

## Freiheit und Notwendigkeit

### Ökonomische Anreize zu 'richtigem' Handeln

von Walter Trockel

**In den Medien und in privaten Diskussionen wird häufig Staaten, Parlamenten, Verbänden oder sonstigen Institutionen und Gruppierungen Inkonsistenz im Entscheidungsverhalten vorgeworfen. Ein solcher Vorwurf unterstellt, Handlungen einer Gruppe oder einer Institution seien nach denselben Maßstäben rationalen Verhaltens zu beurteilen wie die eines Individuums. Diese ebenso verbreitete wie ungerechtfertigte Sichtweise findet eine besonders prägnante Ausformung in dem nach Wahlen gebräuchlichen Slogan vom 'Souverän Wähler, der entschieden habe'. Das Wahlverhalten von Gruppen repräsentiert das Entscheidungsverhalten ihrer Mitglieder und ist im allgemeinen nicht konsistent oder rational. Dieser grundsätzliche Unterschied in der Qualität des Wahlverhaltens von Gruppen im Vergleich mit dem von Individuen ist eine erst wenige Jahrzehnte alte Erkenntnis ökonomischer Theorie.**

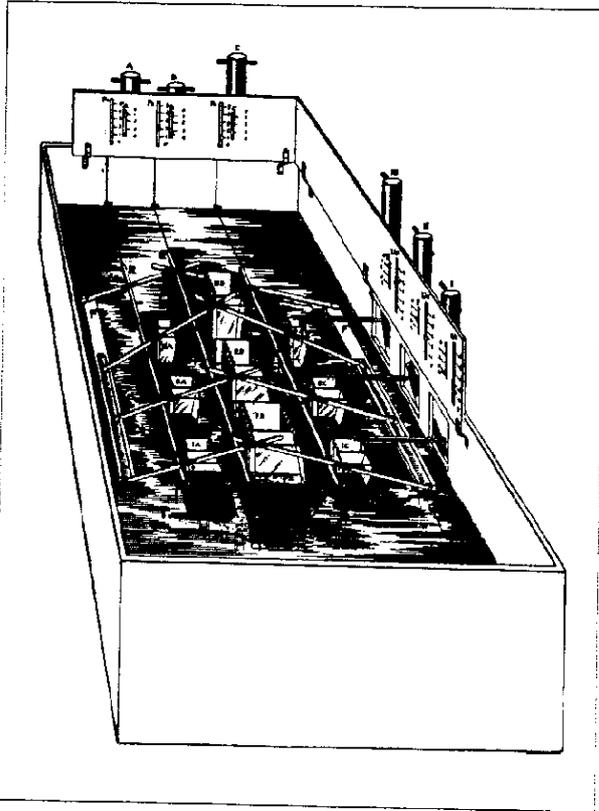
Für Planer, Manager oder Wirtschaftspolitiker ergibt sich daraus folgendes Problem: Man finde geeignete institutionelle Rahmenbedingungen ('Spielregeln'), die gewährleisten, daß sich bei rationalem, auf den eigenen Vorteil gerichteten Handeln aller beteiligten Individuen im Rahmen der vorgegebenen Regeln ein erwünschter sozialer Zustand ergibt. Die theoretischen Grundlagen zur Behandlung einer derartigen Problematik liefert die spieltheoretische Methode des Entwerfens geeigneter ('anreizverträglicher') Spielregeln ('mechanism design'). Alternativ kann eine Gruppe vor dem Problem stehen, unter mehreren denkbaren Mechanismen (z.B. Verträgen oder Verfassungen) einen geeigneten auszuhandeln.

