

Ehrenfeld, Wilfried

Working Paper

Klimawandel und betriebliche Innovationsprozesse

IWH Discussion Papers, No. 13/2012

Provided in Cooperation with:

Halle Institute for Economic Research (IWH) – Member of the Leibniz Association

Suggested Citation: Ehrenfeld, Wilfried (2012) : Klimawandel und betriebliche Innovationsprozesse, IWH Discussion Papers, No. 13/2012, Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH), Halle (Saale), <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-201212213485>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/69612>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

**Klimawandel und betriebliche
Innovationsprozesse**

Wilfried Ehrenfeld

Dezember 2012

Nr. 13

Autor: *Wilfried Ehrenfeld*
Abteilung Strukturökonomik
E-Mail: wilfried.ehrenfeld@iwh-halle.de
Tel.: +49 345 7753 832

Die Diskussionspapiere stehen in der alleinigen Verantwortung der jeweiligen Autoren. Die darin vertretenen Auffassungen stellen keine Meinungsäußerung des IWH dar. IWH-Diskussionspapiere sind Zwischenergebnisse, die zur Diskussion gestellt werden. In der Regel sind sie nur für einen begrenzten Zeitraum relevant; eine überarbeitete Version ist unter Umständen direkt von den Autoren erhältlich.

Kommentare und Vorschläge sowohl zu angewandten Methoden als auch zu den Ergebnissen sind jederzeit willkommen.

IWH-Diskussionspapiere werden in RePEc-Econpapers und in ECONIS indexiert.

Herausgeber:
INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG HALLE - IWH
Das IWH ist Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft.

Hausanschrift: Kleine Märkerstraße 8, D-06108 Halle (Saale)
Postanschrift: Postfach 11 03 61, D-06017 Halle (Saale)
Telefon: +49 345 7753 60
Telefax: +49 345 7753 820
Internetadresse: <http://www.iwh-halle.de>

ISSN 1860-5303 (Print)
ISSN 2194-2188 (Online)

Klimawandel und betriebliche Innovationsprozesse

Zusammenfassung

Das vorliegende Diskussionspapier stellt den inhaltlichen Rahmen der kumulativen Dissertation zum Thema „Climate Change and Corporate Innovation Processes“ an der Technischen Universität Dresden dar. Diese besteht aus sechs bereits veröffentlichten Fachartikeln.

Durch die gegenwärtig öffentlich geführte Diskussion zum Thema Klimawandel stehen europäische Industrieunternehmen neuen Anforderungen gegenüber. Dazu zählen vor allem neue Ansprüche, die ihr betriebliches Umfeld an sie stellt. Eine Möglichkeit, auf diese neuen Ansprüche zu reagieren, ist Anpassung durch Innovation. Das übergeordnete Ziel der Dissertation ist es deshalb zu untersuchen, wie die Wahrnehmung des Klimawandels seitens der Anspruchsgruppen (Stakeholder) betriebliche Innovationsprozesse beeinflusst. In dem Zusammenhang werden diese Fragestellungen sowohl theoretisch als auch empirisch untersucht. Die Dissertation leistet so einen Beitrag zu verschiedenen Literaturströmungen auf dem Themengebiet „unternehmerische Anpassungsstrategien an den Klimawandel“.

Schlagwörter: Klimawandel, Innovation, CO₂, EU ETS, Risiko

JEL-Klassifikation: Q55, O33, O38, Q54, O31

Climate Change and Corporate Innovation Processes

Abstract

This discussion paper provides the contextual framework of the cumulative dissertation on “Climate Change and Corporate Innovation Processes” at the Technical University of Dresden. It consists of six already published papers and articles.

Because of the present public discussion on climate change, European industrial companies face new requirements. This mainly includes new claims, which are imposed on them by the enterprises’ operational environment. One way to respond to these new claims is adaptation through innovation. The overall objective of this thesis is to investigate how the perception of climate change on the part of stakeholders affects corporate innovation processes. In this context, these issues are examined both theoretically and empirically. The thesis thus contributes to various literary strands in the area of “entrepreneurial strategies for adapting to climate change.”

Keywords: climate change, innovation, CO₂, EU ETS, risk

JEL Classification: Q55, O33, O38, Q54, O31

1 Thematischer Zusammenhang und übergeordnetes Ziel der Arbeit

Die beobachteten klimatischen Veränderungen sowie die Diskussionen und die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse über den anthropogenen Klimawandel haben seit den 1990-er Jahren zunehmende Aufmerksamkeit in der öffentlichen wie wissenschaftlichen Diskussion erfahren. So ist der ‚Klimawandel‘ mit seinen Ursachen und Folgen im Laufe der Zeit zu einem in der Öffentlichkeit breit und kontrovers diskutierten Themengebiet geworden.

Die offensichtlichste Folge dieser Diskussion und der wissenschaftlichen Ergebnisse ist der politische Wandel, der sich auf internationaler Ebene vollzogen hat, und nun den Aspekt des Klimas stärker betont. So entstand die internationale Klimapolitik. Seit 1994 existiert die Klimarahmenkonvention (KRK), welche zum Ziel hat, die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre auf einem Niveau zu stabilisieren, auf dem eine „gefährliche Störung des Klimasystems“ (Art. 2 KRK) durch den Menschen verhindert wird. Das Kyoto-Protokoll von 1997 legt fest, den jährlichen Treibhausgasausstoß der unterzeichnenden Industriestaaten innerhalb der Verpflichtungsperiode (2008 bis 2012), um mindestens 5% gegenüber dem Stand von 1990 zu reduzieren. Über ein internationales Nachfolgeabkommen zu diesem Protokoll für die Zeit ab 2013 wird derzeit noch verhandelt.

Diese internationalen politischen Entwicklungen haben auch zu Veränderungen der regulativen Rahmenbedingungen von europäischen Unternehmen geführt. Zur Erfüllung der Vorgaben des Kyoto-Protokolls für Europa wurde zum Jahresbeginn 2005 das Europäische Emissionshandelssystem (kurz: EU ETS) eingeführt. Von diesem Handelssystem betroffen sind auf industrieller Ebene vor allem Unternehmen mit großen Verbrennungsanlagen, also hauptsächlich Anlagen zur Energieerzeugung. Wurden bisher Emissionszertifikate noch weitgehend kostenlos zugeteilt, so ist für die dritte Handelsperiode dieses Emissionshandelssystems ab 2013 als Regelfall die Versteigerung von Emissionshandelszertifikaten ebenso vorgesehen wie die Ausweitung des Emissionshandels auf weitere Treibhausgase (THG). Unternehmen der energieintensiven Industrie sind durch dieses Handelssystem direkt betroffen, falls sie selbst Anlagen zur Energieerzeugung betreiben. Die Abgabepflicht von Zertifikaten stellt für diese einen zusätzlichen Preis- und Risikofaktor dar. Aber auch Unternehmen, die keine solchen Anlagen betreiben, sind indirekt - etwa durch den

Strompreis - vom Emissionshandel betroffen. Das Mengen- und Preisrisiko der Zertifikate auf den vorgelagerten Stufen der Wertschöpfungskette wird möglichst an Kunden weitergegeben.

