

**Volkswirtschaftliche Schriften**

---

**Heft 442**

# **Kompensationen im Klimaschutz**

**Ein erster Schritt  
zu einem nachhaltigen Schutz  
der Erdatmosphäre**

**Von**

**Henning Rentz**



**Duncker & Humblot · Berlin**

**HENNING RENTZ**

**Kompensationen im Klimaschutz**

# **Volkswirtschaftliche Schriften**

**Begründet von Prof. Dr. Dr. h. c. J. Broermann †**

**Heft 442**

# **Kompensationen im Klimaschutz**

**Ein erster Schritt  
zu einem nachhaltigen Schutz  
der Erdatmosphäre**

**Von**

**Henning Rentz**



**Duncker & Humblot · Berlin**

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Rentz, Henning:**

Kompensation im Klimaschutz : ein erster Schritt zu einem nachhaltigen Schutz der Erdatmosphäre / von Henning Rentz. – Berlin : Duncker und Humblot, 1995

(Volkswirtschaftliche Schriften ; H. 442)

Zugl.: Münster (Westfalen), Univ., Diss., 1994

ISBN 3-428-08202-8

NE: GT

Alle Rechte vorbehalten  
© 1995 Duncker & Humblot GmbH, Berlin  
Fotoprint: Berliner Buchdruckerei Union GmbH, Berlin  
Printed in Germany

ISSN 0505-9372  
ISBN 3-428-08202-8

Gedruckt auf alterungsbeständigem (säurefreiem) Papier  
gemäß der ANSI-Norm für Bibliotheken

*Für Claudia*



## Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Genossenschaftswesen der Universität Münster. Sie wurde im Sommer 1994 von der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster als Dissertationsschrift angenommen.

Ihre Entstehung wurde - neben vielem Mühen und Ringen - begleitet von zahlreichen kritischen Anregungen und Diskussionsbeiträgen. Mein Dank gilt hier besonders meinem akademischen Lehrer und Doktorvater Prof. Dr. Holger Bonus, der mein Interesse für die Umweltökonomie überhaupt erst geweckt und gefördert hat, sowie Herrn Prof. Dr. Hans-Jürgen Ewers, der mir neben der Erstellung des Koreferates auch bei anderen Dingen zur Seite stand.

Danken möchte ich ebenfalls allen Kolleginnen und Kollegen des Instituts für Genossenschaftswesen für die unterschiedlichsten Arten an Unterstützung und Kritik. Hervorheben möchte ich an erster Stelle meinen Freund und ehemaligen Kollegen Dr. Frank I. Igelhorst, dem es neben der Vermittlung seelischen Beistands in langen Nächten und an einsamen Wochenenden auch gelungen ist, meine orthographischen Scharten auszuwetzen, und Dr. Martin Dabrowski, der in EDV-technischen und vielen inhaltlichen Fragen stets ein kompetenter Ansprechpartner war. Herrn Dipl.-Volkswirt Michael Häder danke ich für die Durchsicht des Manuskriptes und einige wichtige Anregungen, Frau Dipl.-Volkswirtin Astrid Klesse für ihre Anteilnahme, Frau Dipl.-Volkswirtin Anke Maselli für die reibungslose Übernahme meines Büros und Herrn Dipl.-Volkswirt Ferdinand W. Altmann dafür, daß ich noch einmal "meinen" PC benutzen konnte.

Vor allem bedanke ich mich bei meiner Familie, die mir in jeder Hinsicht Rückhalt und Beistand gegeben hat, und natürlich bei Claudia, auch wenn es nicht immer ganz einfach war.

