Kapitel 4

Umweltmanagement

Seit der Konferenz 1992 in Rio de Janeiro, auf dem die erste Klimaschutzrahmenkonvention verabschiedet wurde, sehen es die unterzeichnenden Staaten als gemeinsame Aufgabe an, die Klimaproblematik wissenschaftlich zu untersuchen und den möglichen Umweltveränderungen zu begegnen. In dem Vertragstext wurde ein kooperatives Vorgehen innerhalb von internationalen Projekten als mögliche Handlungsoption explizit formuliert. Ein zentrales Problem bei derartigen Unternehmungen stellt die vertragliche Ausgestaltung der Technologiekooperationen dar. Darüber hinaus kommt der Aufteilung der entstehenden Kosten eine besondere Bedeutung zu.

Auf der 1. Vertragsstaatenkonferenz 1995 zum Rahmenübereinkommen über Klimaveränderungen in Berlin wurde daraufhin beschlossen, Joint-Implementation Programme in einem verstärkten Maße einzusetzen. Joint-Implementation meint hierbei die gemeinsame Umsetzung von Klimaschutzzielen im Rahmen von Technologiekooperationen. Im Gegensatz zu anderen Instrumentarien zur CO_2- Minderung trägt Joint-Implementation einen kooperativen Charakter.

Da bisher nur geringe Projekterfahrung mit Joint-Implementation vorliegt, ist man auf eine Simulation von verschiedenen Handlungsszenarien angewiesen. Dies legt eine numerische Analyse nahe. Gleichzeitig kann durch eine kontrolltheoretische Behandlung des Problemzusammenhanges versucht werden, die Koordination von Handlungsaktivitäten über einen längeren Zeitraum im Rahmen eines Umweltmanagements gezielt zu fördern. Es ist daher der Schwerpunkt des mit dem Titel beschriebenen Forschungsvorhabens, ein Joint-Implementation Programm zu modellieren und mit einer mathematischen Theorie derart auszugestalten, dass eine qualitative Beurteilung dieses neuen Instrumentariums möglich wird. Um eine solche Analyse auf komfortable Weise zu ermöglichen, wurde das TEM-Modell (Technologie-Emissionen-Mittel-) Modell entwickelt und analytisch untersucht.

4.1 Modellierung und Simulation von Emissions-Minderungsaktivitäten am Beispiel von Joint-Implementation unter Verwendung des TEM-Modells

Das TEM-Modell basiert auf dem allgemeinen SCX-Konfliktmodell, das von Jürgen Scheffran an der Universität Marburg entwickelt wurde. Für das TEM-Modell wurde ein Kostenspiel eingeführt und der definierbare Core als zulässige Steuerungsmenge eines Kontrollproblems betrachtet. Auf diese Weise konnte innovativ die kooperative Spieltheorie mit der Theorie zeitdiskreter Systeme verbunden werden. Die kombinatorische Struktur der zulässigen Mengen ermöglicht es, Aussagen über die Eigenschaften der Lösungstrajektorien zu treffen.

Im Zentrum des Interesses steht die Frage nach der möglichen Reduzierung von existierenden CO_2-Emissionen bzw. die Erreichung von bestimmten Klimaschutzzielen. Diese wurden auf globaler Ebene im Rahmen von Klimaschutzvereinbarungen getroffen.

Besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang Projekten zwischen der Volksrepublik China und einem Staat der Europäischen Union zu. Die Kraftwerke der Volksrepublik China besitzen derzeit einen durchschnittlichen Nettowirkungsgrad von 22%, der um ca. 40% unter dem Durchschnitt liegt, der von bundesdeutschen Kraftwerken erreicht wird. Gleichzeitig wird China bei einer Fortsetzung der momentanen Entwicklung in den nächsten 15 Jahren die USA als den weltweit größten Emittenten an CO_2 übertreffen. So müßte die europäische Union allein ihren Beitrag an den globalen CO_2-Emissionen im Jahr

1990 um nahezu 85% bis zum Jahre 2010 senken, um den CO_2-Anstieg allein in China kompensieren zu können. Eine Reduktion für die einzelnen Akteure kann nun durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Finanzielle Mittelaufwendungen
- Effizienzsteigerungen
- Innovationen
- Technologiekooperationen

Das TEM-Modell zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass die gleichzeitige Berücksichtigung dieser Möglichkeiten in einem einzigen Modellansatz integriert ist. Ferner wird in der zugrunde liegenden Dissertation ausführlich die Möglichkeit einer Fondsbildung behandelt.