In beiden Fällen führt der Emissionshandel bei energieintensiven Industrieunternehmen zu steigenden Bezugskosten und Preisunsicherheiten von Ressourcen. Eine mögliche Strategie zur Minderung von Risiken, die hiermit verbunden sind, sowie zur potentiellen Kosteneinsparung auf Unternehmensebene ist die Reaktion mit unternehmerischen Prozessinnovationen. Dies wäre mit notwendigen Anpassungen der Produktionstechnologie verbunden, um die betrieblichen Emissionen zu senken. Der Ressourceneffizienz kommt somit eine tragende Rolle zu. Um diese Innovationen durchführen zu können, muss das Unternehmen allerdings zuerst in solche Vermeidungstechnologien investieren.

Hervorgerufen durch die politischen Entwicklungen könnte sich auch das Nachfrageverhalten von (Industrie-)Kunden verändert haben. So könnten bereits heute Kunden verstärkt solche Produkte nachfragen, die ihnen bei der Vermeidung von Emissionen bzw. der Verbesserung der Effizienz dienen. Die Folge dieser Entwicklung wären Produktinnovationen von Unternehmen auf vorgelagerten Stufen der Wertschöpfungskette. Abgesehen davon wird u. a. durch die starke Präsenz des Themas ‚Klimawandel‘ in den Medien auch dessen Wahrnehmung in der Zivilgesellschaft verstärkt. Dies könnte ein Auslöser dafür sein, dass Kunden von Unternehmen bei der Kaufentscheidung verstärkt auf den Umweltaspekt - im Speziellen auch den erwarteten Effekt auf das Klima - bei der Herstellung der Produkte achten. So könnten diese Umweltbelange verstärkt zum Reputationsrisiko für ein Unternehmen werden, falls dieses durch hohe Verschmutzungswerte auffällt. Auf Unternehmensebene könnte die Wahrnehmung in der Öffentlichkeit ebenfalls zur verstärkten Berücksichtigung von Umwelt- und Energieeffizienzaspekten führen. Ebenso könnte die Erkenntnis, dass ein hoher Energieverbrauch bzw. ein hoher Ausstoß von Schadstoffen Potential zur Kosteneinsparung bedeutet, die erhöhte Sensibilisierung des Managements für diesen Themenbereich zur Folge haben.

Derzeit sind europäische Industrieunternehmen in aller Regel wenig durch die direkten Auswirkungen des Klimawandels (wie z. B. Extremwetterereignisse) betroffen. Aus diesem Grund sind diese von untergeordneter Bedeutung in dieser Arbeit. Statt dessen erfahren Unternehmen eher die indirekten Auswirkungen des Klimawandels, welche durch die bloße Wahrnehmung entstehen. Dazu gehören bestimmte

Anforderungen ihrer betrieblicher Anspruchsgruppen (Stakeholder) wie Kunden und Zulieferer, staatliche Regulierungen und den Druck der Zivilgesellschaft. Die veränderten Rahmenbedingungen können für ein Unternehmen sowohl Gefahren als auch Chancen darstellen. Deshalb gilt es hier für die Unternehmen, Chancen zu nutzen und Risiken zu mindern. Die Wahrnehmung der Entwicklung ihres betrieblichen Umfeldes und die innovative Reaktion auf diese Entwicklungen bedeuten für das Unternehmen: *Anpassung durch Innovation*.

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist eine Antwort auf die Frage zu geben, wie die Wahrnehmung des Klimawandels betriebliche Innovationsprozesse beeinflusst. Dabei untergliedert sich diese Problemstellung in die Beantwortung folgender Fragestellungen:

- Wie verändern sich die Ansprüche des betrieblichen Umfeldes an Unternehmen durch die Wahrnehmung des Klimawandels? Hier sind vor allem neue Forderungen seitens der Stakeholder zu beachten.
- Wie kann das monetäre Risiko möglicher unternehmerischer Anpassungsmaßnahmen abgeschätzt werden? Hierbei konzentriert sich die Betrachtung auf Prozessinnovationen, Energiekosten und Emissionszertifikate.
- Mit welchen Innovationsprozessen reagieren Unternehmen auf diese neuen oder veränderten Ansprüche? Dabei soll untersucht werden, welchen hemmenden, fördernden und steuernden Faktoren (Determinanten) Faktoren dabei welche Funktion und Relevanz zukommt.

Im Rahmen dieser Arbeit werden diese Fragestellungen sowohl theoretisch als auch empirisch untersucht. Die vorliegende kumulative Dissertation leistet so einen Beitrag zu verschiedenen Literaturströmungen im Themengebiet ‚unternehmerische Anpassungsstrategien an den Klimawandel‘. Zum einen wird der aktuelle Stand der internationalen Klimapolitik (Ehrenfeld 2009) und insbesondere der regulatorische Rahmen des Europäischen Emissionshandelssystems dargelegt (Ehrenfeld 2008a). Weiter trägt die Arbeit zum wissenschaftlichen Diskurs über die Modellierung der Preisentwicklung von Emissionszertifikaten bei. Hier liegt der Fokus auf der langfristigen Perspektive, die vor allem für Investitionsentscheidungen von Bedeutung ist (Dannenbergh und Ehrenfeld 2011a). Zudem wird in dieser Arbeit die Modellierung des CO₂-Zertifikatspreisrisikos in die stochastischen Simulation der Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) eingeführt (Dannenbergh und Ehrenfeld 2011b).

Schließlich fördert die vorliegende Arbeit die theoretische und empirische Erkenntnis über die Entstehung von ‚Klimainnovationen‘. Diese umfassen alle Innovationen, die direkt oder indirekt zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen beitragen und können als spezieller Fall von Umweltinnovationen gesehen werden. Im Zuge der Arbeit werden die Treiber, Quellen, Ergebnisse und Determinanten von Klimainnovationen analysiert. Dabei werden die betreffenden Aspekte nicht nur theoretisch aufgearbeitet und ein in sich geschlossener Modellrahmen entwickelt (Ehrenfeld 2012d), sondern diese werden auch empirisch in Betrieben der mitteldeutschen Chemieindustrie untersucht (Ehrenfeld 2012a). Diese beiden letzten Artikel bilden den Hauptteil dieser Dissertation.