Münster, im August 1994

*Henning Rentz*



## Inhaltsverzeichnis

1. Einführung.....	17
--------------------	----

### *Erster Teil* **Grundlagen**

2. Naturwissenschaftliche, ökonomische und politische Aspekte des Klima- problems.....	21
2.1 Treibhauseffekt und Klimaänderung.....	21
2.1.1 Derzeitiger wissenschaftlicher Kenntnisstand.....	22
2.1.2 Ursachen und Verursacher des anthropogenen Treibhaus- effekts.....	25
2.1.3 Modellrechnungen hinsichtlich zukünftiger Veränderungen.....	32
2.1.4 Folgen der Klimaveränderung.....	33
2.2 Das Umweltproblem aus ökonomischer Sicht.....	34
2.2.1 Öffentliche Güter und externe Effekte.....	35
2.2.2 Klassische Internalisierungsstrategien.....	42
2.2.2.1 Die Pigou-Lösung.....	43
2.2.2.2 Internalisierung durch Verhandlungen.....	46
2.2.3 Sustainable Development.....	50
2.2.3.1 Das Konzept des Sustainable Development.....	50
2.2.3.2 Indikatoren.....	52
2.2.3.3 Instrumente.....	54
2.3 Die UNCED-Konferenz.....	56
2.3.1 Entwicklungsgeschichte.....	56
2.3.2 Ergebnisse der UNCED.....	58
2.3.3 Die Klimakonvention.....	61

3.	Politische, technische und ökonomische Optionen zur Reaktion auf Treibhausgas-Emissionen.....	65
3.1	Politische Optionen .....	66
3.2	Technische Optionen am Beispiel des Kohlendioxids .....	67
3.2.1	Energieeinsparungen und Steigerung der Effizienz.....	68
3.2.2	Substitution zwischen Energieträgern .....	73
3.2.2.1	Substitution zwischen fossilen Energieträgern .....	73
3.2.2.2	Substitution durch CO <sub>2</sub> -freie Energieträger .....	75
3.2.3	Schaffung und Erhaltung von Kohlendioxid-Senken.....	77
3.2.4	Entwicklung neuer Technologien .....	78
3.3	Ökonomische Optionen .....	79
3.3.1	Anforderungen an das Instrumentarium .....	79
3.3.2	Nationale Emissionsquoten.....	80
3.3.3	Nationale Abgaben .....	81
3.3.4	Globale Abgaben.....	83
3.3.5	Handelbare Emissionsrechte.....	84
3.3.6	Kompensationen.....	84

### *Zweiter Teil*

## **Kompensationen im Klimaschutz**

4.	Kompensationen als umweltökonomisches Instrument.....	86
4.1	Kompensationen in der ökonomischen Theorie .....	88
4.2	Kompensationen als allokatonspolitisches Instrument .....	92
4.2.1	Abgrenzung zu Zertifikaten .....	92
4.2.2	Emission vs. pollution licence.....	95
4.2.3	Anforderungen an ein effizientes Kompensationskonzept.....	97
4.2.4	Praktizierte Varianten.....	102

4.2.5	Folgerungen für die Ausgestaltung des Kompensationskonzeptes.....	108
4.2.5.1	Grundlegende instrumentelle Ausgestaltung.....	109
4.2.5.2	Gestaltung der Emissionsrechte.....	119
4.2.5.3	Denkbare Reduktionsmaßnahmen mit Kompensationsgeschäften .....	122
4.2.5.4	Monitoring und Schaffung von Institutionen .....	126
4.2.5.5	Verbleibende Probleme.....	132
4.2.6	Anreize auf internationaler Ebene.....	134
4.2.6.1	Anreize für kompensierende Länder .....	136
4.2.6.2	Anreize für Gastländer .....	138
4.2.7	Theoretische Analyse des Kompensationskonzeptes.....	141
4.2.7.1	Ordnungsrecht und freiwillige Selbstverpflichtung ....	141
4.2.7.2	CO <sub>2</sub> -Abgabe .....	146
4.2.7.3	Vergleich der grundlegenden instrumentellen Ausgestaltungen.....	155
4.3	Praktische Umsetzung des Kompensationskonzeptes.....	158
4.3.1	Ergänzungen zur neoklassischen Analyse.....	158
4.3.1.1	Verhaltensannahmen.....	159
4.3.1.2	Dimensionen von Transaktionen .....	161
4.3.1.3	Asymmetrische Informationsverteilung und Transaktionsatmosphäre.....	163
4.3.1.4	Einfluß auf die Organisationsform von Kompensationsprojekten .....	164
4.3.2	Kooperationsformen .....	166
4.3.3	Das Equity Joint Venture als mögliche Kooperationsform für Kompensationen.....	170
4.4	Exkurs: Beispielrechnungen für die Rentabilität von Kompensationen .....	178
4.5	Zwischenfazit .....	193

