Umso negativer ein Unternehmen den Emissionszertifikatehandel wahrnimmt,

3b desto größer werden die Forschungsausgaben für emittierende Technologien ausfallen.

3c desto größer werden die Forschungsausgaben für nicht-emittierende Technologien ausfallen.

Die Rolle der langfristigen Reduktionsziele für Forschung und Entwicklung

Ähnlich wie bei den Hypothesen 2 (a-c) ist hier nach Ansicht der Autoren weniger die Wahrnehmung/Einstellung (ob positiv oder negativ) der entscheidende Faktor, sondern vielmehr die Frage der Wichtigkeit. Falls ein Unternehmen langfristige Reduktionsziele als

einen wichtigen Einflussfaktor für seine zukünftige Entwicklung wahrnimmt, wird es die Forschungsausgaben erhöhen. Ob dies als positiv oder negativ aufgefasst wird, spielt hier keine Rolle. In beiden Fällen wird sich das Unternehmen an die neuen Bedingungen anpassen müssen.

Hypothese 4a: Umso größer ein Unternehmen den Einfluss von langfristigen Reduktionszielen bewertet, desto größer werden die Gesamtausgaben in Forschung und Entwicklung ausfallen.

Die Ausgaben betreffen den Autoren zufolge sowohl die nicht- als auch die emittierenden Technologien. Daher:

Hypothesen 4b und 4c: Umso größer ein Unternehmen den Einfluss von langfristigen Reduktionszielen bewertet,

4b desto mehr wird es seine Forschungsausgaben für emittierende Technologien steigern.

4c desto mehr wird es seine Forschungsausgaben für nicht-emittierende Technologien steigern.

Daten und Methodologie

Wie bereits in der Einleitung zu dieser Studie erwähnt, war es ein Ziel der Autoren, aus der reinen theoretischen Analyse herauszutreten und ihre Hypothesen anhand von empirischen Daten zu testen. Aus Sicht der Autoren gibt es leider zu diesem Thema zu wenige empirische Untersuchungen. Daher erscheint es mir als wichtig auch den Daten einen ausführlicheren Teil zu widmen. Die Basis der Daten bildet eine Umfrage von Unternehmen der Elektrizitätsbranche. Hierbei wurden sowohl Daten von Energieversorgern als auch von Technologieanbietern für den Energiesektor erhoben.

Die Umfrage fand Ende des Jahres 2009 in sieben verschiedenen EU-Staaten statt und richtete sich in den jeweiligen Landessprachen an Mitglieder des gehobenen Managements. Alles in allem wurden beinahe 1600 Unternehmen kontaktiert. Antworten trafen von rund 200 Unternehmen ein. Daraus resultieren Antwortraten von 14,6 Prozent für Energieversorger

bzw. 13,1 Prozent für Technologieanbieter. Wobei sich die Verteilung auf 65 Energieversorger und 136 Technologieanbieter aufspaltet.

Unter den antwortenden Energieversorgern haben in den letzten zehn Jahren 80 Prozent Anpassungsmaßnahmen wie Investition in neue Kraftwerke vorgenommen. Ausgaben für Forschung und Entwicklung haben 38 Prozent der Energieversorger angegeben. Bei den Technologieanbietern ist diese Rate mit 77 Prozent natürlich deutlich höher.

Statistische Methode

Um ihre Hypothesen zu testen, griffen die Autoren auf eine multivariante lineare Regression mit Ordinary Least Squares zurück. Insgesamt führte dies zu sechs Regressionsanalysen: Die abhängigen Variablen waren jeweils F&E und Investition. Diese wurden sowohl als Gesamtwert, aber auch auf gespalten in emittierende und nicht-emittierende Technologien betrachtet.

Die Ergebnisse wurde mit einer Reihe von Tests wie auf Multicollinearity, Variance Inflation Factor (VIF), Heteroscedasticity und Durbin-Watson getestet. Die Tests brachten gute Ergebnisse³⁵ und bestärkten die Autoren in ihrem Modell.

Veränderungen der Aktivitäten im Bereich der Innovationen

Um die abhängige Variable der Veränderungen im Bereich der Innovationen zu messen, vergleichen die Autoren die historischen Aktivitäten in diesem Bereich. Als Vergleichszeiträume dienen hierfür die Jahre 2005 bis 2009 nach Einführung des EU ETS, und die Fünfjahresperiode davor von 2000 bis 2004. Anhand einer fünfteiligen Likert-Skala³⁶ werden von den Unternehmen die Veränderungen in den Perioden bezüglich ihrer Investitionen und den Ausgaben für Forschung und Entwicklung erfragt. Für die Rate der Veränderung wird das Delta zwischen den Vergleichsperioden verwendet.

³⁵ Siehe Schmidt T.S., Schneider M., Rogge K.S., Schuetz M.J.A., Hoffmann V.H., 2012, Seite 32

³⁶ Zur Messung der persönlichen Einstellung reichten die Antwortmöglichkeiten auf der Skala von "dropped sharply" über "no change" bis zu "rose sharply".

Zur Ermittlung der Richtung der Innovationen, wurden die Unternehmen gebeten, die Veränderungen über relevanten Technologien separat auszuweisen. Als emittierende Technologien wurden hierfür jegliche auf Kohle und Gas basierende Energiegewinnungsformen verstanden. Aber auch damit verbundene emissionssenkende Technologien wie CCS und CHP fielen darunter. Dem gegenüber standen nukleare und erneuerbare Technologien wie Wasser, Wind, Solar,... . Über ein arithmetisches Mittel wurden dann die einzelnen Antworten für die beiden Kategorien aggregiert.

Wahrnehmung der Klimapolitik

Die Autoren verweisen darauf, dass die beiden ersten Perioden (2005-2007; 2008-2012) des EU ETS nur eine geringe Stringenz hinsichtlich der Klimapolitik aufgewiesen haben. Als Ursachen werden dafür die nur geringen Preise für Emissionszertifikate, vor dem Hintergrund einer freien Startallokation mit Emissionszertifikaten (Grandfathering) und der freien Zuteilung für Neuanlagen angeführt. Hier deckt sich die Ansicht der Autoren mit zahlreichen anderen Publikationen, die diese Punkte ausführlich kritisieren.

Die dritte Phase des EU ETS (2013-2020) ist aus Sicht der Autoren hinsichtlich der Klimapolitik deutlich stringenter gestaltet. Daher wird hier zwischen den EU ETS Perioden I+II und III verglichen.

Bezüglich der Wahrnehmung der Klimapolitik (positiv/negativ hinsichtlich der langfristigen Reduktionsziele) kommt hier wieder eine fünfteilige Skala zum Einsatz. Auf die Frage inwiefern die Unternehmen diesen Einfluss bewerten, gab es lediglich drei Antwortmöglichkeiten (von nicht betroffen bis sehr betroffen).

Wahrnehmung der Kontextfaktoren aus der Geschäftsumgebung/Erfassung der Unternehmenscharakteristika

Wie bereits auch bei der Erfassung der Wahrnehmung der Klimapolitik, vertrauten die Autoren auch hier auf den Einsatz einer fünfteiligen Likert-Skala. Zwecks Datenerfassung der Unternehmenscharakteristika, kamen auch andere Methoden falls notwendig zum Einsatz.³⁷

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass die Energieversorger in den vergangenen fünf Jahren die Investitionen (Adoption) allgemein und in emittierenden Technologien moderat gesteigert haben. Die Ausgaben für nicht-emittierende Technologien sind etwas stärker gestiegen.

Bei den Ausgaben für Forschung und Entwicklung ist hinsichtlich der emittierenden Technologien ein moderater Anstieg zu beobachten. Bei den Gesamtausgaben und jenen für nicht-emittierenden Technologien zeigt sich ein etwas höherer Anstieg.

Die folgenden beiden Tabellen sollen einen raschen und umfassenden Überblick über die Einzelergebnisse und ihre Aussagekraft hinsichtlich der Hypothesen geben.

³⁷ So wurde z.b. die Position in der Wertschöpfungskette (Energieversorger oder Technologieanbieter) mittels einer Dummy-Variable definiert. Im Anhang findet sich ein ausführlicher Tabellen – Teil zu den einzelnen erhobenen Datensätzen und untersuchten Variablen.

Results of the regression analyses(standardized coefficients)

	Adoption			RD&D		
	In total Model 1	Threatened Model 2	Aligned Model 3	In total Model 4	Threatened Model 5	Aligned Model 6
Perception of climate policy						
ETS 1&2 (2005-2012)	0,320**	0,319*	0,018	0,053	0,007	0,206
ETS 3 (2013-2020)	-0,313*	-0,289	-0,211	-0,069	-0,199	-0,284*
LTT (as issue) (2020)	0,056	0,006	0,187	0,238**	0,068	0,231**
Perception of context factors						
Technology push policies				0,097	0,399*	0,220*
RET demand-pull policies	0,237*	0,013	0,363**	0,133	-0,106	-0,075
Fuel prices	-0,073	0,121	-0,185	-0,147	-0,180	-0,179
Electricity prices	0,124	-0,012	-0,003	0,201*	-0,018	0,294**
Public acceptance for coal	0,186	0,230	0,089	0,177*	0,113	0,202*
Firm characteristics						
Value chain position				0,176	0,264	0,085
Share fossil	-0,024	-0,020	-0,294*	0,118	0,396*	-0,181
Need to replace/extend capacity	0,346		0,113	0,168		
Technological capabilities				0,116	0,392*	0,311**
Size	0,403**	0,438**	0,010	0,195*	0,428*	0,220**
Model fit						
R sq.	0,567	0,353	0,321	0,285	0,524	0,445
Adjusted R. sq.	0,487	0,233	0,196	0,212	0,313	0,374
N	65	65	65	130	40	107

* Significant at the p < 5% level.

** Significant at the p < 1% level

Tabelle 1: Ergebnisse der Regression (Standard Koeffizienten)

Quelle: Schmidt, Schneider, Rogge, Schuetz, Hoffmann 2012, Seite 33

#		Expected effect	Results
1a	The more negatively a firm perceives emissions trading the more it ...	Increases adoption in total.	ETS 1&2: Significantly contradicted ETS 3: Significantly supported
1b		Decreases adoption of emitting technologies.	ETS 1&2: Significant reverse effect ETS 3: Not supported
1c		Increases adoption of non-emitting technologies.	ETS 1&2: Not supported ETS 3: Not supported
2a	The more a firm perceives long-term targets as an issue the more it	Increases adoption in total.	Not supported
2b		Decreases adoption of emitting technologies.	Not supported
2c		Increases adoption of non-emitting technologies.	Not supported
3a	The more negatively a firm perceives emissions trading the more it ...	Increases RD&D in total.	ETS 1&2: Not supported ETS 3: Not supported
3b		Increases RD&D of emitting technologies.	ETS 1&2: Not supported ETS 3: Not supported
3c		Increases RD&D of non-emitting technologies.	ETS 1&2: Not supported ETS 3: Significantly supported
4a	The more a firm perceives long-term targets as an issue the more it ...	Increases RD&D in total.	Significantly supported
4b		Increases RD&D of emitting technologies.	Not supported
4c		Increases RD&D of non-emitting technologies.	Significantly supported

Tabelle 2: Überblick Hypothesen und Ergebnisse

Quelle: Schmidt, Schneider, Rogge, Schuetz, Hoffmann 2012, Seite 35

Interpretation der Ergebnisse

Welche Schlüsse lassen sich aus diesen Ergebnissen ziehen? Lassen sich daraus politische Implikationen für die Zukunft ableiten? Die Autoren schließen aus ihren gewonnenen Daten drei Haupterkenntnisse.

Hinderliche Effekte eines laxen Designs sollten verhindert werden

Die Ergebnisse fördern zutage, dass die ersten beiden Phasen des EU ETS keinen Schub für Investitionen (Adoption) und F&E hinsichtlich der nicht-emittierenden Technologien brachten. Der einzig zu beobachtete Effekt – ein Anstieg von Investitionen für emittierende Technologien – höhlt das Ziel einer substanziellen Reduktion von GHG aus. Aus Sicht der Autoren, haben die ersten beiden Phasen eher zu einer Versteifung in fossile Energieträger geführt.

Vor allem große Unternehmen³⁸ haben Investitionen in emittierende Technologien getätigt. Diese zeichnen sich durch Langlebigkeit und große Sunk Costs aus. Als Ursache für diese Investitionen machen die Autoren die geringe Stringenz hinsichtlich einer effizienten Klimapolitik in den ersten beiden Phasen aus. Wie bereits in der Literatur beschrieben, nutzen Energieversorger diesen Zeitraum, um Windfall Profits für emittierende Kraftwerke³⁹ einzufahren, und sich Investitionen für emittierende Neuanlagen⁴⁰ von großzügigen Subventionseffekten unterstützen zu lassen.

Wie auch in der Literatur öfters erwähnt, erklären sich die Autoren diese Effekte mit dem Grandfathering, der nur geringen Emissioncaps⁴¹ und den daraus resultierenden niedrigen Emissionszertifikatpreisen.

Aus Ihrer Sicht waren die Zertifikatpreise in den ersten beiden Perioden einfach zu niedrig um einen signifikanten Wettbewerbsvorteil für nicht-emittierende Technologien zu schaffen.

Auch wenn diese Effekte in theoretischen Abhandlungen bereits in der Literatur aufgezeigt worden sind, bereichern ihre Ergebnisse die Literatur um eine empirische Basis.