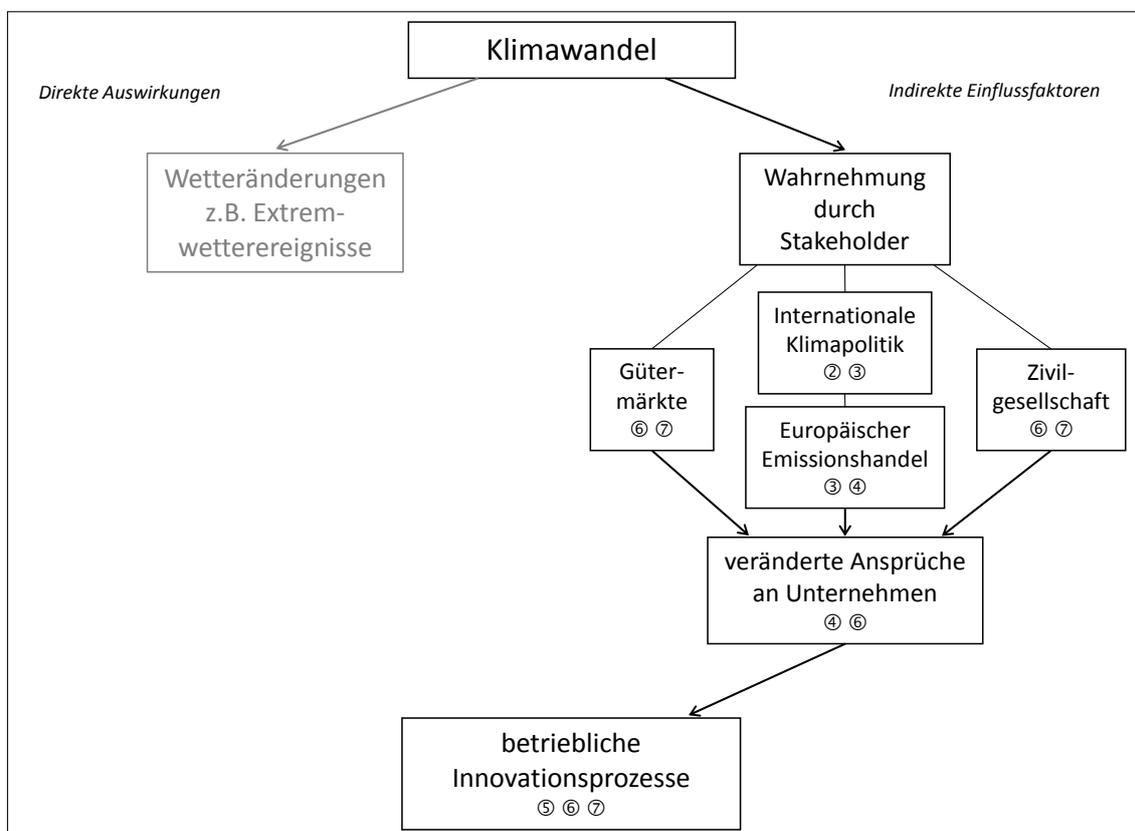


Abbildung 1: Einordnung der Artikel in den Zusammenhang der Arbeit.
Die Ziffern in Kreisen bezeichnen die Kapitelnummern in dieser Arbeit.

Als Bestandteile der Arbeit liegen insgesamt sechs bereits veröffentlichte Fachartikel vor. Abbildung 1 verdeutlicht den thematischen Zusammenhang der einzelnen Fachartikel in graphischer Form. Tabelle 1 zeigt die Namen, Autoren und Art der Ver-

öffentlichung der betreffenden Artikel. Im Folgenden werden die wichtigsten Inhalte und Erkenntnisse dieser Artikel kurz dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht über die Artikel dieser Arbeit mit Autoren, Titel und Art der Veröffentlichung.

Kapitel	Autor(en)	Jahr	Titel	Art der Veröffentlichung
②	Ehrenfeld, W.	2009	Nach Kyoto: Internationale Klimapolitik vor ökonomischen Herausforderungen	Wirtschaft im Wandel 12/2009, S. 506-515
③	Ehrenfeld, W.	2008	Das europäische CO ₂ -Emissionshandelssystem: Was haben wir bisher gelernt?	Wirtschaft im Wandel 3/2008, S. 105-111
④	Dannenberg, H.; Ehrenfeld, W.	2011	A Model for the Valuation of Carbon Price Risk	Emission Trading – Institutional Design, Decision Making and Corporate Strategies (2 nd ed.). Hrsg. von R. Antes, B. Hansjürgens, P. Letmathe und S. Pickl (Springer Verlag), S. 141-161
⑤	Dannenberg, H.; Ehrenfeld, W.	2011	Stochastic income statement planning as a basis for risk assessment in the context of emissions trading	Greenhouse Gas Measurement and Management 1.1, S. 64–72
⑥	Ehrenfeld, W.	2012	Towards a Theory of Climate Innovation – A Model Framework for analyzing Drivers and Determinants	IWH Discussion Paper 1/2012
⑦	Ehrenfeld, W.	2012	Climate Innovation - The Case of the Central German Chemical Industry	IWH Discussion Paper 2/2012

2 Internationale Klimapolitik und der Europäische Emissionshandel

Mit den politischen Rahmenbedingungen bzw. dem Stakeholder ‚Staat‘ befassen sich die ersten beiden Artikel dieser Arbeit. Der erste Artikel (Ehrenfeld 2009) hat die internationale Klimapolitik zum Thema. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts steigen die weltweiten THG-Emissionen kontinuierlich an. Im gleichen Zeitraum ist ein Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur zu verzeichnen. Naturwissenschaftliche Untersuchungen liefern Anhaltspunkte dafür, dass menschliches Handeln das Klima beeinflusst (Kuttler 2008:219ff. sowie IPCC 2007). Dies geschieht hauptsäch-

lich durch Veränderung der chemischen und physikalischen Zusammensetzung der Erdatmosphäre (Karl und Trenberth 2003).

Um zumindest die schwerwiegendsten Auswirkungen des Klimawandels zu vermeiden, haben Klimawissenschaftler in der Vergangenheit wiederholt eine Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs empfohlen. Dazu ist es nach Analysen von Klimatologen notwendig, bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts die weltweiten Treibhausgasemissionen um mindestens 50% bis 85% zu verringern. Das Ziel der internationalen Klimapolitik ist deshalb die Senkung dieser Emissionen. Als Instrumente wurden hierzu in der Vergangenheit internationale Vereinbarungen wie die Klimarahmenkonvention und das Kyoto-Protokoll eingesetzt.

Die hier durchgeführte Analyse zeigt ein klares Bild: Werden die Emissionsdaten um bestimmte Sondereffekte wie z. B. die Emissionen von Transformationsländern bereinigt, so ist festzustellen, dass die Reduktion von Emissionen in der Vergangenheit international gesehen sehr gering ausfiel. Auch werden einige Länder die vereinbarten Emissionsziele wahrscheinlich nicht erreichen. Um die nach Berechnungen von Klimatologen anvisierten Ziele einzuhalten, wären nach deren Aussage für die Zukunft ambitionierte Emissionsreduktionen angezeigt. Für Industriestaaten ist hier bis 2020 von einer Größenordnung von 25% bis 40% die Rede. Im Zuge ihrer Entwicklung werden vor allem die Entwicklungs- und Schwellenländer zukünftig ihren Trend zum höheren Energieverbrauch voraussichtlich weiter fortsetzen, was einer zügigen Reduktion der Treibhausgasemissionen entgegen steht. Da energiebedingtes Kohlendioxid vermutlich auch in Zukunft den größten THG-Anteil darstellen dürften, werden innovative Technologien vor allem im Bereich der Energieeffizienz und der regenerativen Energien in Zukunft weltweit zunehmend wichtiger. Dazu kommt die Tatsache, dass das Vorkommen fossiler Brennstoffe auf der Erde letztendlich begrenzt ist.

