

Bräuer, Wolfgang; Stronzik, Marcus; Michaelowa, Axel

Working Paper

Die Koexistenz von Zertifikatemärkten für grünen Strom und CO₂-Emissionen: Wer gewinnt und wer verliert?

HWWA Discussion Paper, No. 96

Provided in Cooperation with:

Hamburgisches Welt-Wirtschafts-Archiv (HWWA)

Suggested Citation: Bräuer, Wolfgang; Stronzik, Marcus; Michaelowa, Axel (2000) : Die Koexistenz von Zertifikatemärkten für grünen Strom und CO₂-Emissionen: Wer gewinnt und wer verliert?, HWWA Discussion Paper, No. 96, Hamburg Institute of International Economics (HWWA), Hamburg

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/19455>

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.

Die Koexistenz von Zertifikatemärkten für grünen Strom und CO₂- Emissionen – wer gewinnt und wer verliert?

Wolfgang Bräuer
Marcus Stronzik
Axel Michaelowa

HWWA DISCUSSION PAPER

96

Hamburgisches Welt-Wirtschafts-Archiv (HWWA)
Hamburg Institute of International Economics

2000

ISSN 1432-4458

The HWWA is a member of:

- Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL)
- Arbeitsgemeinschaft deutscher wirtschaftswissenschaftlicher Forschungsinstitute (ARGE)
- Association d'Instituts Européens de Conjoncture Economique (AIECE)

Die Koexistenz von Zertifikatemärkten für grünen Strom und CO₂- Emissionen – wer gewinnt und wer verliert?

**Wolfgang Bräuer
Marcus Stronzik
Axel Michaelowa**

Diese Studie ist im Rahmen des HWWA-Forschungsschwerpunktes „Internationale Klimapolitik“ entstanden.

HWWA DISCUSSION PAPER

**Edited by the Department
WORLD ECONOMY**

Hamburgisches Welt-Wirtschafts-Archiv (HWWA)
Hamburg Institute of International Economics
Öffentlichkeitsarbeit
Neuer Jungfernstieg 21 - 20347 Hamburg
Telefon: 040/428 34 355
Telefax: 040/428 34 451
e-mail: hwwa@hwwa.de
Internet: <http://www.hwwa.de/>

Wolfgang Bräuer
Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)
Postfach 103443
68034 Mannheim
e-mail: braeuer@zew.de
Telefon: 0621/1235-204
Telefax: 0621/1235-226

Marcus Stronzik
Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)
Postfach 103443
68034 Mannheim
e-mail: stronzik@zew.de
Telefon: 0621/1235-203
Telefax: 0621/1235-226

Axel Michaelowa
Hamburgisches Weltwirtschafts-Archiv (HWWA)
Neuer Jungfernstieg 21
20347 Hamburg
e-mail: michaelo@easynet.fr
Telefon: +33147712680
Telefax: +33147712680

Inhalt

Zusammenfassung	6
Abstract	6
1. ZERTIFIKATE FÜR GRÜNEN STROM UND CO₂-REDUKTIONEN	7
2. ISOLIERTE BETRACHTUNG DER MÄRKTE (REFERENZFALL)	9
2.1 Quoten für Strom aus erneuerbaren Energien und grüne Zertifikate	9
2.2 Der Markt für CO₂-Zertifikate	11
3. WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN GRÜNEM UND CO₂-ZERTIFIKATEMARKT	13
3.1 Geschlossene Koexistenz	13
3.2 Offene Koexistenz	15
4. WER GEWINNT UND WER VERLIERT IM WECHSELSPIEL ZWISCHEN GRÜNEM ZERTIFIKATEMARKT UND CO₂-ZERTIFIKATEMARKT?	18
Literatur	20

Zusammenfassung

Zertifikatmärkte für grünen Strom (erneuerbare Energien) und CO₂-Emissionen wurden bisher in der Literatur überwiegend isoliert betrachtet. Wir analysieren für den Elektrizitätssektor die Implikationen eines Zusammenwirkens (Koexistenz) beider Märkte. Es werden zwei Fälle der Koexistenz unterschieden. Bei geschlossener Koexistenz refinanziert sich ein grüner Stromproduzent ausschließlich über den grünen Zertifikatemarkt, während er bei offener Koexistenz auf beiden Märkten aktiv wird. Beide Situationen sind gegenüber dem Referenzfall als ineffizient zu bewerten. Während bei geschlossener Koexistenz insbesondere CO₂-Verpflichtete einen Vorteil erlangen, profitieren bei offener Koexistenz die Verpflichteten für grünen Strom. Politischen Handlungsträgern wäre anzuraten, ein grünes Zertifikatesystem vor einem CO₂-Markt zu implementieren, da dieser Entwicklungspfad wahrscheinlich weniger Widerstände hervorrufen wird.

Abstract

The paper studies the interaction between emerging markets for tradable green certificates (TGCs) and CO₂-emissions in the electricity sector linked by generation from renewable energy sources (RES). We distinguish open and closed co-existence compared to isolated markets. Open co-existence means RES-generators are able to reimburse production cost on both markets in contrary to closed co-existence where RES-producers only act on the TGC-market. We found that co-existence leads to inefficiencies compared to the reference case. Open co-existence is cheap for TGC-buyers whereas closed co-existence is cheaper for CO₂-certificate-buyers. With respect to timing we advice policymakers to start with a TGC-system in order to gain more acceptance from stakeholders.

1. ZERTIFIKATE FÜR GRÜNEN STROM UND CO₂-REDUKTIONEN

Der Handel von Zertifikaten gilt als effizientes Instrument zur Erreichung von Mengenzielen (z.B. Endres 1994: 118ff. und Rennings et al. 1997: 78ff.). Aufgrund dieser Eigenschaften erscheint das Instrument grundsätzlich geeignet, eine Umweltpolitik umzusetzen, die auf die Einhaltung einer quantitativen Zielvorgabe ausgerichtet ist.