Diese laxen Stringenz in den ersten beiden Phasen war ein Zugeständnis, um die politische Akzeptanz zu erhöhen, so die Autoren. Politische Entscheidungsträger anderer Regionen, die ebenfalls mit dem Gedanken der Einführung einer ähnlichen Regelung spielen, sollten daher von einem zu laxen Design des Emissionzertifikatehandels Abstand nehmen.

³⁸ Abhängig vom Umsatz teilen die Autoren die Unternehmen in fünf Größenkategorien ein. Die Bandbreite reicht hierbei von <2 Mio. bis >5 Mrd. € Umsatz im Jahr 2008.

³⁹ siehe Sijm 2005

⁴⁰ siehe Ellerman und Buchner 2007

⁴¹ Unter Emissioncap wird die Gesamtemission eines Schadstoffes verstanden; diese entspricht der Summe aller ausgegebenen Emissionszertifikate.

Für Europa gilt es nach vorne zu blicken und eine Mindeststringenz für die Phase III einzuführen. Auch wenn der in Deutschland bis 2022 geplante Ausstieg aus der Atomenergie zu einer Erhöhung der Zertifikatepreise führen wird, sehen die Autoren in einem Zurückfahren der Emissionscaps eine probateres Mittel. Allein die für die Phase III im Bereich der Energieversorger geplante Einführung einer Auktion von Emissionszertifikaten, sollte die Attraktivität von Investitionen in nicht-emittierende Technologien erhöhen.

Für alle jene EU-Staaten, für die eine Ausnahme hinsichtlich einer vollen Auktion von Emissionsrechten geplant ist, fordern die Autoren eine strikte Überwachung seitens der EU, um die Erfahrung der ersten beiden Perioden nicht zu wiederholen.

Auch mit dem Einsatz von freien Emissionszertifikaten in einem Regime der vollen Auktion, kann ein zusätzlicher Anreiz geschaffen werden. So könnten Unternehmen, die sich besonders verdient im Bereich der nicht-emittierenden Technologien gemacht haben, mit diesen belohnt werden. In einem Arbeitspapier der Europäischen Kommission⁴² wurden ähnliche Gedanken für die Industrie angedacht. Diese könnten ebenfalls im Energiesektor angewendet werden.

Abseits der Energiebranche genießt der industrielle Sektor auch in der Phase III des EU ETS teilweise die Vorteile einer freien Allokation von Emissionszertifikaten anhand von Benchmarks. Hier sollten diese Benchmarks stringent gestaltet werden.

Technology push policies und langfristige Klimaziele als Ergänzung zum Emissionszertifikatehandel

Aus Sicht der Autoren betonen die Ergebnisse die Rolle von langfristigen Reduktionszielen als einen wichtigen Treiber für Forschung und Entwicklung. Wie bereits erwähnt, haben diese eine Orientierungsfunktion und können (falls stringent und glaubwürdig gestaltet) zu einem langfristigen Paradigmenwechsel führen. Die Daten bestätigen auch, dass vor dem Hintergrund der Langfristigkeit und hohen Unsicherheit von Forschung und Entwicklung, diese auch einen größeren Einfluss auf Forschungsausgaben als der Zertifikatehandel haben.

Trotz dieses Vorteiles besteht eine Wechselwirkung zwischen den langfristigen Reduktionszielen und dem Emissionszertifikatehandel. Zum einem ist die Glaubwürdigkeit

⁴² Den Autoren zufolge ist hier die Rede von einem „innovation/technology accelerator“ in European Commission, 2010, Seite 75

der Ziele abhängig von dahinter liegenden Instrumenten (hier dem Emissionszertifikatehandel). Zum anderen ist die Rolle der langfristigen Reduktionsziele besonders dann wichtig, wenn die Klimapolitik sich Marktinstrumenten wie dem Emissionszertifikatehandel bedient. Im Vergleich zu einer Auflagenpolitik ist hier der Frei- und Entscheidungsraum deutlich größer für die einzelnen Unternehmen. Daher ist die Orientierungshilfe der langfristigen Reduktionsziele ungemein wichtiger für die Unternehmen, um eine optimale Strategie gemäß den Anforderungen zu entwickeln.

Arbeiten von Goulder und Parry⁴³ (2008) und Sagar und van der Zwaan⁴⁴ (2006) empfehlen Technology push policys für F&E als ergänzende Maßnahmen. (Andere Autoren wie Azar und Sanden⁴⁵ (2011, Seite 135) und Böhringer und Rosendahl⁴⁶ (2009) präferieren hier den Einsatz von marktbasierenden technologie-neutralen Instrumenten wie dem Emissionszertifikatehandel.)

Die Ergebnisse unterstützen diese Sichtweise, da in der dritten Phase des EU ETS ein leichter Anstieg hinsichtlich der F&E-Ausgaben für nicht-emittierende Technologien zu sehen ist. Nach Ansicht der Autoren ist die Rolle der langfristigen Reduktionsziele generell deutlich unterrepräsentiert in der wissenschaftlichen Debatte.

Auf politischer Ebene fordern die Autoren, dass „RD&D (F&E) support and LLT (langfristigen Reduktionsziele) should be part of an integrated mix which complements ET (Emissionszertifikatehandel)“. Langfristige Reduktionsziele sollen klar und fix kommuniziert werden, diese stellen einen wichtigen Orientierungspunkt hinsichtlich der Klimapolitik dar und sind ein wichtiger Aspekt für die unternehmenseigenen Investitionsentscheidungen.

So könnte die Bekanntgabe eines ambitionierten Post-Kyoto-Ziels einen wichtigen Orientierungspunkt bieten. Angesichts der langen Zyklen der Energiebranche fordern die Autoren, dass die EU in absehbarer Zeit Ziele weit über das Jahr 2020 hinaus formuliert. Aufbauend auf diesen Zielen müssen kongruente Instrumente implementiert werden, um die Ziele glaubwürdig zu machen. Eine Abkehr von dieser Reihenfolge steigert das Risiko von inkongruenten Zielen und Instrumenten.

⁴³ Goulder und Parry 2008

⁴⁴ Sagar und van der Zwaan 2006

⁴⁵ Azar und Sanden 2011, Seite 135

⁴⁶ Böhringer und Rosendahl 2009

Eine entscheidende Rolle in diesem Prozess schreiben die Autoren supranationalen Institutionen wie der EU oder UNO zu. Denn diese sind eher in der Lage, in längeren Zyklen zu denken, zu agieren, Ziele zu setzen und diese zu verteidigen. Zudem sind diese verglichen mit nationalen Regierungen unabhängiger von der Parteipolitik.

Abschließend verweisen die Autoren nochmals darauf, dass die Verteilung von F&E Subventionen fundamental ist, um nicht die falschen Gewinner zu wählen. Vielmehr sollten Forschungs-Schwerpunkte gesetzt werden, welche die langfristigen Reduktionsziele widerspiegeln sollen.

Einsatz von technologiespezifischen Demand-Pull-Policies

Die Ergebnisse zeigen, dass EU ETS noch nicht in der Lage war, eine Steigerung von Investitionen für von nicht-emittierende Technologien auszulösen. Aus Sicht der Autoren führt einzig der Einsatz von Demand-pull-policies⁴⁷ zu höheren Investitionen in nicht-emittierende Technologien. Daher kommt diesen eine entscheidende Bedeutung zu.

Die Demand-pull-policies sollen ein Lock-in in augenblicklich billigere und ebenfalls positiv vom Emissionshandel profitierende Technologien verhindern, welche langfristig zu höheren Kosten bzw. niedrigeren Emissionsreduktionen führen.

Um den Ausschluss von neuen nicht-emittierenden Technologien zu verhindern und Spill-over Effekte in diesen Technologieclustern zu steigern, sind weitere technologiespezifische Demand-pull-policies notwendig. Die Preise von Emissionszertifikaten sind unter Umständen zu gering, um die gegenwärtige Lücke zwischen neuen noch nicht kompetitiven Technologien und ihren bewährten Gegenständen zu schließen.

Auf politischer Ebene sollen technologiespezifische Demand-pull-policies einen weiteren integralen Teil des Maßnahmenpaketes bilden. Da diese Maßnahmen oft sehr kostspielig sind, sollen die Einnahmen der Auktion von Emissionsrechten dafür verwendet werden.

⁴⁷ Hier findet der Technologietransfer erst nach einer konkreten Anfragen der Wirtschaft statt. Die Transferrichtung verläuft von der Wirtschaft zur Forschung (im Gegensatz zu Technology-push; hier wird eine neue Technologie von der Forschung in die Wirtschaft übertragen).

Speziell im Bereich neuer Technologien sind die Lernkurven noch sehr steil. Angesichts dieser Eigenschaft wird hier ein sich dynamisch an die veränderten Wettbewerbsfähigkeit der Technologien anpassendes Instrument benötigt. Diese soll den dynamische Charakter eines Technologiewechsels widerspiegeln. Auf der Gegenseite sollen die langfristigen Reduktionsziele weiterhin hart und fix bleiben.

Wie im vorigen Kapitel aufgezeigt, kommen die Autoren zu dem Schluss, dass das EU ETS hinsichtlich des dynamischen Anreizes für den Einsatz neuer nicht-emittierender Technologien noch keine große Wirkung entfaltet hat. Die bis dato vorgestellten Studien haben diese Frage jeweils aus der Vogelperspektive mit Blick auf den Gesamtsektor untersucht. Im Folgenden sollen aber auch einige Studien mit Fokus auf Einsatz einer bestimmten Technologie vorgestellt werden.

Technologie-spezifische Betrachtung des EU ETS

Einleitung

Die vorigen Kapitel haben sich mit rezenten Arbeiten eines Autorenteam's rund um Rogge, Schneider, Hoffmann beschäftigt. Dabei haben die Autoren mittels eines qualitativen als auch eines quantitativen Zuganges ein Blick auf den Gesamtsektor der Stromindustrie geworfen. Summa summarum kommen sie zu dem Schluss, dass das EU ETS nur eine geringe dynamischen Anreizwirkung für einen technologischen Wandel mit sich gebracht hat.

Bedingt durch die Gesamtbetrachtung des Energiesektors, bieten diese Arbeiten jedoch nur eine oberflächliche Betrachtung einzelner Technologien. Die folgenden Kapitel sollen genau diese Lücke schließen. Mein Hauptaugenmerk gilt hierbei weniger den konkreten methodologischen Zugängen, es sollen vielmehr die folgenden beiden Aspekte in den Vordergrund gerückt werden:

Auf Grund der Mannigfaltigkeit und Komplexität der im Bereich der Energieerzeugung eingesetzten unterschiedlichen Technologien – die Palette reicht hierbei von emissionsfreien Formen (wie z.b. Wind-, Wasser-, Solar- bis zu Atomkraft) bis zu stark emittierenden Energieträgern (wie Kohlekraftwerken) – ergibt sich eine Vielzahl von möglichen technologischen Umrüst- und Nachrüstmöglichkeiten. Diese hängen neben den umweltpolitischen Zielen und Vorgaben des EU ETS auch von einer Reihe von technischen Faktoren ab.

Um dieser technischen Komplexität gerecht zu werden, gehen die folgenden Kapitel der Frage nach, welche Anreizwirkungen das EU ETS bei Einsatz einer bestimmten Technologie gebracht hat. Gleich vorweg muss an dieser Stelle aber festgehalten werden, dass im Rahmen dieser Arbeit nur einem Teil dieser vielfältigen technologischen Möglichkeiten Beachtung geschenkt werden kann.

Des Weiteren erscheint mir die Frage als verfolgenswert, ob die von Rogge et al. gewonnenen Ergebnisse sich auch mit Studien, die jeweils nur einen bestimmten Technologiepfad untersuchen, decken. Oder wurden womöglich bei der Betrachtung des Gesamtsektors für einzelne Technologien wichtige und relevante Details übersehen? Kommen diese „Technologiestudien“ zu vergleichbaren Ergebnissen und Schlussfolgerungen wie Rogge et al. ?

3.3 European CO₂ prices and carbon capture investments⁴⁸

Einleitung

Wie im Rahmen dieser Arbeit bereits erwähnt, wird als eine Schlüsseltechnologie im Bereich der Energieerzeugung mittels fossiler Energieträger oftmals die Carbon capture and storage (CCS)-Technologie betrachtet. Hierbei können durch das Einfangen von CO₂-Emissionen bei der Verbrennung fossiler Energieträger Kohlekraftwerke klimafreundlicher betrieben werden.

In einer Studie aus dem Jahr 2009 gehen die Autoren Luis M. Abadie und Jose M. Chamorro der Frage nach, inwieweit das gegenwärtige EU ETS-Regime einen Einsatz dieser Technologie bei Kohlekraftwerken unterstützt. Die Autoren konzentrieren hierbei ihre Betrachtung auf den durch die CO₂-Zertifikate generierten Kostendruck gegenüber den fixen und flexiblen Kosten für den Einsatz und die Betreibung einer CCS-Anlage. Denn aus ihrer Sicht stehen die Unternehmen bei dieser Entscheidung (über den Einsatz einer CCS-Anlage) vor allem in dem Spannungsfeld zwischen der Ersparnis durch einen gesenkten Bedarf an CO₂-Zertifikaten und den Kosten für die CCS-Anlage.

In ihrem Modell wird die Frage nach der Wirtschaftlichkeit dieser Technologie anhand eines Kohlekraftwerkes mit einer Leistung von 500 MW (Megawatt) untersucht. Als entscheidende externe Faktoren werden sowohl CO₂- als auch Strompreise identifiziert. Anhand eines mehrstufigen Binominal-Modells, versuchen die Autoren eine optimale Investmentstrategie für das Modell-Kraftwerk zu finden.