Ein internationales Nachfolgeabkommen für das 2012 auslaufende Kyoto-Protokoll ist heute noch nicht beschlossen. Weder auf der internationalen Klimakonferenz in Kopenhagen 2009 (Ehrenfeld 2010b) noch in den darauf folgenden Jahren in Cancún (Ehrenfeld 2011c) oder in Durban (Ehrenfeld 2012b) konnte eine Einigung auf zukünftige, verbindliche internationale Emissionsziele errungen werden. Aktuell unklar ist damit auch die zukünftige Rolle der weltweit zwei größten Emittenten USA (siehe z. B. Ehrenfeld 2008b) und China. Die internationale Klimapolitik als solche und die damit verbundene öffentliche Aufmerksamkeit durch die Medien verstärkt

allerdings die Wahrnehmung des Klimawandels in der Gesellschaft und stellt die Grundlage für spezifische nationale und internationale Politikentscheidungen dar.

Die vermutlich bedeutendste politische Folge in Europa ist die Einführung des Europäischen Emissionshandelssystems, welches der zweite Artikel (Ehrenfeld 2008a) zum Gegenstand hat. Zu Jahresbeginn 2005 hat die Europäische Union ein System zum Handel mit CO₂-Emissionsberechtigungen eingeführt. Ziel des Systems ist primär die kosteneffiziente Umsetzung der europäischen Emissionsziele. Unternehmen, die diesem System unterliegen, erhalten in den ersten beiden Handelsperioden (2005 bis 2007 sowie 2008 bis 2012) Emissionsberechtigungen in Form von Zertifikaten größtenteils kostenlos zugeteilt. Anschließend können diese Berechtigungen für eigene Emissionen verbraucht oder am Markt verkauft werden. Falls die eigenen Emissionen die zugeteilte Anzahl Zertifikate übersteigt, muss das Unternehmen Berechtigungen zukaufen.

Im Vorfeld des Emissionshandels wurden für ein Zertifikat Preise zwischen 5 und 10 Euro prognostiziert. In der ersten Handelsperiode stieg allerdings der Preis zuerst bis auf 30 Euro und fiel anschließend bis Ende 2007 auf 2 Cent ab. Als Ursache für diese sehr volatile Entwicklung werden gewöhnlich Spekulation, die Hortung von Zertifikaten sowie Unsicherheit über die tatsächlichen Emissionen der Anlagen gesehen. Nach Auffassung der Europäischen Kommission war die erste Handelsperiode als Lernphase geplant. So kann es wenig verwundern, dass für die zweite Periode einige Veränderungen am System durchgeführt wurden. Dazu gehören vor allem die Umstellung der Zuteilung von der früheren Orientierung an den bisherigen Emissionen der Unternehmen hin zu einem Benchmark-Ansatz sowie die Vereinfachung von Sonderregelungen.¹

Bis Ende 2012 deckt das Emissionshandelssystem nur CO₂-Emissionen aus Verbrennungsanlagen über 20 MW Leistung, Mineralölraffinerien, der mineralverarbeitenden Industrie sowie einigen weiteren Tätigkeiten ab. Mit Beginn der dritten Handelsperiode im Jahr 2013 kommen eine Reihe von neuen Tätigkeiten und auch Treibhausgasen wie z. B. Lachgas hinzu. Von dieser Neuerung sind unter anderem die chemische Industrie und die Aluminium-Industrie betroffen. Als zentrale Neuerung der dritten Handelsperiode kann die Umstellung auf ein Versteigerungssystem gesehen werden. So sollen Unternehmen ihre benötigten Zertifikate in Zukunft primär ersteigern

¹ Zum Verlauf des CO₂-Preises in der zweiten Handelsperiode siehe Ehrenfeld (2012c).

anstatt kostenlos zugeteilt bekommen. Aber auch hier gibt es zahlreiche Ausnahmen. Diese betreffen u. a. einige Zweige der verarbeitenden Industrie, die im starken internationalen Wettbewerb stehen. Für diese Sektorenteile wird bei einer Versteigerung ein erheblicher Verlust von Marktanteilen an Wettbewerber außerhalb der EU befürchtet. Darüber hinaus ist die zunehmende Verschärfung der Europäischen Emissionsreduktionsziele geplant.²

In Folge der Einführung des Emissionshandels müssen Unternehmen bei ihrem Handeln einen zusätzlichen Kosten- und Risikofaktor berücksichtigen. Durch die Verpflichtung zur Teilnahme entstehen den Unternehmen Transaktionskosten, da sie die gesetzlichen Erfordernissen dieser Regulierung erfüllen müssen. Dazu gehören z. B. die Abgabe der Monitoring-Berichte. Weiter entsteht den Unternehmen ein Mengenrisiko, da sie zu Ende jedes Handelsjahres die den Emissionen ihrer Anlage entsprechenden Zertifikate vorweisen können müssen. Aufgrund der Ausgestaltung als marktorientiertes Handelssystem werden Emissionsrechte frei gehandelt, ihre Preise sind daher von einer unsicheren Entwicklung gekennzeichnet. Den teilnehmenden Unternehmen erwächst durch diesen Umstand ein Preisrisiko. Für die Unternehmen ist somit der Anreiz gegeben, die mit dem Emissionshandel verbundenen Kosten zu senken sowie die Risiken zu mindern. Dieser Sachverhalt kann einen Anlass für Innovationen im Unternehmen darstellen.

3 Das monetäre Unternehmensrisiko im Kontext des Emissionshandels

Unternehmerische Prozessinnovationen im Kontext des Emissionshandels sind in aller Regel mit Investitionen verbunden. Diesen stehen allerdings in Folge dessen Einsparungen im Energieverbrauch bzw. Minderungen von THG-Emissionen und damit Einsparungen im Verbrauch von Emissionszertifikaten gegenüber. Deshalb wird im Folgenden ein quantitativ orientierter Modellrahmen zur Unterstützung betrieblicher Entscheidungen im Innovations- bzw. Investitionsprozess erstellt.

² In diesem Zusammenhang sei auch auf das Energiekonzept Deutschlands hingewiesen (siehe z. B. Ehrenfeld 2010a). Dieses Konzept sieht vor, die Treibhausgasemissionen bis 2020 um 40% und bis 2050 um mindestens 80% gegenüber 1990 zu reduzieren, was als ambitioniertes Ziel gewertet werden kann. Für 2020 sieht das Energiekonzept einen Anteil von 18% erneuerbarer Energien am Bruttoenergieverbrauch vor.