Während Zertifikate in der Theorie bereits eine gewisse Tradition besitzen, findet das Instrument erst in den letzten Jahren vermehrte Aufmerksamkeit hinsichtlich einer praktischen Umsetzung in der Umweltpolitik. Insbesondere in den Vereinigten Staaten wurden in den vergangenen Jahren börsenfähige Nutzungsrechte in Form von Zertifikaten für verschiedene Umweltschadstoffe eingeführt. Die Nachfrage nach derartigen Zertifikaten wird in der Regel durch hoheitlich vorgegebene Gesamtemissionsmengen stimuliert. Das Angebot für Schadstoffreduktionen bestimmt sich dabei aus den Grenzkosten verfügbarer technischer Optionen zur Vermeidung der Umweltschadstoffe. In den USA. werden derzeit vornehmlich regional wirkende Luftschadstoffe wie Schwefeldioxid und Stickoxide mit Hilfe handelbarer Zertifikate reduziert.¹

Die Zertifikate-Idee fand ebenfalls Eingang in die laufenden Klimaverhandlungen. Im Kioto-Protokoll zur Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen ist der Handel von CO₂-Zertifikaten zwischen Einzelstaaten ausdrücklich vorgesehen (Artikel 17).² In vielen Ländern (u.a. Australien, Dänemark, Kanada, Neuseeland, Norwegen, Vereinigtes Königreich, USA) wird derzeit über die konkrete Ausgestaltung nationaler CO₂-Zertifikatemärkte nachgedacht (van Vliet/Joshua 1999). Ferner erstellt die Europäische Kommission zur Zeit ein Grünbuch zu Fragen einer Implementierung innerhalb der EU (Brockmann/Stronzik 1999). Die hoheitlichen Zielvorgaben für dieses Gas können sich beispielsweise aus den nationalen Reduktionsverpflichtungen des Kioto-Protokolls herleiten. Da Kohlendioxid vor allem bei der Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt wird, bestimmt sich das Angebot von CO₂-Reduktionen im wesentlichen aus den

1 Zu einem Überblick über bestehende Zertifikatesysteme siehe z.B. OECD (1998). Zu den amerikanischen Programmen siehe insbesondere KOSCHEL et al. (1998) und SCHWARZE/ZAPFEL (1998).

2 Das Protokoll umfasst noch fünf weitere Gase, die jedoch im Rahmen dieser Arbeit von untergeordneter Bedeutung sind und daher nicht weiter betrachtet werden (UNFCCC 1997).

Grenzkosten der Nutzung erneuerbarer Energien und den Grenzkosten der rationellen Energienutzung bezogen auf eine vermiedene CO₂-Emissionseinheit.¹

Für die Nutzung erneuerbarer Energien gibt es unabhängig von der Einrichtung eines CO₂-Emissionsrechtehandels Bestrebungen einer Mengensteuerung über nationale Quoten für Strom aus erneuerbare Energien (grüner Strom) bezogen auf das nationale Stromaufkommen. Die Erfüllung der Quoten ist zumeist in Verbindung mit einem Zertifikatehandel für grünen Strom zu sehen („grüner Zertifikatemarkt“). Dabei erhalten die Produzenten von grünem Strom ein Zertifikat über ihre Erzeugungsmengen. Diese Zertifikate müssen die Quotenverpflichteten – sofern sie nicht selbst grünen Strom produzieren – erwerben. In den Niederlanden wurde ein derartiges grünes Zertifikatesystem bereits eingeführt. In den USA, in Australien, Belgien, Italien und Dänemark sind solche Instrumente bereits implementiert oder sollen in naher Zukunft eingeführt werden (vgl. Drillisch 1999 UND Wiser 1999).

Es erscheint naheliegend, dass Anbieter von Strom aus mit erneuerbaren Energien betriebenen Anlagen (EEA) sowohl auf einem Zertifikatemarkt für Kohlendioxidemissionen als auch auf dem grünen Zertifikatemarkt agieren können (Koexistenz). Es ist zu vermuten, dass sich sowohl die Preisbildung als auch die Allokation auf beiden Märkten wechselseitig beeinflussen.

Bisher wurden in der Literatur die Zertifikatmärkte für grünen Strom und CO₂-Emissionen überwiegend isoliert betrachtet². Dieser Beitrag verlässt diese eingeschränkte Betrachtungsweise, indem er versucht aufzuzeigen, welche Auswirkungen die Koexistenz von grünem Zertifikatemarkt und CO₂-Zertifikatemarkt haben können und welche Akteure dabei gegenüber einer getrennten Betrachtung der beiden Märkte (Referenzfall) profitieren bzw. verlieren. Schließlich soll eine Aussage darüber getroffen werden, ob es sinnvoll ist, die beiden Märkte für Betreiber von EEA zu öffnen (offene Koexistenz) oder ob diese sich nur in einem der beiden Märkte refinanzieren sollen (geschlossene Koexistenz).

1 CO₂-Rückhaltetechnologien (end-of-pipe) sind derzeit noch so teuer, dass sie nicht berücksichtigt werden. Der Aufbau von CO₂-Senken wird ebenso nicht betrachtet wie die verstärkte Nutzung der Kernenergie und Maßnahmen, die auf Verhaltensänderungen abzielen.

2 Für grünen Strom siehe z.B. Drillisch (1998), für CO₂ siehe z.B. Svendsen (1998).

Als Akteure auf der Nachfrageseite von Zertifikaten werden dabei die Verpflichteten einer Quotenregelung für grünen Strom und die Verpflichteten eines nationalen CO₂-Regimes betrachtet. Für beide Bereiche wird angenommen, dass es sich dabei um Stromlieferanten handelt. Auf der Angebotsseite werden die Einflüsse der Koexistenz auf EEA-Betreiber und auf Anbieter von CO₂-Reduktionen aus rationeller Energienutzung erörtert. Darüber hinaus wird zusätzlich die Sichtweise der Politik diskutiert.