Modell-Aufbau des Kraftwerkes⁴⁹:

Für das untersuchte Kohlekraftwerk wird eine Lebensdauer von 40 Jahren angenommen. Es handelt sich hierbei um ein Kraftwerk, welches mittels einer Kohlenstaubfeuerung⁵⁰ betrieben wird. Als wesentliche Parameter werden noch eine Leistung von 500 MW und ein

⁴⁸ Abadie, L.M., Chamorro, J.M., 2008. European CO₂ prices and carbon capture investments. *Energy Economics* 30, 2992-3015

⁴⁹ Die folgende detaillierte Erklärung der Grundannahmen ist notwendig um die im Anschluss folgenden einzelnen Modifikationen und Erweiterungen des Modells um z.B. staatliche Subventionen erklären zu können. Der Fokus dieser Arbeit richtet sich aber weiterhin auf die Ergebnisse der einzelnen Studien und nicht auf die detaillierte Analyse der eingesetzten Methoden.

⁵⁰ Super Critical Pulverized Coal (SCPC)

Produktionsfaktor⁵¹ von 80 Prozent genannt. Des weiteren werden rund 5 Prozent der gewonnen Energie für den Betrieb der Anlage verwendet, und können daher nicht am Strommarkt veräußert werden. Diese Parameter führen zu einem jährlichen Output von 3.328 Mio. kWh. Vor dem Hintergrund einer angenommenen Wirkungsgrades von 41 Prozent und einem durchschnittlichen CO₂-Austoss von 800 g/kWh, ergeben sich folgende Leistungsparameter:

Annahmen	Werte	Resultate	Wert
Kraftwerksgröße (MW)	500	Stromouput (Mio. kWh/Jahr)	3.328
Produktionsfaktor (%)	80	Heizrate/Energie Effizienz (GJ/kWh)	0,00870
Wirkungsgrad (%)	41	Benötigter Brennstoff (GJ/Jahr)	30.766.829
Durchschnittliche CO ₂ -Emission (g/kWh)	800	Gesamt CO ₂ -Emission (Tonnen/Jahr)	2.663.040

Tabelle 3: Leistungsparameter Modellkraftwerk

Quelle: Abadie, Chamorro 2008, Seite 3003

Mittels der CCS-Anlage könnten rund 90 Prozent des CO₂-Austosses vermieden werden⁵², dies ist jedoch mit einer Vielzahl von Kosten verbunden. Die einmaligen Kosten für den

⁵¹ Hierbei wird die durchschnittlich Kapazitätsauslastung im Jahresschnitt verstanden; ein Wert von rund 80% ist ein Standardwert, der auch in anderen Studien in der Literatur Verwendung findet. Basis für diesen Wert bildet die Annahme, dass das Kraftwerk zumindest kurz- und mittelfristig als Grundlastkraftwerk verwendet wird, um die Investitionen für die CCS-Technologie möglichst wirtschaftlich zu nutzen. Bei einer Verwendung zum Ausgleich von Spitzenlasten kann der Produktionsfaktor deutlich geringer ausfallen.

⁵² An dieser Stelle muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass auch bei durch die CCS-Anlage eingefangenen und gelagerten CO₂ ein Risiko eines Auslaufens in die Atmosphäre besteht. Der Einfachheit

Einbau dieser CCS-Anlage werden mit 214,5 Mio. Euro im Jahr 0 angenommen, und danach jährlich um 2 Prozent.

Der jährliche Betrieb der Anlage schlägt sich mit Kosten von 1,348 €/MWh oder insgesamt 4,49 Mio. € zu Buche. Die Kosten für die Lagerung des eingefangenen CO₂ belaufen sich auf 7,35 €/t oder 17,62 Mio. Euro/ Jahr (wenn 90 Prozent des Gesamtausstoßes von 2.663.040 Tonnen eingefangen werden).

Zudem benötigt die Anlage eine beträchtliche Menge an elektrischer Energie, um betrieben zu werden. Daher steigt der Bedarf auf 20 Prozent der gewonnen jährlichen Energie, um das gesamte Kraftwerk mitsamt der CCS-Anlage zu betreiben.

Entscheidende externe Faktoren und Investmententscheidung

Wie bereits in der Einleitung zu diesem Kapitel erwähnt, sind neben den Modell-Annahmen für die Ausstattung des Kraftwerkes und der CCS-Anlage auch andere wesentliche Faktoren für den Einsatz der CCS-Technologie von entscheidender Bedeutung. So haben auch die Preise von CO₂-Zertifikaten und Strom einen wesentlichen Einfluss auf die Investitionsentscheidung eines Unternehmens für oder gegen eine CCS-Anlage.

Aufbauend auf den historischen Preisen für CO₂-Futures von Mai 2005 bis Mai 2007, modellieren die Autoren mittels eines stochastischen Prozesses deren weitere Entwicklung. Vor dem Hintergrund des massiven Preisverfalles der CO₂-Preise Mitte des Jahres 2006, trafen die Autoren die Entscheidung, nur die Beobachtung für Futures mit Fälligkeiten von Dezember 2008 bis Dezember 2012 zu verwenden. Aus ihrer Sicht wiesen die Futures für Fälligkeiten vor Dezember 2008 eine zu große Volatilität auf.

Um die weitere Entwicklung der Futures-Preise zu modellieren, bedienten sich die Autoren der Annahme, dass diese einem nicht-linearen stochastischen Prozess⁵³ folgen. Zwecks Simulation der Strompreise wurde auf historische Daten von Spotpreisen aus Spanien zurückgegriffen. Analog zu den Futures wurde die weitere Entwicklung anhand eines

halber haben die Autoren dies hierbei aus Acht gelassen. Eine Arbeit von Teng und Tondeur 2007 hat sich jedoch auch mit dieser Frage beschäftigt.

⁵³ Siehe Abadie und Chamorro 2008, Seite 2999 für die detaillierte Beschreibung des stochastischen Modells.

stochastischen Prozesses modelliert. Die Grundlage dafür bildeten monatliche Durchschnittspreise von Jänner 1998 bis April 2007⁵⁴.

Ob sich die Investition in eine CCS-Anlage rechnet, hängt letzten Endes von dem Kapitalwert der abgezinnten Zahlungen (Net Present Value) ab. Wie erwähnt stehen bei Betrieb der CCS-Anlage den eingesparten CO₂-Zertifikaten eine Reihe von Ausgaben gegenüber.

Daraus folgern die Autoren:

$$NPV_{\text{CCS}} = PVI_{\text{EMI}} - PV_{\text{T\&S}} - PV_{\text{O\&M}} - PV_{\text{CA}} - PV_{\text{E}}$$

NPV_{CCS} = Net Present Value der CCS-Anlage

PVI_{EMI} = Present Value der eingesparten CO₂-Zertifikate

$PV_{\text{T\&S}}$ = Present Value für Transport und Lagerung des eingefangenen CO₂ durch die CSS-Anlage

$PV_{\text{O\&M}}$ = Present Value der Betriebs und Erhaltungskosten der CCS-Anlage

PV_{CA} = Present Value der einmaligen Investitionskosten für die CCS-Anlage

PV_{E} = Present Value für durch die CCS-Anlage entgangenen Stromeinnahmen⁵⁵

Bei einem NPV über 0 rechnet sich der Einsatz der CCS-Anlage. Doch als bestimmte Faktoren treten nicht nur die Grundmodellannahmen für das Kraftwerk, sondern vor allem die Preisentwicklungen an den Strom- und CO₂-Märkten in den Vordergrund.

Um diesem entscheidenden Faktor gebührend Rechnung zu tragen und ihn auch richtig zu modellieren, griffen die Autoren auf ein mehrstufiges Binominal-Modell⁵⁶ zurück. Insgesamt erfasste das Modell einen Zeitraum von 40 Jahren, wobei jedes Jahr wiederum aus 6 einzelnen Zeitpunkten bestand. Somit standen Kraftwerksbetreibern, in Abhängigkeit von Strom- und

⁵⁴ Das stochastische Modell wird auf Seite 3001 Abadie, Chamorro 2008 genau beschrieben.

⁵⁵ Das Betreiben der CCS-Anlage benötigt rund 20 Prozent der jährlich gewonnenen Energie. Diese wiederum kann daher nicht an Kunden verkauft werden.

⁵⁶ Modelle dieser Art kommen üblicherweise in der Finanzmathematik zur Bestimmung von Optionspreisen bei fallenden und steigenden Aktienkursen zum Einsatz.

CO₂-Preisen insgesamt 234 Zeitpunkte⁵⁷ zur Verfügung, um über den Einsatz der CCS-Anlage zu entscheiden.

In jedem dieser Entscheidungsknoten können die CO₂-Preise entlang dem stochastischen Prozess entweder steigen oder fallen. Selbiges gilt auch für die Strompreise. Daraus ergeben sich vier unterschiedliche Pfade und Wahrscheinlichkeiten. Die Entscheidung für die Kraftwerksbetreiber liegt darin, sich entweder für die Installation der CCS-Anlage zu entscheiden, oder eine weitere Periode abzuwarten. ⁵⁸

Ergebnisse der Simulation

Die von den Autoren berechnete Simulation, förderte eine Fülle von Ergebnissen und interessanten Teilaspekten zutage. Das Hauptaugenmerk der Autoren, und letzten Endes auch dieser Arbeit, liegt hierbei auf dem Einfluss der CO₂-Preise auf den Investitionszeitpunkt: Ihre Berechnungen zeigen, dass sich ab einem Einsatz der CSS-Anlage für 8 Jahre, der Auslösepreis (jener CO₂-Preis, ab dem sich der Einsatz der CCS-Anlage rechnet) bei rund € 55/Tonne einpendelt. Drei wesentliche Faktoren für den Einfluss der CO₂-Preise werden von den Autoren identifiziert: 1. Aktive Laufzeit der CCS-Anlage (kürzere Laufzeiten von unter 8 Jahren erfordern einen höheren Auslösepreis); 2. Der erwartete Anstieg der CO₂-Preise in der Zukunft; 3. Das erwartete Sinken der Investitionsausgaben für die CCS-Anlage.

Vor dem Hintergrund der essentiellen Bedeutung der CO₂-Preise auf die Installation der CSS-Anlage, spielen die Autoren unterschiedliche Teilszenarien für eine verbliebene Kraftwerks-Laufzeit von 30 Jahren durch.

Wie erwähnt, ist der erwartete Anstieg der CO₂-Preise von großer Bedeutung für die Investitionsentscheidung in eine CCS-Anlage. Dieser hängt jedoch stark von der Volatilität der CO₂-Preise ab. Aufbauend auf den historischen Daten der Jahre 2005 bis 2007 geht das Grundszenario von einer Volatilität von 46,83 Prozent aus. Ein signifikanter Fall der

⁵⁷ Der Bau der CCS-Anlage benötigt ein Jahr oder 6 Zeitpunkte

⁵⁸ Da hier weder Platz scheint, noch es Ziel dieser Arbeit ist, wurde auf eine detaillierte Darstellung des mehrstufigen Binominal-Modells verzichtet. Der Fokus liegt vielmehr auf den gewonnen Ergebnissen und Erkenntnissen der Studie.

Volatilität würde jedoch den Anreiz eine weitere Periode zuzuwarten deutlich senken, und somit den Einstieg in die CCS-Technologie unterstützen.

Volatilität (%)	Auslösepreis CO ₂ (€/t)
50	57,86
46,83	54,51
30	39,19

Tabelle 4: Einfluss der Volatilität bei 30 Jahren Restlaufzeit

Quelle: Abadie, Chamorro 2008, Seite 3010

Die Installation einer CCS-Einheit ist eine kapitalintensive Investition (wie auch das gesamte Kraftwerk). Vor diesem Hintergrund haben die Einmalkosten eine größere Bedeutung als die Variablen, so die Autoren. Daher schmälert jegliche Reduktion des Elektrizität-Outputs die Profitabilität des Kraftwerkes und der CCS-Anlage deutlich. So würde zum Beispiel auch ein Absinken des Produktionsfaktors deutliche Spuren bei den CO₂-Auslösepreisen hinterlassen.

Produktionsfaktor (%)	Auslösepreis CO ₂ (€/t)
80	54,51
60	58,61
40	66,83
20	91,61

Tabelle 5: Einfluss des Produktionsfaktors bei 30 Jahren Restlaufzeit

Quelle: Abadie, Chamorro 2008, Seite 3011

Aus Sicht der Autoren sollte auf diesen Einfluss ein spezielles Augenmerk geworfen werden. Der Produktionsfaktor hängt nicht allein vom Kraftwerk ab, da unterschiedliche Kraftwerke an einem Netz hängen. Hier ist womöglich eine Analyse auf Sektor-Ebene von Nöten⁵⁹.

Die hier erwähnten Faktoren haben einen derart großen Einfluss auf den Auslösepreis, dass selbst der massive Einsatz von staatlichen Subventionen auf die einmaligen Investitionskosten nur einen geringen Einfluss hinterlässt. Selbst eine 100-Prozentige staatliche Unterstützung bei den Einmalkosten würde den Auslösepreis nur relativ geringfügig nach unten drücken. So sinkt der Auslösepreis lediglich von 54,51 auf € 42,31/t. Dieser Effekt veranschaulicht nochmals eindrucksvoll die Wichtigkeit der CO₂-Preise gegenüber anderweitigen Maßnahmen.