Mit Hilfe des Modells kann eine risikoorientierte Simulation der GuV durchgeführt werden, welche das monetäre Risiko von Investitionen in CO₂-vermeidende Technologien in Abhängigkeit von der simulierten CO₂-Preis-Entwicklung abbildet (vgl. Abbildung 2). Grundlage des Modells bildet die stochastische Simulation der Gewinn-

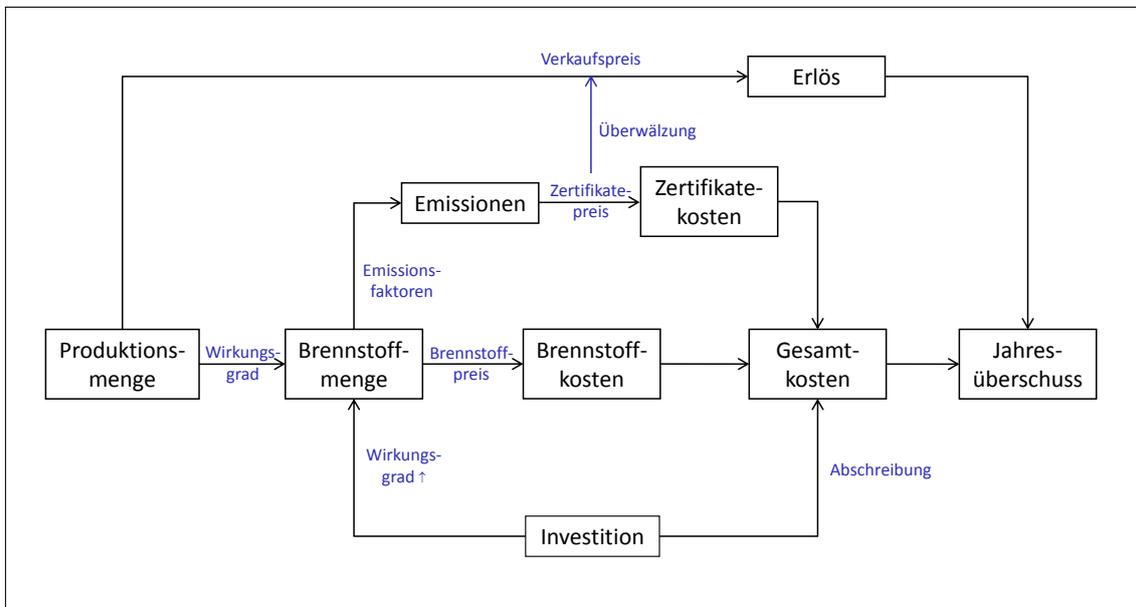


Abbildung 2: Flussdiagramm des quantitativen Unternehmensmodells.
Quelle: Eigene Darstellung.

und Verlustrechnung mit dem Ziel die Verteilung möglicher Jahresüberschüsse zu erhalten. Im Zuge dessen können durch Korrektur um u. a. das Investitionsvolumen und die Abschreibungen die freien Cash-Flows für die simulierten Jahre bestimmt werden. Diese können als Entscheidungsvariable für Investitionsentscheidungen dienen, da durch sie bestimmt werden kann, ob eine geplante Investition unter den vorgegebenen Umständen (z. B. Zinssatz) rentabel ist. Andererseits können die Verteilungen des voraussichtlichen Eigenkapitalbedarfs generiert werden. Auf diese Weise kann schließlich die Wahrscheinlichkeit abgeschätzt werden, bei einem geplanten Investitionsvorhaben insolvent zu werden. Eine simulierte Überschuldungswahrscheinlichkeit, welche die gewünschte übersteigt, deutet dabei auf die potentiell unzureichende Risikotragfähigkeit des Unternehmens im Bezug auf das angestrebte Investitionsprojekt hin. Dies könnte als Warnzeichen hinsichtlich der Durchführung des Vorhabens interpretiert werden.

Ein Kennzeichen der hier verwendeten stochastischen GuV-Modellierung ist die Modellierung bestimmter GuV-Positionen in Form von vorerst als unabhängig von-

einander beschriebenen Verteilungen. Im Zuge der Simulation werden einzelne Werte für bestimmte Positionen zufällig aus diesen Verteilungen gezogen. Dabei müssen eventuell Abhängigkeiten zwischen diesen beachtet werden. Mittels der GuV-Mechanik werden diese Größen anschließend kombiniert um eine Ausprägung der relevanten Entscheidungsvariable zu erhalten. Durch häufige Wiederholung dieses Prozesses im Rahmen einer sog. Monte-Carlo-Simulation kann eine Verteilung der Entscheidungsvariable erzeugt werden. Durch den Vergleich der Simulationsergebnisse verschiedener Investitionsalternativen kann die für das Unternehmen am besten geeignete Alternative ausgewählt werden. Hierbei wird angenommen, dass die umzusetzenden Innovationen mit relativ gut bekannten Investitionskosten verbunden sind. Dies ist vor allem bei solchen Innovationen der Fall, die den Charakter von Diffusionen aufweisen.

Einen wesentlicher Risikotreiber in dem hier vorliegenden Kontext stellt der Preis für CO₂-Zertifikate dar. Zum einen ist die Höhe des Preises der Zertifikate bedeutsam für die Rentabilität einer Investition in ein THG-Minderungsprojekt. Zum anderen stellt die Schwankung des Preises ein Risiko hinsichtlich der Kosten für die Bereitstellung der benötigten Zertifikate dar. In Dannenberg und Ehrenfeld (2011a) wird deshalb ein zur langfristigen Risikomodellierung geeigneter stochastischer CO₂-Preis-Mechanismus entwickelt.³ Der theoretische Ansatz dieses Mechanismus basiert dabei auf der Überlegung, dass der Zertifikatpreis durch die letzte und damit teuerste vermiedene Einheit CO₂ bestimmt wird (die marginalen Vermeidungskosten, engl. *marginal abatement costs*).

Da allerdings bis zum Ende der Handelsperiode Unsicherheiten über diese marginalen Kosten bestehen, bilden Marktteilnehmer Erwartungen über diese Kosten und handeln nach diesen. Hierdurch schwankt der Zertifikatpreis um die marginalen Vermeidungskosten. Die Modellierung erfolgt deshalb auf Grundlage des Mean-Reversion-Prozesses. Ein Kennzeichen der hier verwendeten Modellierung ist die Berücksichtigung neuer, unerwartet auftretender Informationen. Diese können zu einer fundamentalen Neubewertung der erwarteten Vermeidungskosten führen. Die Folge ist eine größere sprunghafte Verschiebung des Niveaus des Zertifikatpreises.

³ Der Artikel basiert auf dem Diskussionspapier Dannenberg und Ehrenfeld (2008), wurde aber stark überarbeitet und erweitert.