#### Laissez faire

Der wohl am meisten zitierte und beschworene Mechanismus ist der sogenannte Marktmechanismus. Bereits 1776 bemerkte Adam Smith in seinem berühmten Werk 'The Wealth of Nations', daß rücksichtsloses egoistisches Agieren aller beteiligten Individuen in einer Volkswirtschaft nicht im allgemeinen Chaos resultiert, sondern in weitgehender Ordnung im Sinne einer effizienten Güterverteilung über den Ausgleich von Angebot und Nachfrage auf Märkten. Smith sprach vom Wirken einer 'unsichtbaren Hand'. Die Bedingungen, unter denen ein ökonomisches System wie von einer unsichtbaren Hand geführt diese effiziente Güterallokation gewährleistet, wurden von der allgemeinen Gleichgewichtstheorie detailliert analysiert. In einem sehr restriktiven statischen Rahmen, in dem von wesentlichen realen Phänomenen abstrahiert wird, spielt vollkommene Konkurrenz, die jede Einflußmöglichkeit von Individuen auf das Marktgeschehen ausschließt, die Rolle der unsichtbaren Hand.

#### Individuell rational versus sozial erwünscht

Im allgemeinen gibt es aber sehr wohl Konflikte zwischen individuellen und sozialen Zielen. Betrachten wir dazu das folgende utopische, aber überschaubare Szenario: In sämtlichen Staaten Europas werden Kernkraftwerke zur Energieerzeugung betrieben. In all diesen Staaten betrachten die Regierungen das technologische Risiko als viel zu hoch und würden ein von Kernkraftwerken freies Europa trotz resultierender Energieversorgungsprobleme vorziehen. Keiner dieser Staaten wird den unilateralen Ausstieg aus der Kern-



**Ein physikalisches Gleichgewichtsmodell für Märkte.** Irving Fisher (1892) vergleicht in seiner berühmten Doktorarbeit 'Mathematical Investigations in the Theory of Value and Prices' (1892) an der Yale Universität ein interdependentes System von Gütermärkten mit einem hydrostatischen Mechanismus. Das Wasser sucht sich in verschiedenen miteinander verbundenen Gefäßen ein gleiches Niveau, ebenso wie Güterpreise sich auf einheitlichem Niveau einpendeln. Irving Fisher benutzte ein nach diesem Schema gebautes Modell viele Jahre lang in seinen Vorlesungen.

energie vornehmen, da die geringfügige Risikoverminderung, wenn alle anderen Staaten weitermachen, nicht annähernd die Nachteile des Ausstiegs ausgleicht. Das soziale Optimum des gemeinsamen Ausstiegs aller ist sehr verschieden von dem 'Nash-Gleichgewicht' (eine Erläuterung dieses Begriffs enthält der nächste Abschnitt), in dem alle Staaten Kernkraftwerke betreiben.

#### **Lösungen für Spiele: Nash-Gleichgewichte**

Das Wahlverhalten von Gruppen läßt sich also leider nicht als Wahlverhalten eines hypothetischen 'repräsentativen' rationalen Individuums auffassen. Einen Ansatz, dennoch Gruppenverhalten durch Entschei-

dungen der individuellen Mitglieder bestimmen zu lassen, bietet die Spieltheorie. Man läßt nach bestimmten Regeln ausspielen, welcher soziale Zustand für die Gruppe realisiert werden soll. Man definiert Spielregeln, die in Abhängigkeit von den individuellen Entscheidungen ('Strategien') der beteiligten Individuen ('Spieler') gewisse Ergebnisse ('soziale Zustände') festlegen. Die Bewertung eines solchen Zustands durch einen Spieler ist seine Auszahlung. Man kann sie sich als Nutzen oder auch als monetären Wert vorstellen. Für ein Spiel mit  $n$  Personen ( $n$  ist irgendeine positive ganze Zahl) läßt sich in Analogie zu einem Optimierungsproblem für eine Person ein Lösungskonzept definieren. Eine Lösung (ein 'Nash-Gleichgewicht') eines Spiels ist eine Kombination von Strategien der einzelnen Spieler mit der Eigenschaft, daß kein Spieler durch alleiniges Abweichen auf eine andere Strategie – das heißt, solange alle anderen bei ihrer Wahl bleiben – seine Auszahlung erhöhen kann. Für eine große Klasse von Spielen läßt sich die Existenz von Nash-Gleichgewichten beweisen. Die Bezeichnung dieses Lösungskonzepts als Gleichgewicht beruht auf der Tatsache, daß kein Individuum ein Interesse daran hat, von einer solchen Lösung abzuweichen. Es liegt ein Ausgleich der Interessen vor.