*Dritter Teil*  
**Erweiterung des Kompensationskonzeptes**

5.	Von Kompensationen zum Lizenzmodell.....	197
5.1	Ein globales Lizenzmodell als Lösungsansatz für das Klimaproblem.....	197
5.1.1	Grundidee .....	198
5.1.2	Gestaltung der Emissionsrechte .....	200
5.1.3	Verschärfung des ökologischen Rahmens.....	200
5.1.4	Handel mit Emissionsrechten .....	201
5.1.5	Institutionelle Ausgestaltung.....	207
5.1.6	Aufnahme neuer Quellen und Senken .....	209
5.1.7	Kontrolle und Sanktionen .....	210
5.1.8	Alternativen für die Erstvergabe der Emissionsrechte .....	213
5.2	Einführung des Systems.....	218
5.2.1	Errichtung eines Lizenzsystems und dessen sukzessive Ausweitung .....	218
5.2.2	Kompensationen als Einstieg.....	220
5.3	Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse.....	224
6.	Ausweitung des Ansatzes auf andere Schadstoffe .....	226
6.1	Ziele für die Emissionen einzelner Spurengase .....	227
6.2	Kompensationen mit anderen Spurengasen .....	230
6.3	Einbeziehung weiterer Spurengase in das Lizenzsystem.....	233
6.4	Zeitpunkt der Aufnahme weiterer Spurengase.....	236
7.	Schlußbetrachtung .....	237
Anhang :   Formaler Nachweis der ökonomischen Effizienz von Selbstver- pflichtungsabkommen, Ordnungsrecht und Kompensationen .....		241
Literaturverzeichnis .....		245

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Zusammensetzung der Troposphäre .....	24
Tab. 2:	Ursachen des zusätzlichen Treibhauseffekts .....	26
Tab. 3:	Struktur der Agenda 21 (Auszug).....	60
Tab. 4:	Technische CO <sub>2</sub> -Verminderungspotentiale, bezogen auf das Jahr 1987.....	71
Tab. 5:	Kohlendioxid-Koeffizienten fossiler Energieträger .....	74
Tab. 6:	Daten zur Modellrechnung.....	181
Tab. 7:	Vergabeschlüssel für CO <sub>2</sub> -Lizenzen .....	214
Tab. 8:	Schrittweise Einführung des globalen Lizenzsystems .....	220
Tab. 9:	Reduktionsplan der Enquete-Kommission für Treibhausgase.....	228
Tab. 10:	Reduktionsplan der Enquete-Kommission für CO <sub>2</sub> .....	229