2. ISOLIERTE BETRACHTUNG DER MÄRKTE (REFERENZFALL)

2.1 Quoten für Strom aus erneuerbaren Energien und grüne Zertifikate

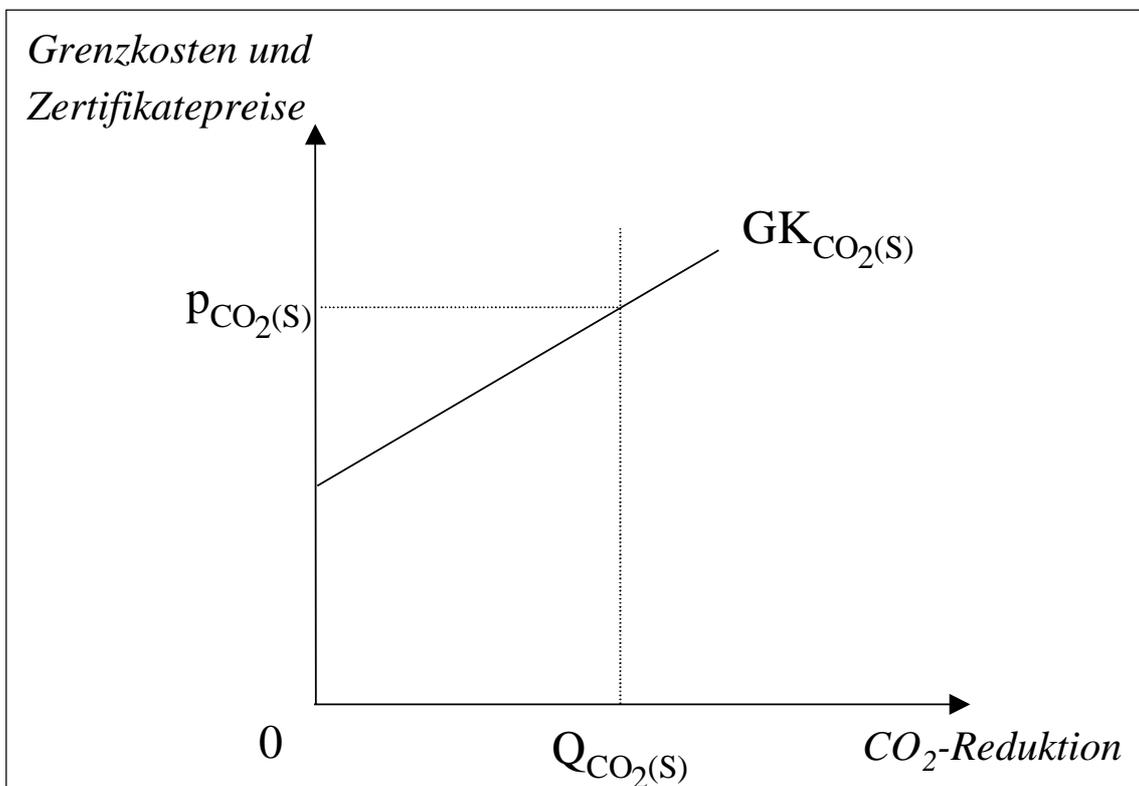
Quoten für Strom aus erneuerbaren Energien werden von Regierungen im wesentlichen vor dem Hintergrund zweier umweltpolitischer Ziele festgelegt. Zum einen soll dadurch ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden, da Strom aus EEA im allgemeinen nicht mit dem Ausstoß von Kohlendioxid einhergeht und gleichzeitig durch den staatlich geförderten Zubau von erneuerbaren Energien Strom aus konventionellen, emissionsbehafteten Kraftwerken verdrängt wird. Zum anderen sollen durch den vermehrten Einsatz erneuerbarer Energieträger bei der Stromerzeugung die Vorkommen knapper Energierohstoffe wie Kohle, Gas, Öl und Uran geschont werden, um auch zukünftigen Generationen die Nutzung dieser Rohstoffe zu ermöglichen.

Aus diesen Gründen hat beispielsweise die EU-Kommission in ihrem Weißbuch das politische Ziel einer Verdopplung des Anteils erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch der EU von heute sechs auf 12 Prozent im Jahr 2010 formuliert (Europäische Kommission 1997). Solche hoheitlichen Zielsetzungen können beispielsweise mit der Festlegung einer Quote für grünen Strom bezogen auf den Stromverbrauch eines Hoheitsgebiets umgesetzt werden.

Um die Flexibilität bei der Quotenerfüllung zu erhöhen, wurde in den Niederlanden die "Grünheit" von Strom (Service) vom physikalischen Stromfluss (Commodity) getrennt. Die Grünheit einer bestimmten Menge Strom wird durch ein Zertifikat bestätigt, dass die Anforderungen an die börsliche Handelbarkeit erfüllen soll. Die Erfüllung der Quotenverpflichtung wird mit solchen grünen Zertifikaten nachgewiesen. Idealerweise können diese über den börslichen Handel bezogen werden. Der Preis für grüne Zertifikate bestimmt sich im wesentlichen aus den Grenzerzeugungskosten für grünen Strom und der Höhe der Quotenvorgabe (vgl. Abbildung 1).

Es wird angenommen, dass in einer zukünftigen Energiewirtschaft die Anbieter von Strom aus EEA ihre Stromgestehungskosten – bei Abwesenheit eines Zertifikatemarkts für CO₂ – aus dem Spot-Marktpreis für die Commodity und dem Zertifikatspreis für den Service (p_S) refinanzieren. Vereinfachend gehen wir an dieser Stelle davon aus, dass die Commodity (Strom) aus verschiedenen EEA-Typen (Windkraftanlage, Biomassekraftwerk, Wasserkraftwerk etc.) den selben Preis am Spotmarkt erzielt.¹ Zudem wird davon ausgegangen, dass keine EEA am Spotmarkt konkurrenzfähig sind. Unter diesen Voraussetzungen kann der Spotmarktpreis für die Bestimmung des Zertifikatspreises vernachlässigt werden, da jeder EEA-Betreiber den Finanzierungsbedarf am grünen Zertifikatemarkt um diesen Preis reduziert.