Anschließend wird dieser Prozess in den Kontext der stochastischen GuV-Modellierung eingebettet (Dannenberg und Ehrenfeld 2011b)⁴ Dazu werden in einem ersten Schritt die Plangrößen der GuV identifiziert, die direkt durch den Emissionshandel betroffen sind. Primär sind dies die Kosten für Emissionszertifikate selbst. Danach werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie diese Positionen unter Einbeziehung von Unsicherheit und Abhängigkeiten modelliert werden können. Die Kosten für Emissionszertifikate hängen von der Preisentwicklung der Zertifikate (s. o.) sowie der benötigten Menge ab. Die Menge benötigter Zertifikate ist wiederum vom Volumen der produzierten Endprodukte abhängig. Um ein realistisches Marktverhalten im Rahmen der Entscheidungsfindung abzubilden, besteht zudem die Option, bestimmte Handelsstrategien in die Simulation einzubeziehen. Im Zuge dessen können Regeln und Schwellenwerte für Kauf- bzw. Verkaufsprozesse spezifiziert werden.

In weiteren Schritten werden kontextrelevante Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Positionen einbezogen. Zum einen wird hier explizit die Korrelation des CO₂-Zertifikatpreises mit Energierohstoffpreisen oder Strompreisen modelliert. Hier konzentriert sich die Darstellung exemplarisch auf den Ölpreis. Zum anderen findet eine mögliche Überwälzung von Zertifikatkosten (und Energiekosten) auf den Verkaufspreis von Produkten Berücksichtigung. Diese Überwälzung wird als Aufschlag auf den Verkaufspreis modelliert.

Das hier beschriebene Simulationsmodell wurde in der unternehmensorientierten Software „CO2-NAVIGATOR“ technisch umgesetzt. Die Artikel Günther, Manthey et al. (2010) sowie Günther, Weber et al. (2009) beschreiben die Konzeption dieser Software.⁵

⁴ Der in diesem Kapitel verwendete Artikel basiert auf dem Diskussionspapier Dannenberg und Ehrenfeld (2010), wurde aber ebenfalls überarbeitet und erweitert.

⁵ Diese zwei Artikel, die Software sowie die Artikel Dannenberg und Ehrenfeld (2008), Dannenberg und Ehrenfeld (2010) sowie Ehrenfeld (2011b) entstanden im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Drittmittelprojektes „Unternehmenssteuerung im klimapolitischen Umfeld (CO2-NAVIGATOR)“.

4 Treiber und Determinanten betrieblicher Klimainnovationen

Standen bisher Emissionszertifikate und Investitionen im Mittelpunkt des Interesses so bleibt festzustellen, dass im Kontext von indirekten Wirkungen des Klimawandels und betrieblichen Innovationsprozessen diese Elemente lediglich einen Teilbereich abdecken. Diese Sicht ist für eine rein monetäre Risikobetrachtung gut geeignet, bleibt aber unvollständig. Im nächsten Schritt wird deshalb der Fokus auf die internen und externen Faktoren des betrieblichen Innovationssystems mit Bezug auf Klimainnovationen erweitert, um ein vollständigeres Bild der Zusammenhänge zu erhalten. Im Zuge dessen findet auch ein Wechsel der Perspektive vom Modell zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen hin zu einer analytischen Sicht von Treibern und Charakteristiken statt.

Einerseits geschieht dies um den Einfluss bestimmter Anspruchsgruppen des Unternehmens wie Staat, Markt und Zivilgesellschaft untersuchen zu können. Andererseits soll der Einfluss bestimmter Unternehmenscharakteristiken auf das Innovationsverhalten Beachtung finden. Weiter können die Impulse nicht nur Anlass für Prozessinnovationen sein, sondern auch das Angebot neuer Produkte von Unternehmen beeinflussen. Diese ersetzen auch ältere Produkte, welche in der Herstellung emissions- bzw. energieintensiver sind. Aber auch Veränderungen in der Organisation oder Marketinginnovationen können eine Reaktion auf neue Ansprüche sein.

In Ehrenfeld (2012d) wird deshalb ein theoretisches Rahmenwerk zur Untersuchung der Treiber und Determinanten betrieblicher Klimainnovationen entwickelt. Als Grundlage des Theorierahmens dient die evolutorische Theorie mit ihrer Sichtweise auf Routinen, Innovation und Lernprozesse sowie Diversität, Selektion und Pfadabhängigkeiten. Als wichtige Treiber oder Anreize werden in der Literatur zu Determinanten von Umweltinnovationen das Vorhandensein und die Wahrnehmung von Umweltregulierungen, Kosteneinsparungen und Verbesserung der Produktivität sowie die Veränderungen von Kundenansprüchen genannt.

Weiter können verschiedene Charakteristiken des Unternehmens förderlich für Innovationen sein, andere können sich als hinderlich erweisen. Ein elementarer Faktor betrieblicher Innovation ist die unternehmerische Wissensbasis als auch ihr materielles Äquivalent - das Technologieportfolio. Als einer der wichtigsten internen Determinanten wird in der Literatur die Fähigkeit von Unternehmen gesehen, sich Zugang zu

externem Wissen zu verschaffen, dieses zu absorbieren und einzusetzen (die *absorptive capacity*). Schließlich sind Pfadabhängigkeiten ein bestimmender Faktor. Erfolgreiche Pfade können jedoch zu einem ‚Lock-In‘ führen, weil immer wieder in denselben Pfad investiert wird.

Innovationen können aus ganz unterschiedlichen Quellen stammen. Als ein wichtiger interner Ursprung ist hier die eigene Forschung und Entwicklung (F&E) zu nennen. Deren Ergebnisse können anschließend auch in verschiedenen Formen weitergegeben werden. Weiter kann aus betrieblichem Lernen durch Anwendung Innovation resultieren. Aber auch von außen können Neuerungen für das Unternehmen kommen, etwa in Form von neuen Anlagen oder Teilen. Eine Mischform externer und interner Innovationsquellen sind Kooperationen. Hierbei werden Neuerungen in Zusammenarbeit geschaffen.

Dieses theoretische Konstrukt wird in Ehrenfeld (2012a) auf einen konkreten Fall empirisch angewendet. Als Betrachtungsgegenstand der empirischen Analyse wurde die chemische Industrie Mitteldeutschlands ausgewählt. Die chemische Industrie ist der größte industrielle Stromverbraucher Deutschlands. Diese wies in der Vergangenheit einen hohen Anteil an Umweltinnovationen auf.⁶ In Mitteldeutschland war die Zeit nach 1990 mit einem Neubeginn dieses Industriezweiges verbunden. Es kann dort also ein in etwa ähnlicher Stand der Technologie in den Unternehmen angenommen werden. Des Weiteren könnte auf Grund der sektoralen und auch geographischen Nähe vermehrt die Übertragung von Wissen und Kooperationen zwischen den Unternehmen vermutet werden. Aufgrund der Energieintensität wird weiter das Vorliegen ähnlich gelagerter Probleme erwartet.