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Anteile der Spurengase am anthropogenen Treibhauseffekt.....	25
Abb. 2:	Beziehung zwischen Emissionen und Schäden .....	31
Abb. 3:	Pareto-Optimum und ökologische Rahmenbedingungen .....	41
Abb. 4:	Pareto-optimale Internalisierung negativer externer Effekte mit Hilfe einer Pigou-Steuer .....	44
Abb. 5:	Pareto-optimale Internalisierung negativer externer Effekte durch Verhandlungen .....	47
Abb. 6:	Die Ergebnisse der UNCED.....	58
Abb. 7:	Kompensationsmodell.....	110
Abb. 8:	Grundlegende instrumentelle Ausgestaltung für Kompensationen auf Unternehmensebene.....	116
Abb. 9:	Funktionsweise und ökonomische Effizienz von Kompensationen .....	142
Abb. 10:	Kompensationen bei diskreten Kostensprüngen.....	144
Abb. 11:	Kompensationen bei Abgaben in nur einem Land.....	150
Abb. 12:	Kompensationen bei gleichen Abgaben in beiden Ländern .....	151
Abb. 13:	Kompensationen bei unterschiedlichen Abgabesätzen .....	153
Abb. 14:	Kompensationen und Abgaben bei diskreten Kostensprüngen .....	154
Abb. 15:	Governance Structures .....	165
Abb. 16:	Kooperationsformen zwischen Markt und Hierarchie .....	168
Abb. 17:	Bestimmungsfaktoren wirtschaftlicher Kooperation.....	169
Abb. 18:	Spezifische CO <sub>2</sub> -Minderungskosten in Abhängigkeit vom Abgabesatz .....	192
Abb. 19:	CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Regionen.....	215

## Abkürzungsverzeichnis

ANF	- Annuitätenfaktor
Bd.	- Band
CAA	- Clean Air Act
CDU	- Christlich Demokratische Union
CH <sub>4</sub>	- Methan
cm	- Zentimeter
CO <sub>2</sub>	- Kohlendioxid
DM	- Deutsche Mark
e. V.	- eingetragener Verein
ECU	- European Currency Unit
EPA	- Environmental Protection Agency
ERC	- Emission Reduction Credit
EU	- Europäische Union
EVU	- Energieversorgungsunternehmen
EWS	- Europäisches Währungssystem
f.	- folgende
FCKW	- Fluorchlorkohlenwasserstoffe
ff.	- fortfolgende
GATT	- General Agreement on Tariffs and Trade
GEF	- Global Environmental Facility
GuD	- Gas- und Dampfturbinen-Technik
H <sub>2</sub> O	- Wasser (Wasserdampf)
Hrsg.	- Herausgeber
INC	- Intergovernmental Negotiating Committees
IWF	- Internationaler Währungsfonds
Jg.	- Jahrgang
Kap.	- Kapitel
kg	- Kilogramm
kJ	- Kilojoule
km	- Kilometer
kWh	- Kilowattstunden

LKW	- Lastkraftwagen
Mio.	- Millionen
Mrd.	- Milliarden
N <sub>2</sub> O	- Distickstoffoxid (Lachgas)
No.	- Number
Nr.	- Nummer
o. V.	- ohne Verfasser
O <sub>3</sub>	- Ozon
OECD	- Organisation for Economic Co-operation and Development
OPEC	- Oil Producing and Exporting Countries
PKW	- Personenkraftwagen
ppmv	- parts per million Volumenanteil
rel. GWP	- relativ global warming potential
S.	- Seite
SKE	- Steinkohleeinheiten
SO <sub>2</sub>	- Schwefeldioxid
spez. THP	- spezifisches Treibhauspotential
TA Luft	- Technische Anleitung Luft
Tab.	- Tabelle
TÜV	- Technischer Überwachungsverein
u	- Atomgewicht
u. a.	- und andere
UdSSR	- Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken
UN	- United Nations
UNCED	- United Nations Conference on Environment and Development
UNCTAD	- United Nations Conference on Trade and Development
UNDP	- United Nations Development Programme
UNEP	- United Nations Environment Programme
USA	- United States of America
Vgl.	- Vergleiche
Vol.	- Volume
vs.	- versus
WCED	- World Commission on Environment and Development
WMO	- World Meteorological Organisation

## 1. Einführung

Nur wenige Themen sind in den vergangenen Jahren so kontrovers diskutiert worden wie das des Treibhauseffekts mit seinen drohenden Konsequenzen. Das Spektrum der vorgebrachten Szenarien reicht von der Ansicht, die anstehenden Klimaveränderungen brächten kaum spürbare Änderungen mit sich, bis zur Prophezeiung, die gesamte Existenz der Menschheit hänge von einer wirksamen Bekämpfung des Treibhauseffekts ab. Gleichmaßen extrem sind die Forderungen an die Handlungsstrategien. "Business-as-usual" oder drastische Verringerungen der Emissionen von Treibhausgasen mit entsprechenden ökonomischen und gesellschaftlichen Folgen sind die jeweiligen Vorschläge, dem Problem zu begegnen.