Schlussendlich drängt sich die Frage auf, inwiefern eventuell höhere Strompreise einen Einfluss auf den Auslösepreis hätten. Bei einem konventionellen Kraftwerk ohne CSS-Technologie würden diese zweifellos die Rentabilität steigern. Wie die Berechnung von Abadie und Chamorro zeigen, ist dieser Zusammenhang bei Einsatz einer CCS-Anlage nicht ident.

Änderung der langfristigen Strompreise (%)	Auslösepreis CO ₂ (€/t)
-20	50,76
-10	52,57
0	54,51
+10	56,29
+20	58,28

Tabelle 6: Einfluss der Strompreise bei 30 Jahren Restlaufzeit

Quelle: Abadie, Chamorro 2008, Seite 3012

⁵⁹ Inwiefern CO₂-Preise und das EU ETS einen Einfluss auf die Produktionsfaktoren und Auslastung von Kraftwerken haben, stelle ich am Ende dieses Kapitels einem ausführlichen Exkurs vor.

Vielmehr fördern ihre Ergebnisse zutage, dass sich Strom- und Auslösepreise parallel entwickeln. Die Autoren begründen diesen Effekt mit dem großen Energiebedarf der CCS-Anlage. Das gegenwärtige technologische Level der CCS-Technologie bietet nur wenig Anreize für die Energieindustrie, so das Urteil der Autoren bezüglich des Stromhungers.

Abschließende Bemerkungen und Resümee

Um die hier vorgestellten Ergebnisse wieder in den größeren Kontext dieser Diplomarbeit zu stellen, kann nach einer Betrachtung der Studie nur ein Resümee gezogen werden. Die im Rahmen des EU ETS gehandelten Preise für CO₂-Zertifikate sind weit davon entfernt, einen technologischen Wandel hinsichtlich des Einsatzes der CSS-Technologie zu unterstützen.

So liegt der von Abadie und Chamorro errechnete mittel- und langfristige Auslösepreis von rund € 55/t um ein Vielfaches über den gegenwärtig gehandelten Preisen. Auf der European Energy Exchange in Leipzig werden die EU Emission Allowances für die laufende Periode von 2008 bis 2012 bei rund € 7-8/t gehandelt.

In ihrem ernüchternden Resümee erinnern Abadie und Chamorro an die Schlussfolgerungen des Autorenteams rund um Rogge: „All in all, current technological development and regulatory framework do not seem to encourage an early adoption of the CSS technology“.

Auch in ihren politischen Forderungen an die Gestalter und die Entscheidungsträger des EU ETS, schließen Abadie und Chamorro nahezu nahtlos an die beiden vorangehenden Kapitel dieser Diplomarbeit an: „For the CCS technology to become economically attractive, climate policies must be sufficiently stringent.“

Des weiteren kommt die vorliegende Studie zu dem Schluss, dass im Bereich der CCS-Technologien der Einfluss von staatlichen Subventionsprogrammen nur sehr geringe Auswirkungen hat. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch eine Studie von Kemp und Kasim aus dem Jahr 2008⁶⁰. Hierbei werden die laufenden Betriebskosten für die CCS-Anlagen mit 50 Prozent von staatlicher Seite subventioniert. Ähnlich wie bei Abadie und Chamorro, garantiert auch diese substantielle Unterstützung keinen rentablen Betrieb der CSS-Anlagen.

⁶⁰ Kemp und Kasim 2008

Hinsichtlich staatlicher Subventionen stellen Abadie und Chamorro fest: „Moreover, technology policy in the form of adoption subsidies is a poor substitute for mitigation incentives.“ Vielmehr verstärkt sie dies in ihrer Forderung: „If the role of the ETS in emissions abatement is to be reinforced, the number of allowances in the market cannot be downplayed.“

3.4 Exkurs: The impact of carbon prices on generation-cycling costs⁶¹

Einleitung

Nachdem sich das vorangegangene Kapitel dem Einsatz der CCS-Technologie unter dem Regime des EU ETS gewidmet hat, soll der folgende Exkurs einen Ausblick auf einen weiteren, speziell im Bereich der Energiegewinnung sehr wichtigen Aspekt, geben. Im Gegensatz zu vorher, liegt der Fokus nicht auf dem Einsatz einer speziellen CO₂-vermeindenden (bzw. mindernden) Technologie, sondern widmet sich vielmehr einer allgemeineren und auch über unterschiedliche Technologien hinwegsehenden Fragestellung und Problematik.

So kann der Einsatz eines Mechanismus zur Reduktion des Ausstoßes von Green-House-Gasen einen großen Einfluss auf die Kosten der Betreibung von Kraftwerken haben. Dieser Einfluss kann neben den konkreten Kosten für den Einsatz einer spezifischen Umwelttechnologie auch technologieunabhängige Gesichtspunkte beinhalten.

Durch ein Instrument wie das EU ETS werden die Betreiber von Kraftwerken gezwungen, ihre Emissionskosten zu internalisieren. Diese Mehrkosten führen zu einem etwaigen Wechsel der Reihenfolge in der die einzelnen Kraftwerke betrieben werden.

Durch zusätzliche Kosten für etwaige CO₂-Zertifikate, gestaltet sich der Betrieb von veralteten und CO₂-intensiven Kraftwerken deutlich unrentabler als davor. Als eine wirtschaftliche Konsequenz daraus, entscheiden sich Energieversorger, diese Kraftwerke mit hohen Emissionen weg von einem kontinuierlichen Dauerbetrieb als Grundlastkraftwerke⁶², hin zur Verwendung als Ausgleich für Spitzenlasten umzuwidmen.

Diese Umwidmung bzw. Neuausrichtung resultiert in einem häufigen Herunter- und Hochfahren der Kraftwerkskapazitäten und wechselndem Energieoutput. Beides hat selbstverständlich einen signifikanten Einfluss auf die Kosten und somit die Wirtschaftlichkeit des Kraftwerkes und wird unter dem Ausdruck „Cycling Costs“ subsumiert.

Die beiden Autoren Elennor Denny und Mark O'Malley stellen sich der Frage, inwieweit ein CO₂-Zertifikate-Regime einen Einfluss auf diese Cycling Costs hat.

⁶¹ Denny E., O'Malley, M., 2009 .The impact of carbon prices on generation-cycling costs. Energy Policy 37, 1204-1212

⁶² Grundlastkraftwerke laufen in der Regel im Dauerbetrieb unter Vollast. Hierbei erzeugen sie relativ kostengünstig Strom. Typische Beispiele dafür sind Braunkohle- und mit Wasser betriebene Laufkraftwerke.

Zugang und Methodologie

Die beiden Autoren näherten sich dieser Fragestellung anhand einer Fallstudie für den irischen Energiesektor. Begründet wird die Wahl des irischen Falles mit einer großen Bandbreite an unterschiedlichen Generatoren und wenigen Interdependenzen mit anderen Energiemärkten⁶³.

Historisch betrachtet bestanden auf der irischen Insel zwei separat betriebene Energiesysteme: eines in der Republik Irland und eines in Nordirland. 2004 wurde jedoch ein Abkommen geschlossen, beide in einem einzigen Energiemarkt zusammenzuführen.

Dieser neue, die gesamte Insel umfassende, Energiemarkt Single Electricity Market (SEM) trat im November 2007 in Kraft. Um etwaige Veränderungen dieses neuen SEM im Vorhinein zu modellieren, griffen die zuständigen Behörden auf eine Software-Simulation namens PLEXOS zurück. Angereichert um für den irischen Markt typische Eigenheiten, liefert die Simulation sehr genaue Ergebnisse und Vorhersagen für den irischen Energiemarkt⁶⁴.

Für den Zweck ihrer Untersuchung erweitern die Autoren die PLEXOS-SEM-Simulation um den CO₂-Ausstoß und die Preise für CO₂-Zertifikate. Die folgende Tabelle gibt einen Einblick auf die jeweils ausgestoßene Menge von CO₂ für unterschiedliche Brennstoffe.

⁶³ Konkret schlussfolgern die Autoren: „This lack of interconnection allows the issues surrounding carbon prices and cycling to be seen more clearly without being influenced by interconnection with other systems. However, the issues that are raised here are not unique to the case system and would be relevant in other systems with the large penetrations of carbon intensive baseloaded units.“

⁶⁴ Inklusiv der irischen Spezifikationen ist hier die Rede vom PLEXOS-SEM. Bezüglich der genauen Vorgaben geben die Autoren die folgenden Ergebnisse an: „The PLEXOS-SEM model has been found to provide a highly accurate representation of the Irish electricity market, providing marginal price predictions within 1,95 percent for the base price, 0,15 percent for mid prices and 2,14 percent for peak prices“.

Fuel	Kg CO ₂ /kg fuel burnt	Tons CO ₂ /MWh
Coal	2,49	0,88
Gas	2,68	0,46
Oil	3,11	0,79
Peat ⁶⁵	0,91	1,25

Tabelle 7: carbon dioxide of various emissions

Quelle: Denny, O`Malley 2009, Seite 1206

Die Preise für den CO₂-Ausstoss wurden als Opportunitätskosten anhand der Zertifikatspreise im EU ETS in die Berechnung inkludiert⁶⁶.

Einen besonderen Fokus legen die Autoren auf die besonderen Umstände beim Hochfahren eines Generators. So rechnen sie vor: Ein mit Kohle befeuertes 285 MW (Megawatt) Kraftwerk benötigt zum Hochfahren aus dem Kaltzustand eine Energiezufuhr von 14.620 GJ (Gigajoule). Ausgehend von einem kalorischen Wert der Kohle von 0,028 GJ/kg und dem in der Tabelle angegebenen CO₂-Emissionswert ergibt der folgende Ausstoß von CO₂:

$$CO_2 = (GJ) \left(\frac{1}{GJ/kg} \right) (CO_2/kg) = (14.620) \left(\frac{1}{0,028} \right) (2,49) = 1.300 \text{ Tonnen}$$

Die hohe Bedeutung dieses Wertes von 1.300 Tonnen CO₂ erschließt sich erst wenn dieser um Preise erweitert wird. So förderte die PLEXOS-SEM-Simulation einen Kohlepreis von € 2,20/GJ zutage. Daraus ergeben sich für das Hochfahren dieses Kraftwerkes Brennstoffkosten von 14.620*€2,20 = € 32.164. Auf der Gegenseite würde die CO₂-Kosten bei der Annahme eines CO₂-Zertifikats-Preises von z.B. € 30 CO₂/Tonne diese deutlich übertreffen, denn: 1.300*€30= € 39.004.

⁶⁵ Torf; Lediglich Irland, Finnland und Schweden betreiben in der EU noch hinsichtlich der Größe nennenswerte Torfkraftwerke.

⁶⁶ Diese Studie soll dem Leser vor allem das spezifische Problem der Cycling Costs vorstellen. Daher wurde auf eine genaue Erklärung bezüglich Modellierung der CO₂-Preise verzichtet.

Dieses einfache Beispiel verwenden die Autoren, um den spezifischen Einfluss und Problematik von CO₂-Preisen eindrucksvoll für Cycling Costs zu illustrieren.

Neben den bereits erwähnten Brennstoff- und CO₂-Kosten weisen die Autoren auf einen weiteren wichtigen und relevanten Faktor für die Cycling Costs hin: Speziell das Herunter- und Hochfahren eines thermischen Generators führt angesichts von großen Temperatur- und Druckunterschieden zu einer großen Belastung der Materialien und damit zu Verschleißerscheinungen. Dies gilt im Besonderen für ältere Generatoren und Kraftwerke, die speziell für den Einsatz im kontinuierlichen Dauerbetrieb als Grundlastkraftwerke konzipiert und geplant waren⁶⁷.

Vor diesem Hintergrund können die Brennstoffkosten für das Hochfahren einer Anlage - abhängig von den einzelnen Spezifika des Generatoren-Types, des Alters und des ursprünglichen Verwendungsmusters - zwischen lediglich 2 Prozent bis 50 Prozent der gesamten Cycling Costs ausmachen. Dieser Aspekt brachte eine weitere Komplexität in die Simulationen und Berechnungen der Autoren.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In ihren Basisszenarien befassen sich die Autoren mit zwei unterschiedlichen Szenarien für den gesamten irischen Energiesektor:

- zum Einem betrachten die Autoren den Einfluss der CO₂-Preise auf die Rohstoffpreise und die eingesparten CO₂-Emissionen
- dem gegenüber inkludiert das zweite Szenario neben den reinen Brennstoffkosten auch die durch das Hoch- und Herunterfahren verursachten Nebeneffekte (Verschleißkosten, erhöhte Instandhaltung,...)

⁶⁷ Eine detaillierte Abhandlung zu diesem Thema findet sich in Denny et al 2007 bzw. in Lefton et al. 1997

Die folgende Grafik fasst die Ergebnisse des ersten Szenarios zusammen. Die Abbildung vergleicht die Cycling Costs mit den eingesparten CO₂-Kosten⁶⁸ in Abhängigkeit vom CO₂-Preis.