Im Rahmen der Untersuchung wurden 22 leitfadengestützte Experteninterviews mit Vertretern von Industrieunternehmen geführt. Die Interviews wurden anschließend transkribiert und mittels der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Dieses Verfahren kann bei der Analyse von Determinanten im Bereich der Umweltinnovationen als Stand der Technik angesehen werden. Es ist besonders geeignet, um komplexe gegenwärtige Effekte, Muster und Typen sowie kausale Zusammenhänge zu erörtern.

Das Ergebnis der Untersuchung zeigt, dass steigende Energiepreise ein wesentlicher Treiber für Innovationen auf dem Gebiet der Energieeffizienz in den Fertigungspro-

⁶ Ein anschauliches Beispiel für die Auswirkung von Innovation und neuen Technologien auf die erfolgreiche Emissionsreduktion bietet beispielsweise die Entwicklung der Lachgas-Emissionen in der deutschen Adipinsäure-Produktion (siehe Ehrenfeld 2011a).

zessen der befragten Unternehmen sind. Hauptsächlich handelt es sich hierbei um inkrementelle oder kleine Innovationen wie energieeffizientere Antriebe wie die Verwendung von moderneren Pumpen und Motoren, aber auch Wärmetauschern. Diese Neuerungen passend im Allgemeinen sehr gut in die prinzipiellen Aufbau der Anlagen, werden aber aufgrund technischer und finanzieller Gegebenheiten vorzugsweise beim Ersatz oder Neubau eingesetzt. Insofern gehören klimarelevante Prozessinnovationen gewissermaßen zum gewöhnlichen Geschäftsbetrieb dieser Unternehmen, vor allem da dieser Industriezweig sehr energieintensiv ist und daher Energiekosten einen erheblichen Anteil der Gesamtkosten darstellen. Diese Innovationen haben mehr den Charakter eines kontinuierlichen Fortschritts in Richtung ressourcen- und energieeffizientere Produktionsweise und tragen damit zum Fortschritt bei der Reduzierung von Treibhausgasen bei. Völlig neue, disruptive Innovation wurden hingegen nicht beobachtet.

Für Produktinnovationen waren Kundenwünsche ein wichtiger Anlass, wenn auch oft diese Anfragen nicht direkt im Zusammenhang mit Fragen des Klimas in Verbindung stehen. Dabei war eine gestiegene Nachfrage für jene Unternehmen zu beobachten, die in Lieferbeziehung zu Industriezweigen im Bereich erneuerbare Energien stehen. Dies ist auch bei den Unternehmen zu beobachten, die in der Wertschöpfungskette von Produkten stehen, die im Zuge der regulatorischen Veränderungen in Richtung höherer Energieeffizienz z. B. bei Wohngebäuden nun verstärkt benötigt werden.

Einführung oder Erweiterung von Umwelt- bzw. Energie-Management-Systemen sowie die Zertifizierung dieser sind die am häufigsten beobachtete Form von organisatorischen Innovationen. Kostenaspekte, Steuervorteile und praktische Gründe des Managements in großen (Konzern-)Unternehmen können hier als die wichtigsten Anreize gesehen werden. Für Zwecke des Marketings hat das Thema Klimawandels bislang noch relativ unbedeutend. Teilweise wird mit der Zertifizierung des Umwelt- oder Energiemanagements geworben. Diese stellt oftmals eine Grundvoraussetzung für bestimmte Geschäftskontakte dar.

Im Verlauf der Studie wurde deutlich, dass die sektorale und geographische Nähe nur einen sehr geringen Einfluss auf die Übertragung von Wissen besitzt (*localized spillovers*). Als die wichtigsten Grund hierfür wurden die Heterogenität der Unternehmen in Bezug auf ihre Produktionsprozesse sowie einige Vorbehalte gegen die Offenlegung von betrieblichen Prozessen genannt. Im Vergleich dazu sind z. B. die Spillover-Effekte in Unternehmen derselben Konzerngruppe wesentlich stärker.

Trotzdem findet im Bereich der allgemeinen Energieeffizienz ein regionaler Austausch von Informationen statt.

Als ein Problem für ihre Wettbewerbsfähigkeit sehen die befragten Unternehmen die politische Asymmetrie im Bezug auf umweltpolitische Instrumente wie das EU-ETS oder auch die EU-Chemikalienverordnung ‚REACH‘ zwischen der EU und einigen Schwellenländer wie z. B. China. Dabei werden vor allem höheren Energiekosten, höhere administrativer Aufwand und die damit verbundenen Verzerrungen im internationalen Wettbewerb kritisiert. Dies wird dabei jedoch nicht als Anlass gesehen, diese Teile der europäischen Gesetzgebung aufzuheben, sondern ist hier mehr mit der Forderung nach ähnlichen Regulierungen in aufstrebenden Wirtschaftsregionen verbunden, was auch einen positiven Effekt auf die Umwelt hätte. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht über die wichtigsten Ergebnisse der Studie.

5 Zusammenfassung

Der Klimawandel mit seinen Ursachen und möglichen Folgen ist eines der Themen unserer Zeit, die aktuell sehr häufig und kontrovers diskutiert werden. Aktuell sind europäische Industrieunternehmen in aller Regel weniger durch die direkten Auswirkungen dieses Wandels betroffen, als eher durch die indirekten Folgen, welche durch die reine Wahrnehmung durch Markt, Staat und Zivilgesellschaft entstehen. Da Industrieunternehmen durch ihre Produktionstätigkeit Energie verbrauchen oder selbst Treibhausgase ausstoßen, werden an diese neue Ansprüche seitens ihres betrieblichen Umfeldes herangetragen.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt daher in der Untersuchung von Auswirkungen dieser Ansprüche auf die Innovationsprozesse von Unternehmen. Hierzu wurden zuerst die internationalen Rahmenbedingungen in Form der internationalen Klimapolitik untersucht. Anschließend erfuhr die Ausgestaltung des Europäischen Emissionshandelssystems besonderes Interesse. Auf Unternehmensebene wurde dann ein quantitativ orientiertes Modell zur Simulation des Zertifikatpreisrisikos im Rahmen der stochastischen Gewinn- und Verlustrechnungsplanung vorgestellt. Im letzten Teil der Arbeit wird ein in sich geschlossenen Modellrahmens zur Untersuchung betrieblicher Klimainnovationen entwickelt. Dieser findet anschließend in der Untersuchung von Klimainnovationen in der mitteldeutschen Chemieindustrie Verwendung.

Tabelle 2: Zusammenfassung: Wichtige Ergebnisse der Studie.
Quelle: Eigene Darstellung.