#### **Implementation sozialer Ziele als Lösungen geeigneter Spiele**

Man versucht nun, den Konflikt zwischen individuellen und sozialen Zielen mit Hilfe der Nash-Implementation zu lösen. Das geht folgendermaßen: Man startet mit vorgegebenen sozialen Zielen, etwa einem vom Planer angestrebten sozialen Zustand. Dann versucht man, Spielregeln eines Spiels so zu entwerfen, daß jede konkrete Gruppe von Spielern, wenn sie dieses Spiel spielt, im Nash-Gleichgewicht gerade diejenigen Strategiekombinationen auswählt, welche zum vorgegebenen sozialen Zustand führen. Man hat dann diesen Zustand 'Nash-implementiert'. Diesem Vorgehen liegt die Vorstellung zugrunde, daß es für jeden Spieler optimal ist, seine Nash-Strategie zu wählen.

Ein prominentes Beispiel für Nash-Implementierung bietet das Wettbewerbsgleichgewicht einer Ökonomie mit vollkommener Konkurrenz. Es ist charakterisiert durch den Ausgleich von Angebot und Nachfrage auf allen Märkten auf der Basis optimierendes Verhaltens aller Konsumenten und Produzenten. Ein solches Wettbewerbsgleichgewicht ist ein Zustand, dessen

	Spieler A	
	links	rechts
Spieler B	oben	10 000 DM
	unten	10 000 DM
	links	rechts
	10 000 DM	1 000 DM
	10 000 DM	nichts
	nichts	1 DM
	10 001 DM	1 DM

**Ein Zwei-Personen-Spiel.** Jeder Spieler hat zwei mögliche Strategien. Spieler A kann zwischen 'links' und 'rechts' wählen, Spieler B zwischen 'oben' und 'unten'. Die Auszahlungen an die beiden Spieler in Abhängigkeit von ihren Entscheidungen sind in der Matrix aufgelistet. Ein 'Nash-Gleichgewicht' liegt dann vor, wenn kein Spieler durch Änderung seiner Strategie seine Auszahlung erhöhen kann, sofern der andere Spieler gleichzeitig bei seiner Wahl bleibt. Das einzige Nash-Gleichgewicht bringt hier jedem Spieler 1 DM. Der soziale Zustand '10 000 DM für jeden Spieler' (links oben) bildet kein Gleichgewicht, da alleiniges Abweichen für jeden der beiden Spieler einen Gewinn von 1 DM brächte. Dennoch ist dieser Zustand 'effizient', da sich jeder Spieler nur zu Lasten des anderen verbessern kann.

Realisierung Adam Smith der 'unsichtbaren Hand' zuschrieb. Als 'erwünschter sozialer Zustand' kann es in der Tat Nash-implementiert werden. Konsumenten und Produzenten sind hier Spieler, deren Strategien konsumierbare oder produzierbare Güterkombinationen sind. Ein weiterer Spieler, der als Strategien mögliche Preissysteme zur Auswahl hat, wählt so, daß der Überschuß an Gütern einen möglichst geringen Wert hat.