4.2 Grundgleichungen des TEM-Modells

Im TEM-Modell beschreiben die Parameter E die Reduktion der Emissionen und M die finanziellen Mittelaufwendungen der einzelnen Akteure. Das Modell umfaßt n Akteure. Dies wird durch den Index i angezeigt. Die zweite Gleichung besitzt einen Proportionalitätsfaktor λ, der das Maß der Investitionen beschreibt, sowie einen Gedächtnisparameter φ, der die logistische Differenzengleichung um einen Verzögerungsfaktor erweitert. Die Variable M^* stellt jeweils eine obere Budgetgrenze für die einzelnen Akteure dar.

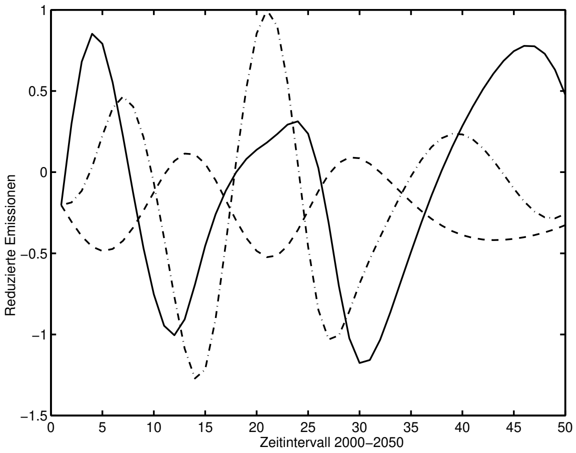
$$\begin{aligned}\Delta E_i(t) &= \sum_{j=1}^{n} em_{ij}(t)M_j(t)\\ \Delta M_i(t) &= -\lambda_i M_i(t)[M_i^* - M_i(t)][E_i(t) + \varphi_i \Delta_i E_i(t)]\end{aligned}$$

$E_i(t)$	Reduzierte Emissionen
$M_i(t)$	Finanzielle Mittelaufwendungen
M_i^*	Budgetgrenze
λ_i	Wachstumsparameter
φ_i	Gedächtnisparameter

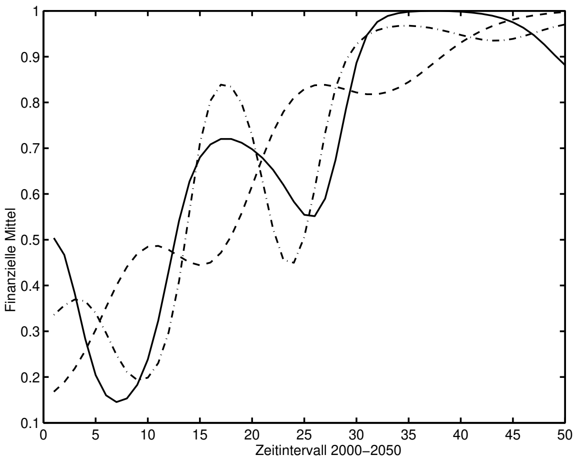
Im Zentrum des TEM-Modells stehen die em-Parameter, die eine Art Effektivitätsmatrix darstellen und die Kopplung der beiden nichtlinearen Gleichungen bewirken.

4.3 Simulation

Simulationen machen deutlich, dass die nichtlineare Struktur kein gemeinsames Erreichen des gewünschten Endzustands garantiert. Die Akteure starten in dem normalisierten Szenario unterhalb der Koordinatenachse („Kyoto-Linie “) im negativen Bereich. Die Emissionskurven weisen für das in der angegebenen Dissertation ausführlich beschriebene Beispiel zudem ein starkes Oszillieren auf.