Abbildung 1: Der grüne Zertifikatemarkt



¹ Diese Annahme ist stark vereinfachend, da Strom nicht gespeichert werden kann. Daher hängt der Preis, den Strom aus EEA erzielen kann, wesentlich davon ab, inwieweit eine Anlage dazu fähig ist, bestimmte Nachfrageprofile (Lastprofile) von Stromkunden zu erfüllen. Gut regelbare Anlagen wie Wasserkraftwerke und Biomassekraftwerke können daher höhere Preise erzielen als Windkraftanlagen oder Photovoltaikanlagen. Das niederländische Modell gewährt allerdings einen garantierten, über alle Technologien gleichen Abnahmepreis für Strom aus EEA. In diesem Fall trifft unsere Annahme zu.

Um weiter unten die Wechselwirkungen mit dem CO₂-Zertifikatemarkt abbilden zu können, werden die Grenzerzeugungskosten und die Quote für grünen Strom in Bezug auf CO₂-Äquivalente angegeben, d. h. es werden die CO₂-Reduktionen des Services (S) "Grünheit" berücksichtigt ($CO_2(S)$). Bei gängigen Betrachtungen des grünen Zertifikatemarkts bezeichnet die x-Achse eine bestimmte Strommenge bzw. einen bestimmten Anteil an der Strommenge und die y-Achse die Grenzkosten der Stromerzeugung. Bei einer fixen Beziehung zwischen Strommenge und der Menge reduzierter CO₂-Emissionen und bei einer relativ geringen Quote kann davon ausgegangen werden, dass sich durch die Bezugnahme auf vermiedene CO₂-Emissionen der Verlauf der Grenzkostenkurve für grünen Strom nicht verändert. Unter diesen Voraussetzungen entspricht eine bestimmte Menge grünen Stroms nämlich einer immer gleichen CO₂-Reduktion. Bei höheren Quoten müsste berücksichtigt werden, dass der Zubau von EEA zu einer deutlichen Veränderung des Strommixes und damit zu einem veränderten Kurvenverlauf führt.

Bei einer isolierten Betrachtung des grünen Zertifikatemarkts können sich die EEA-Betreiber – abgesehen vom Spotmarkt – nur über den Markt für grüne Zertifikate finanzieren. Ihre Angebotskurve bestimmt sich entsprechend des angenommenen Zusammenhangs zwischen Grünheit und CO₂-Reduktion aus ihren Grenzerzeugungskosten der CO₂-Reduktion abzüglich des Spotmarktpreises ($GK_{CO_2(S)}$). Dort wo diese Angebotskurve das Niveau der Quotenvorgabe ($Q_{CO_2(S)}$) schneidet, kann der Preis ($p_{CO_2(S)}$) des isolierten grünen Zertifikatemarkts abgelesen werden. Die Optionen jenseits von $Q_{CO_2(S)}$ kommen im Rahmen der Quotenregelung nicht mehr zum Zuge.

2.2 Der Markt für CO₂-Zertifikate

Im Bereich der CO₂-Emissionen erscheint es durchaus möglich, dass infolge der im Kioto-Protokoll vereinbarten Vorgaben auf nationaler Ebene hoheitlich festgeschriebene Reduktionsquoten (Q_{CO_2}) festgelegt werden. Bei der Umsetzung dieser Quoten in ein nationales Zertifikatesystem sei angenommen, dass eine bestimmte Menge von CO₂-Emissionsrechten an die Verpflichteten des nationalen CO₂-Regimes ausgegeben wird. Die verbrieftete Gesamtemissionsmenge ergibt sich dabei aus den Gesamtemissionen im Basisjahr abzüglich der festgeschriebenen Reduktionsquote.¹ Dies wird in der Regel

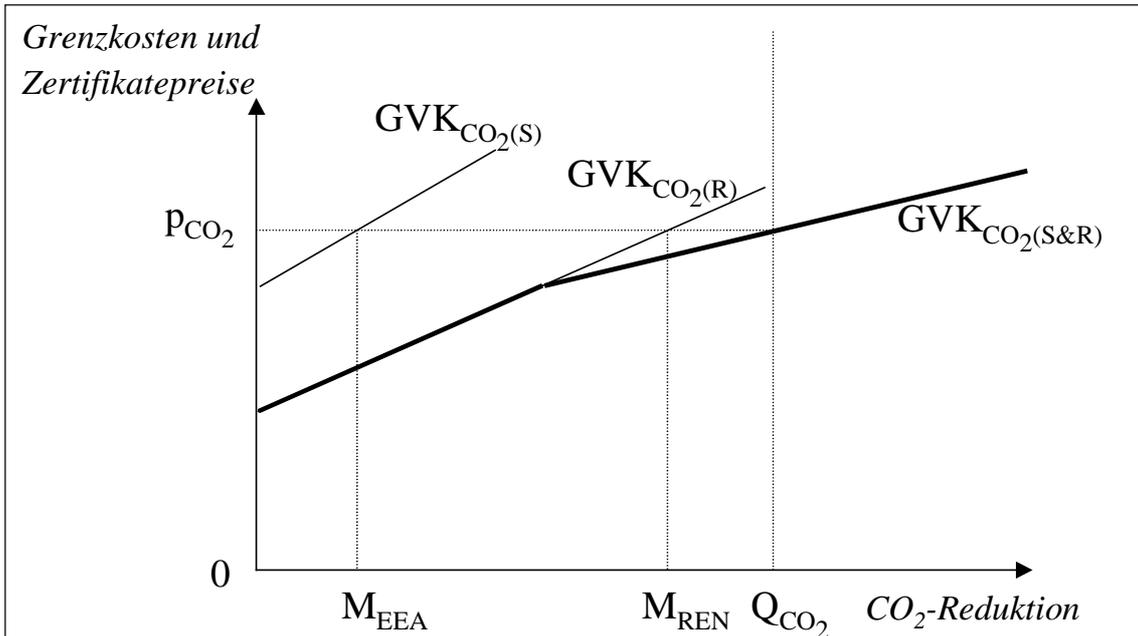
¹ Wird anstelle der hier unterstellten Primärzuteilung im Zuge der freien Vergabe (Grandfathering) ein anderer Vergabemodus gewählt (Auktion), so behalten die folgenden Ausführungen ihre Gültigkeit, da von Marktunvollkommenheiten abstrahiert wird.