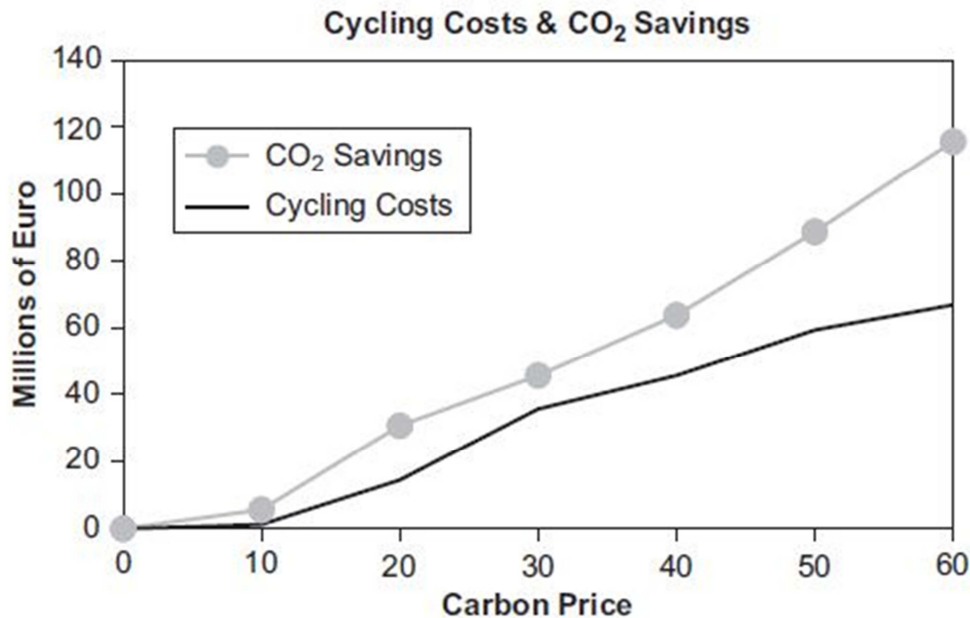


Abbildung 4: Ergebnisse Szenario 1 (reine Brennstoffkosten)

Quelle: Denny, O'Malley 2009, Seite 1207

Die Autoren fassen diese Ergebnisse kurz und prägnant zusammen: „This plot illustrates an alarming result, that the additional cycling costs outweigh a large proportion of the CO₂ saving benefits.“ Bei einem CO₂-Preis von € 30/t betragen die Cycling Costs zum Beispiel rund 78 Prozent der insgesamt eingesparten CO₂-Kosten. Der hohen Anstieg der Cycling Costs erklärt sich durch die sinkende Effizienz der im Betrieb stehenden Generatoren. Während die kohlebetriebenen Generatoren bei einem CO₂-Preis von € 0/t eine Auslastung von 95 Prozent erreichen, führt der steigende CO₂-Preis kontinuierlich zu sinkenden Kapazitätsquoten. Bei einem CO₂-Preis von € 20/t liegt die Kapazität bereits nur mehr bei rund 35 Prozent. Die gestiegenen CO₂-Preise veranlassen die Betreiber, die Generatoren

⁶⁸ Die eingesparten CO₂-Kosten wurden anhand einer Multiplikation der tatsächlich eingesparten Menge von CO₂ mit den CO₂-Preisen errechnet.

letztendlich immer seltener zu verwenden, was jedoch wiederum zu höheren Cycling Costs führt, und somit einen großen Teil der eingesparten CO₂-Zertifikate konterkariert.

Bei Berücksichtigung der gesamten Cycling Costs – also auch der Verschleiß- und Instandhaltungskosten – kommt es zu einer markanten Verschiebung der Ergebnisse:

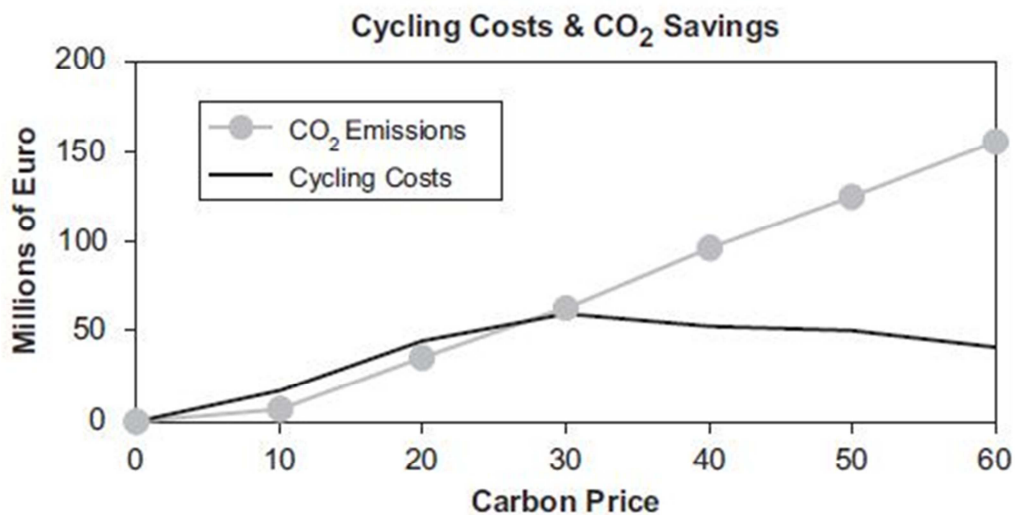


Abbildung 5: Ergebnisse Szenario 2 (Brennstoff- und Nebenkosten)

Quelle: Denny, O'Malley 2009, Seite 1208

Wie bereits im ersten Szenario beschrieben, führt die Einführung von CO₂-Zertifikaten zuerst zu einem Anstieg der Cycling Costs. Angesichts des Preisdrucks durch die CO₂-Zertifikate, werden CO₂-intensive Generatoren wie z.B. mit Kohle betriebene, immer öfter herunter- und hinaufgefahren. Ab einem CO₂-Preis von rund € 30/t wird der Betrieb der Kohlekraftwerke immer unwirtschaftlicher und sie werden seltener in Betrieb genommen. Bis ihre Verwendung gänzlich durch andere Generatoren ersetzt wird.

Trotz dieses umweltpolitisch erfreulichen Ergebnisses, muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass bei der Betrachtung aller Cycling Costs, diese die eingesparten CO₂-Kosten übersteigen können. Erst ab einem CO₂-Preis von rund € 30/t und dem damit einhergehenden immer geringeren Einsatz von CO₂-intensiven Kohlekraftwerken, fallen die Cycling Costs unter die eingesparten CO₂-Kosten.

Alle von den Autoren beschriebenen Szenarien⁶⁹ zeigen, dass die Cycling Costs einen großen Teil der eingesparten CO₂-Kosten wieder ausgleichen. Ein Blick auf die gegenwärtige Ausstattung der europäischen Stromindustrie veranschaulicht die Wichtigkeit dieser Ergebnisse:

Eine Studie⁷⁰ aus dem Jahr 2006 brachte zutage, dass in der EU-25 rund 62 Prozent der betriebenen Kraftwerke ein Alter von mehr als 20 Jahren aufwiesen. Von diesen werden rund 45 Prozent mit Kohle betrieben und rund 15 Prozent mit Erdöl. Wie in der Einleitung zu diesem Exkurs erwähnt, ist speziell bei Grundlastkraftwerken mit hohen Cycling Costs (wegen hoher Verschleiß- und Instandhaltungskosten) zu rechnen.

Da genau diese Kraftwerke im besonderen Maße von der Einführung von CO₂-Zertifikaten betroffen sind, fordern die Autoren, dass: „in any cost-benefit analysis of carbon mechanisms the likely cost of increased cycling of these aging coal units should be included“.

Nach diesem Exkurs über den Einfluss von CO₂-Preisen auf die Cycling Costs, widmet sich die im folgenden Kapitel vorgestellte Studie mit einer oftmals als Zukunfts- und Hoffnungstechnologie gehandelten Energiegewinnung: Der Windenergie.

⁶⁹ Neben den beiden in dieser Arbeit vorgestellten Szenarien, untersuchten die Autoren auch Szenarien mit gestiegener/gesunkener Stromnachfrage, hohen/niedrigen Gaspreisen,...

⁷⁰ Als Quelle für die Daten nennen Denny und O'Malley hier: Kjærstad und Johnsson 2006

3.5 Can the future EU ETS support the wind energy investments?

Einleitung

In ihrer Studie⁷¹ widmen sich die beiden Autoren Maria Isabel Blanco und Gloria Rodrigues der Frage, inwieweit das EU ETS Investitionen im Bereich der Windenergie fördere. Allgemein gelten CO₂-neutrale Energieformen wie Wind, Wasser und Solar als eine der Zukunftshoffnungen für eine mittel- bis langfristige Reduktion des CO₂-Ausstosses im Bereich der Energiegewinnung. Neben diverser Maßnahmen und Nachrüstungen von bereits bestehenden CO₂-intensiven Kraftwerken⁷², sollte das EU ETS eine deutliche dynamische Anreizwirkung für den vermehrten Einsatz von CO₂-neutralen Kraftwerken bringen. Vor diesem Hintergrund erscheint mir die von den Autoren untersuchte Frage als wichtig und zukunftsweisend.

Um den Einsatz alternativer Energieträger stärker zu forcieren und attraktiver zu gestalten, kommen in zahlreichen EU-Ländern nebst des EU ETS auch zahlreiche andere Förderprogramme zum Einsatz: „At the moment, wind and the other RES-e benefit from some type of rewarding in the form of feed-in tariff, premium over the electricity price, green certificate or tax rebate.“⁷³

Wie auch in dieser Arbeit mehrmals erwähnt, sollte ein nachhaltig gestaltetes und effizient umgesetztes EU ETS alternativen Energieformen einen großen Kostenvorteil hinsichtlich des Bezuges von CO₂-Zertifikaten einräumen: „A strong CO₂ price could indeed become an additional incentive for the development of renewable energies, including wind. The question is whether this is enough to suppress any other form of support and whether the simplification really helps improve the coherence of the overall legislative package.“⁷⁴ Kurz und bündig lässt sich diese Frage wie folgt formulieren: „One interesting aspect is the discussion on whether the EU ETS market, if adequately implemented, would create enough incentives for wind energy to develop without the need of further financial support.“⁷⁵

Übersicht über die Förderprogramme und Ergebnisse

⁷¹ Blanco M.I., Rodrigues G., 2008. Can the future EU ETS wind energy support wind energy investments? Energy Policy 36, 1509-1520

⁷² Siehe dazu das Kapitel zur CCS-Technologie

⁷³ Blanco und Rodrigues Seite 1512

⁷⁴ Blanco und Rodrigues Seite 1512

⁷⁵ Blanco und Rodrigues Seite 1511

Um den Status quo der unterschiedlichen nationalen Förderprogramme zu erheben, griffen die Autoren auf die Zahlen aus dem Jahr 2006 zurück. Bei einem Vorhandensein von Einspeisetarifen wurde auf den Preis pro kWh zurückgegriffen. Bei der Existenz von anderen Fördermaßnahmen, kamen die bestmöglichen Vergleichsgrößen und Indikatoren zum Einsatz.

Um die Kostenvorteile hinsichtlich der CO₂-Zertifikate zu erfassen, stützten sich die Autoren auf folgende Annahme. Die Windkraftwerksbetreiber verkaufen die von ihnen gewonnene Energie zu den regulären Spot-Preisen. Auf der Gegenseite erhalten sie aliquot zu der produzierten Energie CO₂-Gutschriften⁷⁶. Diese gewonnenen CO₂-Gutschriften werden wiederum verkauft.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die gewonnenen Ergebnisse.

	Wind incentive €/kWh in 2006	Spot price €/kWh in 2006	Difference support—electricity price €/kWh in 2006	CO ₂ price €/ton needed
Austria	0.078	0.057	0.021	26.34
Belgium	0.075	0.057	0.018	22.61
Bulgaria	0.087	0.057	0.030	37.16
Cyprus	0.070	0.057	0.013	16.02
Czech Rep	0.090	0.057	0.033	41.26
Denmark	0.036	0.057	-0.021	-25.52
Estonia	0.077	0.057	0.020	24.78
Finland	0.007	0.057	-0.050	-62.08
France	0.084	0.057	0.027	33.30
Germany	0.090	0.057	0.033	40.64
Greece	0.074	0.057	0.017	21.24
Hungary	0.096	0.057	0.039	48.22
Ireland	0.058	0.057	0.001	0.85
Italy	0.185	0.057	0.128	159.40
Latvia	0.025	0.057	-0.032	-39.57
Lithuania	0.063	0.057	0.006	7.69
Luxembourg	0.025	0.057	-0.032	-39.57
Malta	n.a.	0.057	n.a.	n.a.
Netherlands	0.085	0.057	0.028	35.04
Poland	0.090	0.057	0.033	41.26
Portugal	0.082	0.057	0.025	31.31
Romania	0.085	0.057	0.028	35.04
Slovakia	0.085	0.057	0.028	35.29
Slovenia	0.060	0.057	0.003	3.52
Spain	0.093	0.057	0.037	45.49
Sweden	0.076	0.057	0.019	23.85
UK	0.077	0.057	0.020	24.47

Tabelle 8: Vergleich Förderprogramme Windenergie mit errechneten CO₂-Preisen

Quelle: Blanco, Rodrigues 2008, Seite 1513

⁷⁶ Die Anzahl des bei der Windenergie eingesparten CO₂ basiert auf dem International Energy Agency Outlook Report 2006.

Bereits ein erster Blick auf die Tabelle zeigt eine große Diskrepanz hinsichtlich der Fördermaßnahmen in den einzelnen EU-Ländern. Zudem bedeuten die in der ganz rechten Spalte errechneten CO₂-Preise nicht unbedingt ein für Windenergie förderliches Umfeld. Vielmehr orientieren sie sich an nationalen Fördermaßnahmen. Die CO₂-Preise sollen lediglich den Status quo aufrecht erhalten.