Die globale Dimension des Klimaproblems erfordert, daß wirksamer Klimaschutz nur unter Mitwirkung vieler - und im Idealfall aller - Staaten geleistet werden kann. Für die Entwicklung eines umweltpolitischen Konzeptes ist es daher von zentraler Bedeutung, Anreize so zu setzen, daß entwickelte und weniger entwickelte Staaten bereit sind, ein umfassendes Abkommen zum Klimaschutz zu ratifizieren und die darin enthaltenen Verpflichtungen zu erfüllen. Die schwierigen und langwierigen Verhandlungen zur Klimakonvention im Rahmen der United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) im Juni 1992 in Rio de Janeiro haben gezeigt, daß die Komplexität des Themas neben der Erfassung naturwissenschaftlicher Rahmendaten insbesondere der Berücksichtigung ökonomischer und entwicklungspolitischer Aspekte bedarf. Die konkrete Ausgestaltung eines umweltpolitischen Instrumentariums zur Erreichung der gesetzten ökologischen Ziele wurde der Vertragsstaatenkonferenz als Folgekonferenz der UNCED übertragen.

Für die Lösung des Klimaproblems wird von Ökonomen und zum Teil auch von politischer Seite immer häufiger die Einrichtung eines globalen Lizenzsystems vorgeschlagen, mit dem die Emissionen der verschiedenen treibhausrelevanten Spurengase reguliert werden sollen. Die Umsetzung dieses theoretisch überzeugenden umweltpolitischen Instruments stößt allerdings auf die Schwierigkeit, daß sich die beteiligten Staaten schon im Vorfeld auf die jeweils zuzuteilenden Mengen an Emissionsrechten einigen müssen. Eine solche Einigung, die von *Mostafa Tolba*, dem Exekutivdirektor des United Na-

tions Environment Programme (UNEP) als "Quantensprung"<sup>1</sup> bezeichnet wird, erscheint aber aus praktischer Sicht als illusionär.

Eine ähnliche, aber pragmatischere Alternative bietet der Ansatz, es Unternehmen oder Staaten zu ermöglichen, an anderen als eigenen Anlagen erzielte Emissionsreduktionen auf ein Emissionsziel oder die Bemessungsgrundlage für eine Abgabe anzurechnen. Dieses als "Joint Implementation" oder "Kompensation" bezeichnete Konzept kann als isoliertes Instrument zwar keine ausreichenden Reduktionen von Treibhausgas-Emissionen gewährleisten, aber als Einstieg für einen umfassenderen Ansatz zum Klimaschutz dienen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein Kompensationskonzept zu entwickeln, das als umweltpolitisches Instrument sowohl ökonomischen wie auch entwicklungspolitischen Ansprüchen genügt und auf dieser Basis von entwickelten und weniger entwickelten Staaten gemeinsam getragen werden kann. Darüber hinaus soll gezeigt werden, daß dieses Konzept erstens schon als alleinstehendes Instrument zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen beitragen kann und zweitens geeignet ist, in einem späteren Stadium zu einem ökologisch wirksameren globalen Lizenzsystem überzuleiten. Bei geeigneter Ausgestaltung und Implementierung kann mit Hilfe von Kompensationen das Hauptproblem der Lizenzlösung, die politische Konsensfindung, erheblich vermindert und der Weg für einen wirksamen Klimaschutz geebnet werden.