dazu führen, dass eine Knappheit der Emissionsrechte herbeigeführt wird, da bei wachsenden Volkswirtschaften davon ausgegangen werden kann, dass die Ist-Emissionen über dem durch Zertifikate verbrieften Emissionsbudget liegen. Es wird diskutiert, dass in einem nationalen CO₂-Zertifikatesystem die Verpflichtung zur Einhaltung des Emissionsbudgets von der Politik an Unternehmen der Stromwirtschaft, Brennstoffhändler oder Verbände übertragen wird (vgl. Jochem, 1999: 354ff.). In dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass Stromlieferanten zur Einhaltung eines Emissionsbudgets verpflichtet sind.¹ Diese können nun einen Teil ihrer (zu hohen) Ist-Emissionen dadurch verdrängen, indem sie einerseits in ihrem Energiemix Kohlestrom beispielsweise durch grünen Strom, durch fossil erzeugten Strom mit höheren Wirkungsgraden oder durch den Verkauf von Maßnahmen der rationellen Energienutzung (Stichwort: Energiedienstleistung) ersetzen. Andererseits können sie auch CO₂-Zertifikate zukaufen.

Das Angebot für CO₂-Reduktionen wird im folgenden als zusammengesetzte Grenzvermeidungskostenkurve ($GVK_{CO_2(S\&R)}$) aus CO₂-Reduktionen durch erneuerbare Energien ($GVK_{CO_2(S)} = GK_{CO_2(S)}$) und aus CO₂-Reduktionen der rationellen Energienutzung ($GVK_{CO_2(R)}$) gebildet (Abbildung 2). Dabei wird – in Übereinstimmung mit der allgemeinen Auffassung (vgl. z.B. LTI-Research Group 1998) – angenommen, dass die Grenzvermeidungskosten aus rationeller Energienutzung durchschnittlich geringer sind als diejenigen erneuerbarer Energien. Der Preis auf dem Zertifikatemarkt (p_{CO_2}) für CO₂ ergibt sich aus dem Schnittpunkt der kumulierten Grenzvermeidungskostenkurve mit dem hoheitlich vorgeschriebenen CO₂-Reduktionsniveau. Entsprechend der Annahme, dass die Grenzvermeidungskosten von erneuerbare Energieanlagen zumeist höher liegen als diejenigen der rationellen Energienutzung (REN), ist deren Marktanteil (M_{EEA}) geringer als derjenige der Anbieter von CO₂-Emissionen aus rationeller Energienutzung (M_{REN}).

1 Diese Annahme ist ungewöhnlich, da Stromlieferanten keine Emittenten sind. Voraussetzung für ein solches System wäre die Zertifizierung der spezifischen CO₂-Emissionen von Strom aus fossilen Kraftwerken.

Abbildung 2: Kumulierte Angebotskurve auf dem CO₂-Zertifikatemarkt bei isolierter Betrachtung



M_{EEA} ist der Anteil EEA, der sich bei alleiniger Existenz des CO₂-Zertifikatemarktes ohne einen zusätzlichen Markt für grüne Zertifikate ergeben würde. Im folgenden wird angenommen, dass dieser Anteil für grünen Strom dem Gesetzgeber als zu gering erscheint und daraus die Notwendigkeit einer zusätzlichen Förderung von Strom aus EEA abgeleitet wird. Die Wechselwirkungen, welche sich aus dem gleichzeitigen Bestehen (Koexistenz) von grünem und CO₂-Zertifikatemarkt ergeben, stehen dabei im Zentrum der Betrachtungen.

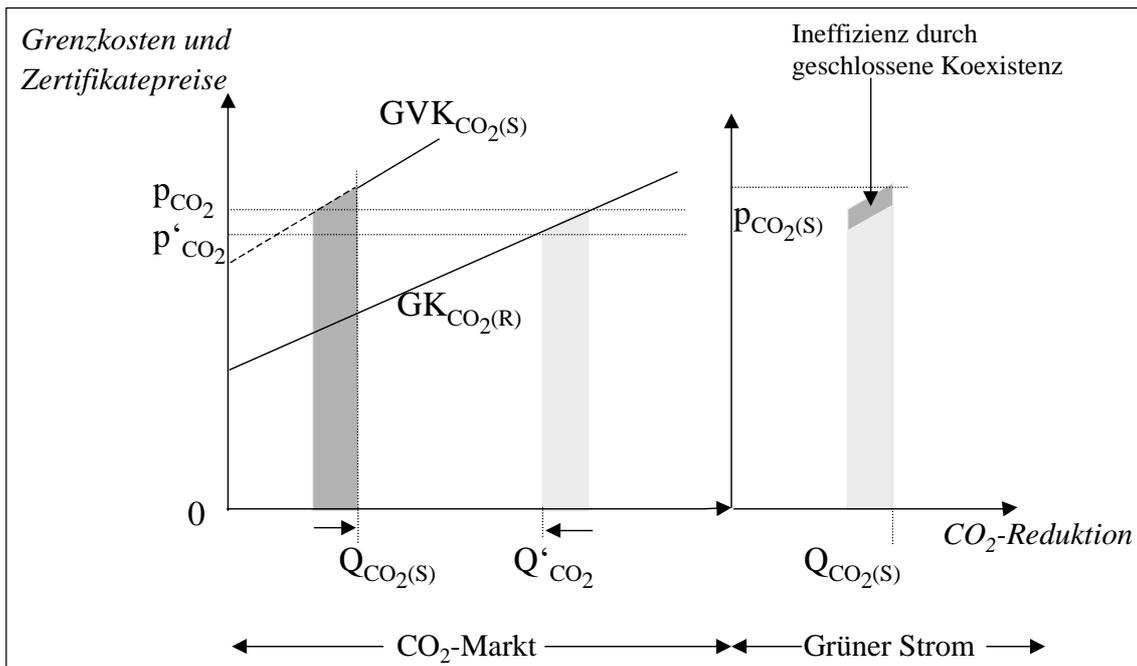
3. WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN GRÜNEM UND CO₂-ZERTIFIKATEMARKT