Ein Blick auf die neuen Windkapazitäten im Jahr 2006 zeigt, dass offensichtlich nur in einigen EU-Ländern wirklich ein förderliches Umfeld für diese alternative Energiegewinnung bestand. So zeichneten die „Musterschüler“ Deutschland, Spanien, Frankreich, Portugal, UK und Italien allein für über 80 Prozent der Neuanlagen verantwortlich. Für diese Gruppen von Ländern liegen die errechneten CO₂-Preise zwischen rund 25 und € 160/t. Hierbei muss aber berücksichtigt werden, dass die beiden Ausreißer Italien (rund € 160/t CO₂) und UK (rund € 25/t CO₂) gemeinsam für lediglich knapp 14 Prozent der Neuanlagen verantwortlich waren. Mit einem Fokus auf die beiden Schwergewichte Deutschland (rund 30 Prozent der neuen Kapazitäten) und Spanien (rund 20 Prozent) zeigt sich, dass ein Preis von rund € 40/t CO₂ notwendig gewesen wäre, um die Förderprogramme zu ersetzen. Dieses Ergebnis liegt jedoch deutlich über den tatsächlichen historischen Preisen für CO₂-Zertifikate.

Neben der Tatsache, dass die historischen CO₂-Preise deutlich unter den notwendigen Ergebnissen liegen, um die Fördermaßnahmen zu ersetzen, werden die CO₂-Preise durch einen zweiten Faktor belastet.

Die oben beschriebenen Ergebnisse wurden jedoch ohne die Berücksichtigung eines wesentlichen Faktors berechnet: Preisstabilität. Viele der nationalen Förderprogramme greifen auf langfristig gebundene Einspeisetarife als Anreiz für Investitionen in Windenergie zurück. Bei den sechs oben erwähnten „Musterschülern“ bieten gleich vier einen langfristig gebundenen Einspeisetarif für 10 bis 25 Jahre an. Die konkrete Dauer der fixen Einspeisetarife hängt vom Land und der Größenordnung des Projektes ab. Diese Regelung bietet den Betreibern der Windkraftanlagen die Sicherheit von leicht zu kalkulierenden und relativ fixen Einnahmen für mehrere Jahre, und steht im krassen Gegensatz zu der großen Volatilität der CO₂-Preise im beobachteten Zeitraum.

Abschließende Bemerkungen und Resümee

Abschließend stellen die beiden Autorinnen nüchtern fest: „The EU ETS market can constitute a valuable tool to reduce CO₂ emissions and at the same time encourage wind energy investments, provided that a number of flaws in its current design are solved“⁷⁷. Als Schwäche des Designs des EU ETS identifizieren Blanco und Rodrigues: Die Überallokation mit CO₂-Zertifikaten, der politische nationale Einfluss (bei der Erstellung der Nationalen Allokationspläne), das Fehlen einer Gesamtauktion aller CO₂-Zertifikate und die Nichtbeachtung weiterer großer emittierender Sektoren (wie z.B. Verkehr und im Konkreten die Luftfahrt). Neben all diesen Problemen, die auch bereits schon von anderen Autoren erwähnt worden sind, weisen die Autorinnen noch auf einen anderen Umstand hin.

Aus ihrer Sicht bringt der Einsatz von Windenergie zusätzliche „societal benefits“ mit sich, denen das EU ETS nur ungenügend bis gar nicht Rechnung trägt. So trägt der Einsatz von Windenergie wesentlich zur Versorgungssicherheit im Energiesektor der EU bei. Vor diesem Hintergrund könnten die massiven Importe von Energie und Brennstoffen in der EU gesenkt werden. Daneben würde eine stärkere Diversifizierung des Technologieportfolios für die Energiegewinnung die Gesamtkosten und Risiken verringern.

Des Weiteren wird auf den positiven Effekt der Windenergie als Jobcreator eingegangen. Allein in Spanien können für 2006 rund 31.000 Arbeitsplätze direkt auf die Windenergie zurückgeführt werden. Für Deutschland und Dänemark liegen die Zahlen bei 64.000 und 21.600. Der Einsatz von Windenergie hat auch einen positiven Einfluss auf die lokalen Gemeinden. So seien hier „beneficial effects in terms of diversification of the economic base, higher income to the local population through the rent received by the owners of the land – often public land – and a general boost to the economy through the multiplier effect“⁷⁸ zu beobachten.

Schlussendlich wird auch darauf hingewiesen, dass die Subventionen und Förderungen für erneuerbare Energie deutlich geringer als jene für konventionelle fossile Brennstoffe sind. Mit Verweis auf eine Schätzung der European Environment Agency⁷⁹ erhalten die erneuerbaren Energien lediglich 20 Prozent der Subventionen. Der überwiegende Teil fließt in die

⁷⁷ Blanco und Rodrigues Seite 1518

⁷⁸ Blanco und Rodrigues Seite 1518; Die Autorinnen verweisen hier auf einen internationalen Vergleich von Department of Industry and Trade (DTI), 2005.

⁷⁹ European Environment Agency (EEA), 2004

Energiegewinnung abseits der erneuerbaren Energieformen: „This support can be explicit (as it is the case of subsidies to the coal industry or to extensive nuclear research programmes) or implicit (funding of energy infrastructure, paid using government budgets; the use of Structural Funds Interventions and Cohesion Funds, etc.) “. ⁸⁰

Nach der Betrachtung von sowohl technologie-spezifischen als auch Gesamtsektorstudien stellte sich die Frage, ob diese einen gemeinsamen Nenner hinsichtlich der dynamischen Anreizwirkung für einen technologischen Wandel des EU ETS haben. Das folgende Kapitel soll die Ergebnisse und Forderungen der hier im Detail vorgestellten Artikel zusammenfassen.

⁸⁰ Blanco und Rodrigues Seite 1512

4. Resümee und Schlussfolgerungen

Ausgangspunkt für diese Arbeit war die Frage nach der dynamischen Anreizwirkung für einen technologischen Wandel im Rahmen des EU ETS. Zu Beginn habe ich mir folgende Fragen gestellt:

- Welchen dynamischen Anreiz für einen technologischen Wandel hat das EU ETS in den ersten beiden Perioden (2005-2012) gebracht?
- Ist dieses Instrument für die Erreichung dieses Teilzieles richtig konzipiert? Ist der technologische Wandel allein auf das EU ETS zurückzuführen, oder spielen hier auch andere Faktoren eine bedeutende Rolle?

Bevor ich mich konkret der Beantwortung der einzelnen Fragen widme, möchte ich noch einige allgemeine Gedanken zu diesem Thema und der von mir verwendeten Literatur festhalten.

Bereits bei der Recherche und dem Einlesen hat es sich gezeigt, dass zahlreiche unterschiedliche Betrachtungs- und Zugangsweisen zu diesem Thema in der Literatur vorhanden sind. Angefangen von einer Gesamtsektoranalyse auf nationaler Ebene als auch auf multinationaler; finden sich daneben auch Studien mit Fokus auf einen bestimmten technologischen Teilaspekt, wie z.B. die Windenergie. Wichtig erscheint mir in diesem Zusammenhang, dass eine Reduktion der Emission von Treibhausgasen nicht ausschließlich durch den Einsatz von „grünen“ und erneuerbaren Energieformen wie z.B. Solar- oder Windkraft erreicht werden kann. Wie in der Arbeit von Abadie und Chamorro aufgezeigt, gibt es auch für mit fossilen Brennstoffen befeuerte Kraftwerke Technologien und Möglichkeiten, den Ausstoß von CO₂ zu verringern.

Diese große Anzahl an unterschiedlichsten Technologien, die für die Vermeidung von CO₂-Emissionen in Frage kommen, resultiert in einer hohen technologischen Komplexität der Literatur. So finden sich zahlreiche technologisch bedingte Besonderheiten, wie z.B. das Thema der Cycling Costs. Diese technologischen Eigenheiten steigern auch die Komplexität hinsichtlich der ökonomischen Beurteilung der Effizienz einer konkreten Technologie.

Auf den ersten Blick scheint ein forcierter Einsatz von erneuerbaren Energieträgern als das einzig geeignete Mittel, um mittel- und langfristig den CO₂-Ausstoß bei der

Energiegewinnung zu senken. Bei näherer Betrachtung und unter der Berücksichtigung von betriebswirtschaftlichen Aspekten, relativiert sich jedoch deren scheinbar uneinholbarer Vorteil gegenüber Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen. Dieser Vorteil wird zudem noch durch den enormen Energiebedarf Europas relativiert. So stellt sich für mich Frage, ob z.B. der geplante Atomausstieg Deutschlands allein durch den Einsatz erneuerbarer Energie aufgefangen werden kann.

Auf der Gegenseite werben erneuerbare Energien mit dem Senken der Abhängigkeit von Energieimporten außerhalb der EU und der Schaffung neuer Greenjobs. Doch auch im großen Stil mit erneuerbaren Energien betriebene Kraftwerke, sind nicht mehr gänzlich ohne Fehl und Tadel. So finden sich immer wieder Medienberichte über die negative Umweltwirkung von Windkraftwerken (Lärm bei Menschen, Einfluss auf Vögel,...).

An dieser Stelle soll nun nicht weiter auf den Aspekt der technologischen Komplexität eingegangen werden, da das Hauptaugenmerk dieser Arbeit auf dem EU ETS und dessen dynamischem Anreiz für einen technologischen Wandel auf Seiten der Energiegewinnung liegt.

Welchen dynamischen Anreiz für einen technologischen Wandel hat das EU ETS in den ersten beiden Perioden gebracht?

Trotz unterschiedlicher Ansätze und verwendeter Methoden, bescheinigen die hier vorgestellten Arbeiten dem EU ETS in den ersten beiden Perioden einen nur geringen und enttäuschenden Einfluss. Klarer formuliert, generieren die vorliegenden Arbeiten den Eindruck, als hätte der in der Theorie postulierte Vorteil des Instrumentes der Emissionszertifikate, im Rahmen des EU ETS nicht realisiert werden können.

Als einer der Hauptgründe werden in der Literatur oftmals zu geringe CO₂-Preise genannt. So zeigt z.B. die Arbeit von Blanco und Rodrigues die große Diskrepanz bei der Windenergie, um die gängigen Einspeisetarife (und andere Fördermaßnahmen) zu ersetzen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch die anderen Autoren.

Ist dieses Instrument für die Erreichung dieses Teilzieles richtig konzipiert?

Speziell in den ersten Jahren des EU ETS haben die CO₂-Preise einen dramatischen Verfall erlitten. So kam es im Frühjahr 2006 zu einem massiven Preiseinbruch, nachdem bekannt wurde, dass in Frankreich im Vorjahr zu viele CO₂-Zertifikate vorhanden waren.

Als Hauptursachen für diese Entwicklung findet in mehreren Studien ein zu laxes Design hinsichtlich der Anfangsausstattung mit Zertifikaten Erwähnung. In diesem Kontext schneidet vor allem die aus politischen Motiven getroffene Entscheidung für ein Grandfathering besonders schlecht ab. Auch wenn durch den Einsatz eines Grandfathering hierfür womöglich erst die entscheidende Akzeptanz in der Industrie für den Einsatz des EU ETS erkaufte wurde, geschah dies zu einem sehr hohen Preis. Speziell unter Berücksichtigung der hierbei oftmals erwähnten Windfall-Profits war dieser Preis womöglich zu hoch.

Daneben werden auch die großzügig gestalteten NAP (Nationalen Allokationspläne) in diesem Zusammenhang erwähnt. So orientierte sich die Anzahl der frei zugeteilten Zertifikate am CO₂-Ausstoß in der Vergangenheit. Den großen negativen Einfluss dieser beiden Tatsachen illustriert einer der Interview-Partner von Rogge et al sehr schön. So antwortet dieser hinsichtlich des Einflusses des EU ETS auf deutsche Kohlekraftwerke: „In 2005 every power plant was profitable thanks to the free allocation“⁸¹.

An dieser Stelle muss aber zu Verteidigung der theoretischen Betrachtung der Vorteile des Instrumentes der Emissionszertifikate erwähnt werden, dass bereits in der Anfangsphase des EU ETS die theoretische Literatur das Grandfathering kritisiert hatte. So sieht Alfred Endres⁸² in einem Artikel von 2005: „Regarding the procedure used to initially allocate permits, the picture regarding dynamic push is analogous to the one described above regarding cost effectiveness: Auctions are better at inducing technical change than grandfathering“⁸³. Denn, so Endres weiter: „It is known from the literature that allocation procedures of the kind used in the EU system create distortions like an output subsidy“⁸⁴. Begründet werden die Vorteile einer Auktion gegenüber dem Grandfathering mit der Möglichkeit einer doppelten Dividende. Neben der finanziellen Belastung von großen CO₂-Emittenten würden die Versteigerungserlöse eine zusätzliche „Dividende“ beinhalten. Denn aus den

⁸¹ Rogge, K.S., Schneider, M., Hoffmann, V.H., 2011. Seite 518

⁸² Endres und Ohl 2005

⁸³ Endres und Ohl 2005. Seite 29

⁸⁴ Endres und Ohl 2005. Seite 28 -

Auktionseinnahmen könnten Förderprogramme und weitere finanzielle Anreize für den technologischen Wandel gespeist werden⁸⁵.

Der Ruf nach einer vollständigen Auktion und der damit verbundenen Möglichkeit, diese doppelte Dividende für zusätzliche Fördermaßnahmen zu nützen, ertönt auch in zahlreichen anderen Studien.