Obwohl kein Akteur den gewünschten Zielzustand dauerhaft erreicht, ist bei allen Akteuren ein Anwachsen der finanziellen Mitelaufwendungen zu beobachten.



Dies legt die Entwicklung eines steuernd wirkenden Umweltmanagementsystems nahe.

4.4 Umweltlizenzen

Seit mehr als 30 Jahren werden innerhalb der Umweltökonomie Umweltlizenzen als Alternative zu existierenden ordnungsrechtlichen Verfahren angesehen. In dem Kyoto Protokoll (siehe hierzu auch: Oberthür, S; Ott, H.E., Das Kyoto Protokoll - International Climate Policy for the 21st Century, International and European Environmental Policy Series, Springer Verlag Berlin-Heidelberg 2000) werden handelbare Umweltrechte sogar explizit als marktwirtschaftliche Instrumente empfohlen. Damit kann über die ökonomischen Steuerungsanreize ein effizienter Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden. Für die Entwicklung und Etablierung eines solchen Umweltlizenzsystems werden nach Hansjürgens (Handelbare Umweltlizenzen. In: ZiF Jahresbericht 1998/99, Universität Bielefeld) die folgenden vier Phasen als notwendig angesehen:

1. Festlegung einer zulässigen Gesamtemissionsmenge
2. Verteilung der Lizenzen, z.B. durch ein *grandfathering*-Verfahren
3. Vorkehrungen für einen funktionierenden Handel
4. Entwicklung von Kontrollmechanismen

Daher kann die Reduktion von CO_2-Emissionen als exemplarisch für die Etablierung eines solchen Umweltlizenzsystems angesehen werden. In diesem Zusammenhang kommt der Bewertung von verschiedenen Technologiepfaden eine zentrale Bedeutung zu.

4.5 Umweltsystemforschung

Das TEM-Modell bietet die Möglichkeit, die Umsetzung verschiedener Technologiepfade innerhalb eines Energiemanagements über einen längeren Zeitraum zu beschreiben und die damit verbundenen Auswirkungen auf CO_2-Minderungsaktivitäten zu beurteilen. Desweiteren werden durch die Berechnung optimaler zulässiger Trajektorien Handlungskorridore bestimmt, die sich für die konkrete Umsetzung im Rahmen eines verantwortungsvollen und nachhaltigen Umweltmanagements anbieten.
Es ist das Ziel zukünftiger Forschungsvorhaben, die gewonnenen Ergebnisse aktuellen Fallstudien gegenüberzustellen. Hierbei erweist es sich von großem Vorteil, dass bei der Entwicklung des TEM-Modells nur Größen berücksichtigt wurden, die empirisch bestimmbar sind. An der Technischen Universität Darmstadt wird in der IANUS-Gruppe (Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit) in einem gemeinsamen Forschungsprojekt mit dem ZIT (Zentrum für Interdisziplinäre Technikforschung) - Projektpartner sind Prof. Dr. W. Krabs (Fachbereich Mathematik) und Prof. Dr. D. Ipsen (Institut für Volkswirtschaftslehre), beide TU Darmstadt - an einer Fallstudie zu Joint-Implementation gearbeitet, in die die beschriebenen Ergebnisse einfließen werden. Dadurch wird eine Umweltsystemforschung angestrebt, die sich auf reale ökonomische Zusammenhänge stützt.
In einem weiteren Schritt ist es vorgesehen, das TEM-Modell hinsichtlich der Simulation eines internationalen Zertifikatenhandels (Joint International Emissions Trading - IET) auszuweiten.
Es besteht ein enger Forschungskontakt zum Umweltforum der Universität zu Köln sowie zu dem Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung (PIK).

Das Forschungsprojekt dient insbesondere der Weiterentwicklung des TEM-Modells als Umweltmanagementsystem, das im Jahr 2000 mit dem Dissertationspreis der Gesellschaft für Operations Research GOR gefördert wurde.

Kontakt: `umweltmanagement@zpr.uni-koeln.de`