3.1 Geschlossene Koexistenz

Für den Fall, dass EEA-Betreiber bei Koexistenz ausschließlich auf dem Markt für grünen Strom anbieten dürfen (geschlossene Koexistenz), ergeben sich trotz der Marktabschottung Wechselwirkungen zwischen den beiden Märkten, da in einem geschlossenen System durch die Verwirklichung von Projekten auf dem grünen Markt die Nachfrage auf dem Markt für CO₂-Reduktionen verringert wird.

Gemäß der Annahme, dass durch die Quote für grünen Strom gegenüber einer reinen Zertifikatelösung für das CO₂-Ziel zusätzliche EEA-Betreiber zum Zuge kommen, ist zu erwarten, dass kostengünstigere Maßnahmen zur Einhaltung des Klimaziels gegenüber der isolierten Betrachtung des CO₂-Zertifikatemarkts aufgrund der geringeren Nachfrage nicht mehr zum Zuge kommen (vgl. Abbildung 3).

Abbildung 3: Wechselwirkung der Märkte bei geschlossener Koexistenz



In der Abbildung ist der Preis ($p_{CO_2(S)}$) auf dem grünen Strommarkt rechts abgebildet. Er stellt sich in Folge der Quotenvorgabe für grünen Strom ein. Die Erfüllung dieser Quotenvorgabe führt gegenüber der Betrachtung des CO₂-Markts ohne grüne Quote zu geringeren CO₂-Emissionen der Volkswirtschaft, da CO₂-emittierende Stromproduktion verdrängt wird und somit die Nachfrage nach Emissionsrechten sinkt ($Q'_{CO_2} = Q_{CO_2} - Q_{CO_2(S)}$). Durch die Annahme, dass mehr EEA als bei isolierter Betrachtung des CO₂-Marktes im grünen Zertifikatemarkt zum Zuge kommen (dunkelgraue Fläche) und nicht mehr auf dem CO₂-Zertifikatemarkt anbieten können, wird die verbleibende Nachfrage nach CO₂-Zertifikaten ausschließlich durch rationelle Energienutzung erfüllt. Als Folge sinkt der CO₂-Zertifikatepreis gegenüber der in Abbildung 2 dargestellten isolierten Betrachtung des CO₂-Marktes. Dadurch kommen bei der Verfolgung der grünen Quote und des CO₂-Ziels weniger Anbieter der rationellen Energienutzung zum Zuge.

zung zum Zuge (hellgraue Fläche) als bei alleiniger Verfolgung des CO₂-Ziels. Somit entsteht direkt ein höherer Ressourcenverbrauch, der im rechten Teil der Abbildung als kleine dunkelgraue Fläche gekennzeichnet ist. Gegenüber der isolierten Betrachtung der beiden Einzelmärkte führt die geschlossene Marktparallelität zu einer Preisreduktion auf dem CO₂-Zertifikatemarkt und zu volkswirtschaftlichen Ineffizienzen in Bezug auf die isolierte Betrachtung der Kosten des Klimaschutzes.

Ein effizienzorientierter Klimapolitiker würde daher eine gesonderte Förderung erneuerbarer Energien ablehnen. Andererseits ergeben sich für die Verpflichteten eines CO₂-Zertifikatesystems Vorteile, da ihre CO₂-Verpflichtung zu geringeren Preisen ermöglicht wird, was dadurch bedingt ist, dass auf dem CO₂-Markt die Reduktionen durch den Einsatz erneuerbarer Energien quasi kostenlos bereitgestellt werden. Sie sind bereits voll über den grünen Zertifikatemarkt gedeckt. Für die EEA-Betreiber ändert sich gegenüber einer isolierten Betrachtung des grünen Zertifikatemarkts nichts. Der Preis für grüne Zertifikate bleibt gleich und damit bleibt auch die Situation der Verpflichteten einer Quotenregelung für grünen Strom unverändert.

3.2 Offene Koexistenz

Wird es den EEA-Betreibern ermöglicht, sich sowohl über den Markt für grüne Zertifikate als auch über den CO₂-Zertifikatemarkt zu refinanzieren (offene Koexistenz), so ist – im Gegensatz zur geschlossenen Koexistenz, bei der eine Beeinflussung nur in eine Richtung stattfindet – eine Wechselwirkung in beide Richtungen gegeben. Zum einen wirkt der grüne Zertifikatemarkt auf den Markt für CO₂-Reduktionen ein, zum anderen sind diesmal auch Rückwirkungen in umgekehrter Richtung vorhanden.

EEA-Betreiber können hinsichtlich der Quote um den CO₂-Zertifikatepreis bei offener Koexistenz (p'_{CO_2}) günstiger anbieten ($GK_{CO_2(S)} - p'_{CO_2}$). Auf dem Markt für grüne Zertifikate ergibt sich dadurch ein um diesen Betrag verminderter Marktpreis ($p'_{CO_2(S)} = p_{CO_2(S)} - p'_{CO_2}$). In Abbildung 4 sind beide Märkte in ein Diagramm integriert, wobei der abgeleitete grüne Zertifikatemarkt unten links abgetragen ist.