Da natürlich noch empirische Daten zu einer vollständigen Auktion der Emissionszertifikate fehlen, können lediglich die von Rogge et al. gesammelten Interviewantworten als Zukunftsindikator heran genommen werden: „The fear of 100 percent auctioning after 2012 has led to sharply increased interest from utilities“⁸⁶, so ein Energieversorger bezüglich der F&E-Ausgaben für CCS-Technologien. Diese Antwort ist jedoch mit Vorsicht zu genießen, denn an anderer Stelle relativieren die Interviewpartner diese Aussage doch deutlich: „The introduction of 100 percent auctioning exercises [...] pressure on the coal projects, but no project is completely called into question because of auctioning.“⁸⁷

Forderungen für die Zukunft des EU ETS

Abseits der oben bereits besprochenen Forderung nach einer Ablöse des Grandfathering durch eine vollständige Auktion der Zertifikate, stellen die in dieser Diplomarbeit näher beleuchteten Artikel noch eine Reihe von zusätzlichen Empfehlungen auf. Diese lassen sich grob in Empfehlungen direkt das EU ETS betreffend und ergänzende Maßnahmen teilen.

Als eines der Hauptprobleme beschreiben alle Autoren, wie mehrfach gesagt, die zu niedrigen CO₂-Preise. Die Ursache dafür wird nicht nur in der kostenfreien Überallokation (siehe Grandfathering und NAP), sondern auch in den laxen Emissionscaps gesehen. So sehen die Autoren – neben der Einführung einer vollständigen Auktion – in einer deutlichen Reduktion der Emissioncaps ein probates Mittel, um die CO₂-Preise zu erhöhen. Denn dadurch soll sichergestellt werden, dass die höheren Preise jenen ökonomischen Anreiz bieten, der notwendig ist, einen strukturellen Wandel der europäischen Energieindustrie herbeizuführen. Daneben empfehlen sie, ein spezielles Augenmerk auf die einzelnen Ausnahmeregelungen für diverse Länder und Branchen zu legen.

⁸⁵ So zeigen Studien über das US SO₂-Zertifikateregime, dass bei Einsatz einer Auktion die gewünschten Ziele deutlich billiger zu erreichen sind als beim Grandfathering. Siehe dazu Goulder und Parry, 1997

⁸⁶ Rogge, K.S., Schneider, M., Hoffmann, V.H., 2011. Seite 516

⁸⁷ Rogge, K.S., Schneider, M., Hoffmann, V.H., 2011. Seite 518

Abseits des Emissionshandelsregimes erkennen die Autoren noch eine Reihe von sinnvollen Maßnahmen zu Förderung des technologischen Wandels. So sieht das Autorenteam rund um Rogge, Schneider und Hoffmann den Einfluss von zahlreichen Nebenfaktoren auf den technologischen Wandel als eine der Haupteckdaten ihrer Untersuchungen. Als Konsequenz daraus, fordern sie daher langfristige Klimaziele als Ergänzung zum Emissionshandel. Wie sie betonen, bieten langfristige Klimaziele (über das Jahr 2020 hinaus) einen wichtigen Orientierungspunkt für den Bereich der Forschung und Entwicklung. Dieser ist vor dem Hintergrund der langen Zyklen der Energiebranche und der hohen Unsicherheit im F&E-Bereich eine wichtige Ergänzung zum EU ETS. Um die Orientierungsfunktion dieser langfristigen Ziele zu gewährleisten, müssen sie klar formuliert und die eingesetzten Instrumente (wie z.B. der Zertifikatehandel) in Einklang mit diesen gebracht werden.

Eine weitere wichtige Bedeutung wird auch speziellen Fördermaßnahmen zugesprochen. So hat das EU ETS in ersten beiden Perioden teilweise sogar zu einer „Versteifung“ in fossile Brennstoffe geführt. Um zu verhindern, dass die europäische Energiepolitik und Industrie ihren Weg der fossilen Brennstoffe nicht weiter fortsetzt, fordern die Autoren Forschungsschwerpunkte, welche die langfristigen Klimaziele widerspiegeln. In diesem Zusammenhang soll nochmals an die Aussagen von Blanco und Rodrigues hinsichtlich der Verteilung der öffentlichen Subventionen erinnert werden. So erhalten die erneuerbaren Energieformen nur rund 20 Prozent der europäischen Subventionen.

Als eine finanzielle Quelle für diese Fördermaßnahmen werden von zahlreichen Autoren die Einkünfte der Zertifikateauktion genannt. Damit soll eine doppelte Dividende eingefahren werden, um den neuen emissionsvermeidenden Technologien zur Marktreife und Durchbruch zu verhelfen.

Als Abschluss dieser Diplomarbeit möchte ich noch einen kurzen Ausblick auf mögliche Forschungs-Schwerpunkte und -Felder der Zukunft geben.

Ausblick auf zukünftige Forschungsschwerpunkte

Für die zukünftige Erforschung der Frage nach der dynamischen Anreizwirkung für einen technologischen Wandel des EU ETS, drängen sich vor allem die folgenden beiden Aspekte auf:

- Zum einen eine detaillierte quantitative Analyse der laufenden zweiten Periode des EU ETS von 2008-2012. Die im Rahmen dieser Diplomarbeit vorgestellten Studien befassen sich größtenteils mit einem Datenmaterial, welches in der ersten Periode des EU ETS erhoben wurde. Auch die rezenten Arbeiten greifen in der Regel auf Daten aus spätestens dem Jahr 2009 zurück. Auch wenn z.B. Abadie und Chamorro mit Futures Kontrakten arbeiten, die erst im Dezember 2012 fällig werden, stammen die Preise doch aus früheren Zeitpunkten. Daher erscheint mir eine detaillierte Analyse der zweiten Periode aufbauend auf den historischen Preisen als lohnenswert.

- Daneben kristallisiert sich in vielen Studien die Frage nach der anstehenden dritten Periode (ab 2013) als wichtiges Forschungsfeld der Zukunft heraus. Spannende und offensichtliche Fragen sind z.B.: Welchen Einfluss wird die geplante vollständige Auktion der CO₂-Zertifikate haben? Inwieweit wird die Berücksichtigung anderer emittierender Sektoren im EU ETS die Entwicklung der Energiebranche beeinflussen?

Ergänzend zu diesen Punkten sieht das Autorenteam Rogge, Schneider und Hoffmann, dass die Rolle der langfristigen Reduktionsziele generell deutlich unterrepräsentiert in der wissenschaftlichen Debatte ist. Speziell vor dem Hintergrund der aktuellen Debatte, ein Post-Kyoto-Ziel (über das Jahr 2020) zu formulieren, stellt dies sicher einen interessanten Forschungspunkt für die Zukunft dar.

Der umfassendste Überblick über den aktuellen Stand der Publikationen, den ich im Rahmen meiner Recherche finden konnte, stammt von Yue-Jun Zhang und Yi-Ming Wei⁸⁸. Neben dem bereits Erwähnten, sehen sie im Kontext des EU ETS noch eine Reihe von weiteren lohnenden Forschungspunkten abseits des technologischen Wandels. Stellvertretend für die Mannigfaltigkeit dieses Themas, soll hier abschließend nur ein Punkt erwähnt werden, um dem Leser noch einen ganz anderen Zugang zum Themenkreis der ökonomischen Analyse des EU ETS aufzuzeigen: „The influence evaluation of the EU ETS on socio-economy complex systems“⁸⁹.

⁸⁸ Zhang, Y., Wei, Y., 2010. An overview of current research on EU ETS: Evidence from its operating mechanism and economic effect. *Applied Energy* 87, 1804-1814

⁸⁹ Zhang, Y., Wei, Y., 2010, Seite 1812

Literaturverzeichnis

Abadie, L.M., Chamorro, J.M., 2008. European CO₂ prices and carbon capture investments. *Energy Economics* 30, 2992-3015.

Azar, C., Sanden, B.A., 2011. The elusive quest for technology-neutral policies. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1, 135-139.

Blanco M.I., Rodrigues G., 2008. Can the future EU ETS wind energy support wind energy investments? *Energy Policy* 36, 1509-1520.

Böhringer, C., Rosendahl, K.E., 2009. Green Serves the Dirtiest: On the Interaction between Black and Green Quotas. Working Paper, Statistics Norway, Oslo.

del Rio Gonzalez, P., 2008. Policy implications of potential conflicts between short-term and long-term efficiency in CO₂ emissions abatement. *Ecological Economics* 65, 292-303.

del Rio Gonzalez, P., 2009. The empirical analysis of the determinants for a environmental technological change: a research agenda. *Ecological Economics* 68, 861 -878.

Denny, E., MalaguzziValeri, L., FitzGerald, J., O'Malley, M., 2007. Carbon prices and asset degradation a costly combination for electric power systems. In: *Proceedings of the IAEE International Conference*, Wellington, New Zealand.

Denny E., O'Malley, M., 2009 .The impact of carbon prices on generation-cycling costs. *Energy Policy* 37, 1204-1212.

Department of Industry and Trade (DTI), 2005. „Community benefits from wind power. A Study of UK practice and comparison with leading European countries. Report to the Advisory Board and to the DTI“. URN number 05/1322.

Dutton, J.E., Jackson, S.E., 1987. Categorizing strategic issues: links to organizational action. *The Academy of Management Review* 12, 76-90.

Ellermann, A.D., 2008. New entrant and closure provisions: how do they distort? *The Energy Journal* 29, 63-76.

Ellerman, A.D., Buchner, B.K., 2007. The European Union emissions trading scheme: origins, allocation, and early results. *Review of Environmental Economics and Policy* 1, 66-87.

- Endres, A., 2007. Umweltökonomie. 3. Auflage, Stuttgart.
- Endres, A., Ohl, C., 2005. "Kyoto, Europe?-An Economic Evaluation of the European Emission Trading Directive." *European Journal of Law and Economics* 19, 17-39.
- European Commission, 2010. The EU Climate and Energy Package.
- European Environment Agency (EEA), 2004. Energy Subsidies in the European Union: a brief overview. EEA Technical Report.
- Goulder, I. H., Parry, I. W. H., Burtraw, D., 1997. Revenue Raising versus other Approaches to Environmental Protection". *RAND Journal of Economics* 28, 708-731.
- Goulder, L.H., Parry, I.W.H., 2008. Instrument choice in environmental policy. *Review of Environmental Economics and Policy* 2, 152-174.
- Hoffmann, V.H., 2007. EU ETS and investment decisions: the case of the German electricity industry. *European Management Journal* 25, 464 – 474.
- Kaplan, S., Tripsas, M., 2008. Thinking about Technology: applying a cognitive lens to a technical change. *Research Policy* 37, 790-805.
- Kemp A.G., Kasim A.S., 2008. A least-cost optimisation model of CO₂ capture applied to major UK power plants within the EU ETS framework. *Energy Journal* 28, 99-134 Special Issues.
- Kjärstad, J., Johnsson, F., 2006. „The European power plant infrastructure-presentation of the Chalmers energy infrastructure data base with applications“. *Energy Policy* 5, 3643-3664.
- Lefton, S., Besuner, P., Grimsrud, G, 1997. Understand what it really costs to cycle fossil-fired units. *Power* 141 (2), 41-42.
- March, J.G., Simon, H.A., 1958 *Organizations*, Wiley, New York.
- Nooteboom, B., 2009. *A Cognitive Theory of the Firm Learning, Governance and Dynamic Capabilities*. Edward Elgar, Cheltenham.
- Rogge, K.S., Hoffmann, V.H., 2010. The impact of the EU ETS on the sectoral innovation system of power generation technologies – Findings for Germany. *Energy Policy* 38, 7639 – 7652.

Rogge, K.S., Schneider, M., Hoffmann, V.H., 2011. The Innovation impact of the EU Emission trading System – Findings of company case studies in the German Power sector. *Ecological Economics* 70, 513 -523.

Sagar, A.D., van der Zwaan, B. 2006. Technological innovation in the energy sector: R&D, deployment, and learning-by-doing. *Energy Policy* 34, 2601 – 2608.

Schmidt T.S., Schneider M., Rogge K.S., Schuetz M.J.A., Hoffmann V.H., 2012. The effects of climate policy on the rate and direction of innovation: A survey of the EU ETS and the electricity sector. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 2, 23– 48.

Sijm, J., 2005. The interaction between the EU emission trading scheme and national energy policies. *Climate Policy* 5,79-96.

Teng, F., Tondeur, D., 2007. „Efficiency of carbon storage with leakage: physical and economical approaches. *Energy* 32, 540-548.

Vollebergh, H., 2007. Impacts of Environmental Policy Instruments on Technological Change. OECD, Paris.

Zhang, Y., Wei, Y., 2010. An overview of current research on EU ETS: Evidence from its operating mechanism and economic effect. *Applied Energy* 87, 1804-1814.

Anhang

Detailliere Auswahl der Antworten aus Rogge, K.S., Schneider, M., Hoffmann, V.H., 2011.
The Innovation impact of the EU Emission trading System – Findings of company case studies in the German Power sector.

Key findings on RD&D impact of EU ETS and exemplary quotes

EU ETS strongly increased CCS RD&D activities of large-scale incumbents.

- “The commercialization of CCS – pilot and demonstration projects – is conditional upon the operationalization of the EU ETS; otherwise neither power generators nor technology providers would get heavily involved.” [technology provider = TP]
- “The only reason you do [CCS RD&D] is because avoiding CO₂ represents a value and you can say that from a certain CO₂ price upwards, the additional consumption of resources [coal, money] is worth it.” [power generator =PG]

Coal efficiency RD&D accelerated due to EU ETS and CCS efficiency losses.