Innovationstyp	Prozessinnovationen	Produktinnovationen	Organisatorische Innovationen	Marketinginnovationen
Wichtigste Ausprägungen	<p><i>inkrementelle</i> Energieeffizienzmaßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> - neue Anlagenkomponenten - Minimierung Energieverluste, Sensibilisierung Mitarbeiter, Optimierung Transport 	<p><i>neue/veränderte Produkteigenschaften bzw. neue Produkte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Energiesparende Eigenschaften von Produkten - Ausgangsprodukte für Industrien der erneuerbaren Energien bzw. „energiesparende“ Produkte - „emissionsarm/energiesparend produziert“ als Produktmerkmal - Kundenanforderungen; Marktnachfrage 	<p><i>Einführung/Erweiterung Energiemanagementsysteme (EMS)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Zertifizierung nach ISO 16001/50001 - Berechnung Carbon Footprint - Einführung Vorschlagswesen 	<p><i>Thema „Klimawandel“ bisher so gut wie nicht thematisiert</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Teilweise Zertifizierung für Marketing eingesetzt: „hohe Qualität“, „sauber“, „progressiv“ - Carbon Footprint nicht genutzt
Treiber	<ul style="list-style-type: none"> - Energiekosten/Risiko; Preisdruck - Technologisches Selbstverständnis - EU ETS nicht unmittelbar 		<ul style="list-style-type: none"> - Energiekosten - Kundennachfrage 	
Quellen	<ul style="list-style-type: none"> - Zulieferer - Kooperation (Zulieferer; Konzern; kaum lokal) 	<ul style="list-style-type: none"> - Eigene anwendungsorientierte F&E - Kooperation mit lokalen Hochschulen und Forschungsinstituten 	<ul style="list-style-type: none"> - Zulieferer; eigene Implementierungen 	
Determinanten	<ul style="list-style-type: none"> - Technischer Fortschritt - Komponenten; Preisentwicklung - Staatliche Förderung (v.a. Investitionszulage) - Kleine/junge/manufakturlastige Unternehmen 	<ul style="list-style-type: none"> - Position und Endprodukte Lieferkette 	<ul style="list-style-type: none"> - steuerliche Anreize (EEG, EnergiStG, StromStG) - Unternehmensgröße; Konzernunternehmen - erwartet Kosten/Nutzen; Einstellung Management 	<ul style="list-style-type: none"> - Position Lieferkette; business-to-business (B2B)? - Branche des Kunden: eigene Darstellung
Determinanten, die alle Innovationsarten beeinflussen	<ul style="list-style-type: none"> - Kompetenz/Kreativität/Einbezug der Mitarbeiter - Mitteleuropa: Gute Akzeptanz der chem. Industrie - 130 Jahre Tradition; wichtiger Arbeitgeber; „Gute Nachbarschaft“ - NGOs, Umweltgruppen: Spielen keine Rolle/kein Kontakt - Gute Zusammenarbeit mit staatlichen Stellen auf Landesebene - Geographische Nähe: kaum Kooperation mit anderen Unternehmen/kein Spillover - Hemmnisse: Wirtschaftliche Zwänge: Finanzierung; Abbau Investitionszulage; Krise 2009 			

Literatur

- Dannenberg, H. und W. Ehrenfeld (2008): Prognose des CO₂-Zertifikatepreisrisikos. IWH-Diskussionspapier 5/2008.
- Dannenberg, H. und W. Ehrenfeld (2010): Stochastic Income Statement Planning and Emissions Trading. IWH Discussion Paper 4/2010.
- Dannenberg, H. und W. Ehrenfeld (2011a): „A Model for the Valuation of Carbon Price Risk“. In: Emissions Trading - Institutional Design, Decision Making and Corporate Strategies (Second Edition). Hrsg. von R. Antes, B. Hansjürgens, P. Letmathe und S. Pickl. Heidelberg; Dordrecht; London; New York: Springer, S. 141–161.
- Dannenberg, H. und W. Ehrenfeld (2011b): Stochastic income statement planning as a basis for risk assessment in the context of emissions trading. In: *Greenhouse Gas Measurement and Management* 1.1, S. 64–72.
- Ehrenfeld, W. (2008a): Das europäische CO₂-Emissionshandelssystem: Was haben wir bisher gelernt? In: *Wirtschaft im Wandel* 3, S. 105–111.
- Ehrenfeld, W. (2008b): Obama und die Wende der US-Klimapolitik - ein Kommentar. In: *Wirtschaft im Wandel* 12, S. 444.
- Ehrenfeld, W. (2009): Nach Kyoto: Internationale Klimapolitik vor ökonomischen Herausforderungen. In: *Wirtschaft im Wandel* 12, S. 506–515.
- Ehrenfeld, W. (2010a): Das Energiekonzept für Deutschland - ein Kommentar. In: *Wirtschaft im Wandel* 10, S. 464.
- Ehrenfeld, W. (2010b): Kopenhagen und die Folgen - die Zukunft internationaler Klimapolitik - ein Kommentar. In: *Wirtschaft im Wandel* 1, S. 3.
- Ehrenfeld, W. (2011a): Aktuelle Trends: Prozessinnovationen zur Reduktion von Treibhausgasen: Ein Beispiel aus der Chemischen Industrie. In: *Wirtschaft im Wandel* 5, S. 179.
- Ehrenfeld, W. (2011b): Emissionsrechtmanagement mit dem „CO₂-Navigator“. IWH-Diskussionspapier 19/2011.
- Ehrenfeld, W. (2011c): Internationale Klimapolitik: Warten auf Durban - ein Kommentar. In: *Wirtschaft im Wandel* 1, S. 5.

- Ehrenfeld, W. (2012a): Climate Innovation - The Case of the Central German Chemical Industry. IWH Discussion Paper 2/2012.
- Ehrenfeld, W. (2012b): Internationale Klimapolitik: Durban ... und nun? In: *Wirtschaft im Wandel* 1, S. 3.
- Ehrenfeld, W. (2012c): CO₂-Preis erneut unter Druck - Preise von CO₂-Emissionszertifikaten in der zweiten Handelsperiode. In: *Wirtschaft im Wandel* 7, S. 203.
- Ehrenfeld, W. (2012d): Towards a Theory of Climate Innovation - A Model Framework for Analyzing Drivers and Determinants. IWH Discussion Paper 1/2012.
- Günther, E., C. Manthey, G. Weber, M. Nowack, H. Dannenberg und W. Ehrenfeld (2010): Klimarisikomanagement mit dem CO₂-Navigator. In: *HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik* 274, S. 74–83.
- Günther, E., G. Weber, M. Nowack und W. Ehrenfeld (2009): „CO₂-Navigator - ein Softwaretool zur Unterstützung von Investitionsoptionen zur Emissionsreduktion und zum Management von Klimarisiken“. In: *Klimaschutz und Anpassung an die Klimafolgen: Strategien, Maßnahmen und Anwendungsbeispiele*. Hrsg. von M. Mahammadzadeh, H. Biebeler und H. Bardt. Köln: Institut der Deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH, S. 145–152.
- IPCC (2007): IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Karl, T. R. und K. E. Trenberth (2003): Modern Global Climate Change. In: *Science* 302, S. 1719–1723.
- Kuttler, W. (2008): *Klimatologie*. Stuttgart: UTB.