Produzenten, die bereits am CO₂-Markt wirtschaftlich agieren, können auf dem grünen Markt bei offener Koexistenz zu Kosten von null anbieten.

katemarkt zum Zuge gekommen sind ($GVK_{CO_2(S)} - p'_{CO_2(S)}$). Der teuerste EEA-Betreiber aus der Quote bietet dann gerade zu p'_{CO_2} an. Es ist zu berücksichtigen, dass alle Anbieter, die zu p'_{CO_2} ihre Reduktionen ursprünglich nicht konkurrenzfähig auf dem CO_2 -Markt anbieten können, maximal einen Preis in dieser Höhe verlangen dürfen, da sie im Wettbewerb mit REN-Produzenten stehen und ansonsten von diesen verdrängt würden. Da die Finanzierung über den CO_2 -Markt Bedingung für Ihre Kostendeckung ist, wird diese Gruppe zu p'_{CO_2} anbieten. Alle – auch ohne zusätzlich Förderung erneuerbarer Energien – konkurrenzfähigen Anbieter verbleiben auf ihrer ursprünglichen Kostenkurve, sie werden auch weiterhin erfolgreich bestehen. Dadurch verschiebt sich der Verlauf der kumulierten Grenzvermeidungskostenkurve ($GVK'_{CO_2(S\&R)}$) in bestimmten Teilen nach unten, da einige Anbieter aufgrund der Teilfinanzierung über den grünen Zertifikatemarkt auf dem CO_2 -Zertifikatemarkt günstiger anbieten können, als sie dies im isolierten Fall könnten. Der veränderte Kurvenverlauf ist in Abbildung 4 gestrichelt eingezeichnet. Jenseits von Punkt B verlaufen die beiden kumulierten Grenzvermeidungskostenkurven wieder identisch, da jenseits dieses Punkts nur die Kosten derjenigen EEA-Betreiber berücksichtigt werden, die durch die Quote keine Förderung erhalten und damit nicht anders anbieten können als bei einer isolierten Betrachtung des CO_2 -Zertifikatemarkts.

Der Preiseffekt auf dem CO_2 -Zertifikatemarkt unter offener Koexistenz ist exakt derselbe wie bei geschlossener Koexistenz, da der sich einstellende Preis die gleiche CO_2 -Reduktion durch rationelle Energienutzung herbeiführen muss wie im Fall geschlossener Koexistenz. Liegt die CO_2 -Reduktionsquote rechts von B , gibt es keinen Preiseffekt. In diesem Fall wäre die Einführung einer Quote für erneuerbare Energien nicht notwendig, da bereits am CO_2 -Markt hinreichend – d.h. in politisch gewünschtem Maße – Anbieter konkurrenzfähig wären.

Die allokativer Effizienz des CO_2 -Zertifikatemarkts wird durch die Koexistenz der Märkte in Falle $Q_{CO_2} < B$ jedoch negativ beeinträchtigt. Durch die zusätzliche Förderung einiger EEA-Betreiber auf dem grünen Zertifikatemarkt können diese kostengünstigere CO_2 -Vermeidungsoptionen aus dem CO_2 -Zertifikatemarkt verdrängen. Der Effekt entspricht demjenigen aus der geschlossenen Koexistenz, da sich derselbe CO_2 -Zertifikatspreis bei gleicher Nachfrage einstellt.

Von der offenen Koexistenz profitieren gegenüber einer isolierten Betrachtung der beiden Märkte zunächst die Verpflichteten der grünen Quote und der CO_2 -Reduktion, da

sich die Preise für Zertifikate auf beiden Märkten verringern können. Gegenüber der geschlossenen Koexistenz profitieren lediglich die Nachfrager nach grünen Zertifikaten, da der Preiseffekt auf dem CO₂-Markt bei geschlossener und offener Koexistenz gegenüber der isolierten Betrachtung der beiden Märkte gleich ist. Die Nachfrager nach grünen Zertifikaten werden daher eine offene Koexistenz bevorzugen, während die Nachfrager nach CO₂-Zertifikaten indifferent sind. Insbesondere die Stromwirtschaft wird sich für eine offene Koexistenz einsetzen, da die Unternehmen dieser Branche möglicherweise Verpflichtete beider Regulierungen sein könnten. Für den effizienzorientierten Klimapolitiker ergeben sich durch den Wechsel von geschlossener zu offener Koexistenz weder Vor- noch Nachteile, da die Ineffizienz gegenüber der isolierten Betrachtung des CO₂-Markts gleich bleibt. Für Akteure, die ausschließlich der grünen Quote verpflichtet sind, ergeben sich Vorteile gegenüber einer geschlossenen Koexistenz, da sie nicht mehr den gesamten Service des grünen Stroms bezahlen müssen, sondern nur den um den speziellen Service „CO₂-Verminderung“ reduzierten Anteil. Obwohl der Preis auf dem CO₂-Markt bei geschlossener und offener Koexistenz derselbe ist, muss die Erfüllung der CO₂-Verpflichtung teurer erkaufte werden, da die CO₂-Verpflichteten bei geschlossener Koexistenz einen Teil der CO₂-Minderung „geschenkt“ bekommen. Im Falle offener Koexistenz muss dieser Teil ebenfalls finanziert werden. Die CO₂-Verpflichteten tragen in diesem Fall einen Teil der Kosten zur Erfüllung der grünen Quote mit.

4. WER GEWINNT UND WER VERLIERT IM WECHSELSPIEL ZWISCHEN GRÜNEM ZERTIFIKATEMARKT UND CO₂-ZERTIFIKATEMARKT?

Aus den obigen Überlegungen lassen sich potentielle Gewinner und Verlierer der wechselseitigen Beeinflussung des Markts für grüne Zertifikate und des Markts für CO₂-Zertifikate identifizieren.