Die Folgen des Treibhauseffekts werden von Naturwissenschaftlern und Politikern nicht durchweg als bedrohlich angesehen. Trotz der naturwissenschaftlichen Unsicherheiten ist es aber aus unterschiedlichen Gründen erforderlich, über Möglichkeiten zur Senkung der Emissionen klimarelevanter Spurengase nachzudenken:

- Auf der Grundlage des Vorsorgeprinzips sollte nicht abgewartet werden, bis das Entstehen und die nachteiligen Auswirkungen des Treibhauseffekts endgültig naturwissenschaftlich erforscht sind, sondern unter Abwägung der durch den Klimaschutz entstehenden Kosten sind bereits frühzeitig Maßnahmen zur Eindämmung von Treibhausgas-Emissionen zu treffen. Sollte sich nachträglich herausstellen, daß sich der Ausstoß von klimarelevanten Spurengasen in der gegenwärtigen Höhe nicht nachteilig auf das Klima auswirkt, kann deren weiteres Ansteigen kosteneffizient verhindert werden.

- Steigerungen der Effizienz bei Energieerzeugung und -nutzung haben durch verringerten Einsatz beziehungsweise geringere Zuwachsraten beim Verbrauch von Primärenergieträgern ressourcenschonende Wirkung und

---

<sup>1</sup> "To seek a universal solution in one quantum leap may be to seek the unobtainable." *Tolba* (1989), S. 306.

können sich betriebswirtschaftlich rentieren. Eine kostengünstigere und langfristiger angelegte Energiepolitik hat positive Auswirkungen auf die Entwicklung von Volkswirtschaften.

- Die Senkung von Kohlendioxid-Emissionen durch reduzierten Einsatz von Primärenergieträgern wird begleitet durch geringere Emissionen anderer Schadstoffe.
- Die Erhaltung bestehender und die Wiederaufforstung bereits verloren-gangener Wälder wirkt sich positiv auf Öko-Systeme aus.
- Die theoretischen und praktischen Erkenntnisse aus der umweltökonomischen Betrachtung des Klimaproblems können bei der Behandlung anderer kritischer Bereiche von Nutzen sein.

Zur Erarbeitung des Kompensationskonzeptes und des Übergangs zu einem Lizenzsystem werden in den Abschnitten 2.1 und 2.2 der Arbeit die ökologischen Aspekte des Klimaproblems und die Grundlagen der theoretischen Umweltökonomie dargestellt. In Abschnitt 2.3 sind daran anschließend die Ergebnisse der UNCED, die als völkerrechtliche Grundlage des vorzustellenden Ansatzes interpretiert werden können, zusammengefaßt. In der Folge befaßt sich Abschnitt 3 mit politischen, technischen und ökonomischen Optionen zur Reaktion auf Treibhausgas-Emissionen. Vor- und Nachteile alternativer ökonomischer Instrumente werden zwar diskutiert, aber mit Ausnahme des Lizenzsystems nicht weiter verfolgt.

Den Hauptteil der Arbeit bildet der vierte Abschnitt zum Kompensationskonzept selbst. Nach einer Übersicht über verschiedene ökonomische und ökologische Kompensationskonzepte erfolgt eine ausführliche Diskussion der Möglichkeiten zur Ausgestaltung und Implementierung von Kompensationen im Klimaschutz. Dazu gehören eine Abgrenzung zur Lizenzlösung, eine genaue Definition der zugrundeliegenden Emissionsrechte sowie die Formulierung von Anforderungen an ein effizientes Kompensationskonzept. Im Anschluß an die Vorstellung der Möglichkeiten zur Einführung des Kompensationskonzeptes erfolgt eine Analyse der Anreize sowohl auf seiten der Investoren als auch der Gastländer, die zur Durchführung derartiger Projekte führen können. Abschnitt 4.3 beschäftigt sich mit Möglichkeiten der praktischen Umsetzung des Konzeptes, wobei unter Zuhilfenahme des Instrumentariums der Neuen Institutionenökonomik besonders auf denkbare Organisationsformen (Hierarchie und Kooperation) eingegangen wird. Die theoretischen Vorteile des Kompensationskonzeptes werden abschließend anhand von Modellrechnungen am Beispiel der Energiewirtschaft empirisch unterstützt.