- “To be able to do this CO₂ separation, [...] [it is] extremely important to have the highest possible efficiency. This is why CO₂ trading is a really important point.” [PG]
- “The 700°C technology would have probably happened even without emission trading. Lignite drying, on the other hand [...] would probably not have been pushed as hard without the EU ETS. Compensating the efficiency losses of CCS is now the next step.” [PG]

EU ETS only marginally adds to fuel prices and fierce competition which remain the main drivers for gas efficiency RD&D.

- “Gas only profits additionally from ETS, ETS is not the trigger for R&D!” [TP]
- “So far, efficiency increases [have] been linked to fuel prices, now CO₂ is added as a new factor [...] [but] gas is already quite advanced [...] the R&D budget is very high because there has already been a lot of stiff competition.” [TP]

Direct EU ETS impact on RD&D for wind and other renewables negligible, but indirect contribution to acceleration of technological progress through increased adoption.

- “The CO₂-price is too low to determine the course, but we are watching it.” [TP]
- “The decision to say that renewable energies make up a significant share of generation – in our portfolio – then automatically leads to everything to do with research and development receiving higher priority.” [PG]

Key findings on adoption impact of EU ETS and exemplary quotes

Initially, spike in planned large-scale coal power plants due to free allocation; decreased profitability due to 100% auctioning not as decisive for cancellations as increased equipment prices and lack of public acceptance.

- “In 2004 [before the start of the EU ETS] and today [November 2008] the premises [for building our new coal-fired power station] were strongly driven by electricity supply shortages, in Phase 1 [2005–07], in contrast, they were profit-driven. [...] the [EU Commission's] decision against the 14a rule almost overturned this.” [PG]
- “Decisive for the project termination [...] were [...] mainly [the increased] equipment prices, then market uncertainties, that is mainly coal prices and also CO₂ prices.” [PG]
- “Because of acceptance problems [we can see] coal investments are switching to countries where coal is approved, along the lines of: if necessary, I'll locate my coal power station in Romania or even outside the ETS zone.” [TP]

EU ETS impact on gas adoption weaker than expected due to comparatively high gas prices (relative to the CO₂ price) and problems in obtaining long-term gas contracts.

- “ETS is generally a factor for the choice of fuel, but gas and equipment prices are even more important and more uncertain.” [PG]
- “We made the decision in favour of coal for two reasons: first it was [...] more economic [than gas] and second, without a long-term contract, gas is politically too heavily dependent on one state.” [PG]

EU ETS additional direct and indirect driver for coal plant retrofits due to increased profitability of lifetime extension and/or efficiency increases.

- “The ETS has set a strong trigger to review the topics [...] [the retrofit measures] have become cost effective through the ETS”. [PG]

EU ETS and long-term climate policy indirectly contribute to shift in future portfolio towards renewables but investments would not materialise without public renewables support.

- “There is a portfolio effect which comes about indirectly via climate policy and directly due to the internal target of CO₂ neutrality. On individual concrete projects, in contrast, climate policy has limited influence.” [PG]
- “Climate policy played a massive role in getting into renewables because when [...] looking at the portfolio structure and then the climate targets formulated around us in the order of 50% by 2030 or 80% by 2050, then as a company you have to find a role there somewhere. [...] Emission trading doesn't go that far. But we can assume that policy makers will come up with some kind of instrument to implement these targets.” [PG]

- “The four main reasons for going into [offshore] wind are diversification, our renewal need, the CO₂ costs of fossil fuels [...] and thus competitive prices for wind, and the EEG [German feed-in law]. Without the EEG payment for offshore we would not have invested in it — this is the same for all other utilities, too.” [PG]

Key findings on organizational impact of EU ETS and exemplary quotes

EU ETS causes quick changes in routines within all power generators and to a lesser extent in technology providers with a diversified portfolio.

- “There have been quite a few organizational changes due to the introduction of the EU ETS. [...] CO₂ is integrated in investment appraisals [...] It is also a price factor in suggestions for improvements, both for saving potentials and for determining premiums”. [PG]
- “At the beginning, CO₂ was located in the long-term research division [...] the more concrete it became, the more it went into the product areas.” [TP]

Interpretation of EU ETS and support for renewables as operationalization of overarching long-term targets drives vision changes.

- “Until now, we have underutilized the opportunities [for renewables] which emerged from such a changed environment. [...] [We] coordinated corporate goals in agreement with EU targets.” [PG]
- “Two years ago CCS was not even mentioned in the annual strategy paper; last year it did get a mention, but only a weak one. This year, its share in the strategy paper has greatly increased. If policy pushes it even more, another quantum leap will take place. In a few years, CCS could account for at least 50% of turnover [...] — assuming demonstration plants are actually built in the future. At present, however, there is no doubt about this on the part of [power generators].” [TP]

Vision changes are followed by structural change towards renewables, but EU ETS only plays a minor indirect role.

- “[From 2007/8 on] there was a shift in perspective because people realised that there are problems with the market development and growth of traditional business and, on the other hand, that increased social and energy policy interest will definitely result in renewables playing a role in the long term and that even now they are already experiencing a shift towards core business, i.e. that you can earn good money with it.” [PG]
- “Based on a strategic study our board authorised the set-up of a CDM sourcing team 1.5 years ago [spring 2007]. [...] The motivation for this is the generation of credits for EU

ETS plants [...] We want to make full use of the 22% limit, because the [price] spread is still worth it [...] If climate continues to be an important topic, then we will extend our engagement.” [PG]

- “After the restructuring, renewables are now on a par with oil/gas etc. – that was not formerly the case, they used to be somewhere behind power stations – the topic of climate has had an impact on the organization.” [TP]

Detaillierte Datenübersicht aus Schmidt T.S., Schneider M., Rogge K.S., Schuetz M.J.A., Hoffmann V.H., 2012. The effects of climate policy on the rate and direction of innovation: A survey of the EU ETS and the electricity sector.

	Variable name	“Question asked”/variable constructed	Potential range	Power generators		Tech providers		Total sample	
				Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation
Dependent variables	Total adoption	“How has your total investment volume for new installations changed in the last five years (2005–2009) compared to the previous five year period (2000–2004)?”	$\{-2, \dots, 2\}$	0.54	1.24	—	—	—	—
	Fossil adoption	“How has your fossil investment volume for new installations changed in the last five years (2005–2009) compared to the previous five year period (2000–2004)?”	$\{-2, \dots, 2\}$	0.34	1.19	—	—	—	—
	Non-fossil adoption	“How has your non-fossil investment volume for new installations changed in the last five years (2005–2009) compared to the previous five year period (2000–2004)?”	$\{-2, \dots, 2\}$	0.44	0.93	—	—	—	—
	Total RD&D	“How has your total RD&D investment volume changed in the last five years (2005–2009) compared to the previous five year period (2000–2004)?”	$\{-2, \dots, 2\}$	0.68	1.07	0.91	0.93	0.87	0.96
	Fossil RD&D	“How has your fossil RD&D investment volume changed in the last five years (2005–2009) compared to the previous five year period (2000–2004)?”	$\{-2, \dots, 2\}$	0.67	0.99	0.42	1.20	0.52	1.12
	Non-fossil RD&D	“How has your non-fossil RD&D investment volume changed in the last five years (2005–2009) compared to the previous five year period (2000–2004)?”	$\{-2, \dots, 2\}$	0.84	0.82	1.02	0.84	0.99	0.84

	Variable name	“Question asked”/variable constructed	Potential range	Power generators		Tech providers		Total sample	
				Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation
Climate policy	Perception of ETS 1&2	“To what extent is your company negatively or positively affected by the EU ETS in the period 2005-2012 ?	$\{-2, \dots, 2\}$	-0.02	0.82	0.29	0.78	0.19	0.81
	Perception of ETS 3	“To what extent is your company negatively or positively affected by the EU ETS in the period 2013-2020 ?	$\{-2, \dots, 2\}$	-0.54	1.02	0.42	0.82	0.11	0.99
	Perception of LTT	“To what extent is your company negatively or positively affected by long-term European and global reduction targets for greenhouse gases as in 2020?”	$\{-2, \dots, 2\}$	-0.68	1.02	0.85	0.88	0.35	1.17
	Perception of LTT as issue	absolute value of the answer to the previous question	$\{0, 1, 2\}$	1.02	0.67	0.98	0.73	0.99	0.71
Cognition of context	Perception of technology-push policies	“To what extent is your company negatively or positively affected by EU & national policies promoting R&D and innovation over the last five years (2005–2009)?”	$\{-2, \dots, 2\}$	-0.02	0.66	0.57	0.85	0.38	0.83
	Perception of RET demand-pull policies	“To what extent is your company negatively or positively affected by the policy framework regarding renewable energies over the last five years (2005–2009)?”	$\{-2, \dots, 2\}$	0.58	1.00	1.17	0.96	0.98	1.01

	Variable name	“Question asked”/variable constructed	Potential range	Power generators		Tech providers		Total sample	
				Mean	Deviation	Mean	Deviation	Mean	deviation
Firm characteristics	Perception of fuel price	“To what extent is your company negatively or positively affected by fuel price development over the last five years (2005–2009)?”	$\{-2, \dots, 2\}$	−1.03	0.87	0.25	1.05	−0.16	1.16
	Perception of electricity price	“To what extent is your company negatively or positively affected by electricity price development over the last five years (2005–2009)?”	$\{-2, \dots, 2\}$	−0.31	1.18	0.44	1.01	0.20	1.12
	Perception of public acceptance of coal	“To what extent is your company negatively or positively affected by the public acceptance for hard coal and lignite over the last five years (2005–2009)?”	$\{-2, \dots, 2\}$	−0.59	0.91	−0.01	1.00	−0.20	1.01
	Value chain position	Dummy variable (1: PG, 2: TP)	$\{1, 2\}$	1.00	0.00	2.00	0.00	1.68	0.47
	Fossil share	“What is the percentage of fossil fuel based generation in your total electricity generation?”	[0,100]	81.3	30.4	13.6	27.2	35.4	42.4
	Need for replacement	“With hindsight to 2005: How do you judge the need to replace or extend the generation portfolio?” (1: no need... 5: high need)	$\{1, 2, 3, 4, 5\}$	3.10	1.25	—	—	—	—
	Technological capabilities	Standardized and factorized share of R&D expenditure to sales and of R&D staff to total employees	$(-\infty, \infty)$	0.00	1.00	0.00	0.99	0.00	1.00
	Size	“What was the total company turnover in 2008?” (1: < 2 million €, 6: > 5 billion €)	$\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$	3.40	1.43	2.51	1.46	2.80	1.51

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund der anstehenden dritten Periode des EU ETS ab 2013 geht diese Arbeit der Frage nach, welchen dynamischen Anreiz für einen technologischen Wandel das EU ETS in den ersten beiden Perioden (2005-2012) gebracht hat. Diese Frage wird anhand der EU-Stromindustrie als Untersuchungsgegenstand beantwortet, da diese für rund 30 Prozent der europäischen CO₂-Emissionen verantwortlich zeichnet und im Gegensatz zu anderen Industriezweigen bereits in die erste Phase des EU ETS einbezogen wurde. Basis dafür ist ein Überblick über eine Auswahl von Arbeiten zu diesem Thema. Trotz unterschiedlicher Ansätze und verwendeter Methoden, bescheinigen die hier vorgestellten Arbeiten dem EU ETS in den ersten beiden Perioden einen nur geringen und enttäuschenden Einfluss. Als Ursache dafür identifizieren die Arbeiten ein zu laxes Design des EU ETS und die daraus resultierenden, nur sehr geringen CO₂-Preise. Im Speziellen werden die Nationalen Allokations Pläne (NAP) und das Grandfathering von den Autoren kritisiert. Für die Zukunft fordern die Autoren neben einem stringenteren Design des EU ETS eine Reihe von unterstützenden Maßnahmen wie z.B. langfristige Klimaziele über 2020 hinaus und zusätzliche Fördermaßnahmen für CO₂-neutrale Technologien.

Abstract

Against the background of the forthcoming third period of the EU ETS in 2013, this work tackles the question if the EU ETS has brought a dynamic incentive for technological change, in its first two periods (2005-2012). This question is answered with reference to the EU-electricity industry as object of study, as it accounts for around 30 percent of Europe's CO₂-emissions and has in contrast to other industries already been included in the first phase of the EU ETS. Basis for the consideration is an overview of a selection of works on this subject. Despite different approaches and methods, the work presented here confirms that the EU ETS had only had a small and disappointing effect on the technological change within the first two periods. The articles identify too lax design of the EU ETS and the resulting very low CO₂-prices as reasons for the small effect. Especially the National Allocation Plans (NAP) and grandfathering are criticized by the authors. Apart from a more stringent design of the EU ETS the authors call for a series of supportive measures such as long term climate targets beyond 2020 and additional incentives for CO₂-neutral technologies.

Curriculum Vitae

Jan Szkwarek

Myrthengasse 20/11; A- 1070 Wien

E-Mail: frusenerta@gmx.at

Geburtsdatum: 08.03.1977 (Krakau/Polen)

Ausbildung

1995- 2012 Studium der Volkswirtschaft, Universität Wien

2002-2003 Auslandsstudienjahr an der Universität von Kopenhagen (Dänemark)

1987-1995 AHS Wasagasse / Wien IX