Im Vergleich zur isolierten Betrachtung der Einzelmärkte profitieren durch die (offene und geschlossene) Koexistenz der beiden Märkte in jedem Fall die Nachfrager nach Zertifikaten der jeweiligen Regulierung. Dies liegt vor allem daran, dass die Stromerzeugung aus Erneuerbare-Energie-Anlagen sowohl dem Ziel der grünen Quote als auch der CO₂-Reduktion dient. Betrachtet man nur das CO₂-Ziel, ergibt sich durch die Förderung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien eine Doppeltförderung, die klar zu Lasten der Anbieter von CO₂-Reduktionen aus rationeller Energienutzung geht. Gegenüber der isolierten Betrachtung des CO₂-Ziels gilt diese Aussage sowohl für die offene

als auch die geschlossene Koexistenz der beiden Zertifikatmärkte. Die Anbieter von CO₂-Reduktionen aus rationeller Energienutzung werden daher dafür plädieren, keine über den CO₂-Zertifikatemarkt hinausgehende Förderung für erneuerbare Energien einzuführen.

Die Verpflichteten einer Quotenreglung für grünen Strom profitieren sehr stark von der offenen Koexistenz der beiden Zertifikatmärkte, da gegenüber der isolierten Betrachtung der grünen Quote ein Teil der Quotenerfüllung auf die Verpflichteten der CO₂-Regulierung abgewälzt wird. Jene bezahlen bei offener Koexistenz für die Klimaschutzzeigenschaft des grünen Stroms, so dass die Verpflichteten der grünen Quote nur einen Teil der Grünheit des Stroms aus erneuerbaren Energien vergüten müssen. EEA-Betreiber haben keine Vorteile durch die offene Koexistenz. Sie können keine zusätzlichen Produzentenrenten erwirtschaften. In der Realität sehen sie sich vielmehr mit wachsenden Transaktionskosten konfrontiert.

Abschließend kann festgestellt werden, dass eine offene Koexistenz der beiden Zertifikatmärkte auf keine unüberwindbaren Widerstände bei den betroffenen Akteuren treffen würde. Da beide Zertifikatesysteme in Deutschland noch nicht eingeführt sind, kann von Seiten der Politik entschieden werden, in welcher Reihenfolge die Märkte eingeführt werden sollen. Mit geringeren Widerständen ist sicherlich dann zu rechnen, wenn der grüne Zertifikatemarkt zuerst eingeführt wird. Bei einem Übergang zur offenen Koexistenz mit einem CO₂-Zertifikatemarkt könnte man auf die Unterstützung der Verpflichteten des grünen Zertifikatemarkts rechnen, da diese mit Kostenreduktionen rechnen könnten. Auf dem CO₂-Markt würden dann von vorneherein weniger Anbieter von Maßnahmen der rationellen Energienutzung zum Zuge kommen. Bei einer anderen Reihenfolge der Einführung hätte man dagegen mit dem Widerstand dieser Akteure zu rechnen, da sie bei offener Koexistenz der beiden Zertifikatmärkte vom Markt verdrängt würden.

Literaturverzeichnis

- Brockmann, K.L.; Stronzik, M. (1999):*
Flexible Mechanisms for an Efficient Climate Policy. *Zeitschrift für Angewandte Umweltforschung* 3, 414-417.
- Drillisch, J. (1998):*
Quotenregelung für erneuerbare Energien und Zertifikatehandel auf dem niederländischen Elektrizitätsmarkt. *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 4, 247-263.
- Drillisch, J. (1999):*
Quotenregelung für regenerative Stromerzeugung. München.
- Endres, A. (1994):*
Umweltökonomie. Darmstadt.
- Europäische Kommission (1997):*
Energie für die Zukunft: erneuerbare Energieträger– Weißbuch für eine Gemeinschaftsstrategie und Aktionsplan. KOM(97) 599, endg. vom 26.11.1997, Brüssel.
- Jochem, A. (1999):*
Rahmenbedingungen für ein internationales System handelbarer Emissionsrechte im Kyoto-Protokoll. *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht* 3, 349-368.
- Koschel, H.; Brockmann, K.L.; Schmidt, T.F.N.; Stronzik, M.; Bergmann, H. (1998):*
Handelbare SO₂-Zertifikate für Europa – Konzeption und Wirkungsanalyse eines Modellvorschlags. Heidelberg.
- LTI-Research Group (1998):*
Long-Term Integration of Renewable Energy Sources into the European Energy System. Heidelberg.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (1998):*
Lessons from Existing Trading Systems for International Greenhouse Gas Emission Trading. OECD Information Paper EVV/EPOC(98)13/REV1, Paris.
- Rennings, K.; Brockmann, K.L.; Koschel, H.; Bergmann, H.; Kühn, I. (1997):*
Nachhaltigkeit, Ordnungspolitik und freiwillige Selbstverpflichtungen. Heidelberg.
- Schwarze, R.; Zapfel, P. (1998):*
Sulfur Allowance Trading and the Regional Clean Air Incentives Market: How Similar are the Programs Really?, Technische Universität Berlin Discussion Paper 1998/06, Berlin.

Svendsen, G.T. (1998):

A General Model for CO₂ Regulation: the Case of Denmark. *Energy Policy* 1, 33-44.

UNFCCC – United Framework Convention on Climate Change (1997):

The Kyoto Protocol. Climate Change Secretariat, Bonn.

Vliet, M.J. van; Joshua, F. (1999):

Domestic Emissions Trading Initiatives. *Global Greenhouse Emissions Trader* 7, 1-4.

Wiser, R. (1999):

Memo on State Portfolio Standards. LBNL Reports and Memos, <http://eetd.lbl.gov/EA/EMP/emppubs.html>, October.