### Unterschiedliche Information der Spieler

Bei der Verwendung des Nash-Gleichgewichts geht man davon aus, daß alle Spieler über die Präferenzen und möglichen Aktionen aller anderen Spieler vollständig informiert sind. Jeder weiß genau, mit wem er es zu tun hat. Diese Modellannahme wird vielen realen Situationen nicht gerecht. So hat etwa ein Versicherer nur unvollständige Kenntnisse über die Risikotypen der Versicherungsnehmer. Ein Arbeitgeber besitzt nur unvollständige Kenntnisse über die Qualifikation oder

die Arbeitsbereitschaft der Arbeitnehmer, die er einstellen könnte. Der Käufer eines Gebrauchtwagens kennt weder den Charakter des Händlers noch die Qualität des angebotenen Objekts. In solchen Situationen, in denen ein Spieler gewisse Charakteristika anderer Spieler nicht kennt, besteht eine Tendenz, private Information zum eigenen Vorteil zu verwenden. Eine angemessene Lösung eines Spieles sollte aber den wahren Präferenzen und Möglichkeiten der verschiedenen Spieler gerecht werden. Deshalb müssen geeignete Anreize gesetzt werden, welche die Spieler dazu veranlassen, private Information wahrheitsgemäß preiszugeben.

So muß etwa bei einer Vollkasko-Versicherung das Versicherungsunternehmen mit dem sogenannten 'moralischen Risiko' (moral hazard) rechnen. Dies ist das Risiko, unvorsichtiges Verhalten zu begünstigen oder gar einem Hazardeur zum Opfer zu fallen. Einen Schutz gegen moralisches Risiko bietet eine hohe Selbstbeteiligung der Versicherten. Ein anderes Phänomen, daß bei vielen Versicherungsarten auftritt, ist das der 'adversen Selektion'. Es besteht darin, daß nur solche

	V	O	/
	0	+1	-1
0	-	1	+1
	-1	0	+1
+1	0	-1	-1
	+1	-1	0
-1	+	1	0

**'Schnick-Schnack-Schnuck', ein vielen Kindern bekanntes Zwei-Personen-Spiel.** Zwei Personen zeigen auf Kommando gleichzeitig entweder eine Faust ('Stein'), zwei gespreizte Finger ('Schere') oder eine offene Handfläche ('Papier'). Wer jeweils gewinnt, ergibt sich aus der bekannten Regel: "Die Schere schneidet das Papier, das Papier wickelt den Stein ein, der Stein schleift die Schere." Bei diesem Spiel existiert kein Gleichgewicht. Bei jeder Kombination kann sich mindestens ein Spieler durch alleiniges Abweichen verbessern.

Versicherungsnehmer einen Vertrag abschließen wollen, für die er nach eigener Einschätzung besonders günstig ist. Die Gesamtpopulation, von welcher das Versicherungsunternehmen beim Entwurf des Vertrags ausging, reduziert sich also auf die 'schlechten Risiken'. Wenn aber eine Lebensversicherungsgesellschaft überwiegend Schwerkranke versichert, dann sind Verluste unvermeidlich. Adverse Selektion kann dadurch verhindert werden, daß ein Spektrum von Verträgen angeboten wird, die an die verschiedenen Risikogruppen angepaßt sind. Dazu müssen diese unterscheidbar sein. Entsprechende Informationen werden durch ärztliche Untersuchungen gewonnen, sind allerdings mit Kosten verbunden. Gesunde Menschen werden in der Regel gewisse nicht zu hohe Kosten akzeptieren, wenn sie dadurch bessere Vertragsbedingungen durchsetzen können.

Auch im Kontext unvollständiger Information können spieltheoretische Lösungskonzepte verwendet werden. Das Nash-Gleichgewicht wird so modifiziert, daß die subjektiven Wahrscheinlichkeiten der Spieler geeignet berücksichtigt werden können ('Bayes-Gleichgewicht').

### **Das Revelations-Prinzip**

Sowohl bei der Nash- wie auch bei der Bayes-Implementation hat also der Planer das Problem, die Verfahrensregeln zu entwerfen, bevor sie in einem konkreten Verfahren Anwendung finden. Die unübersehbare Menge von Mechanismen, die sich anbieten und die auf ihre Eignung überprüft werden müßten, läßt sich erheblich einschränken. Es gibt eine Klasse verwandter mathematischer Sätze in unterschiedlichen Modellen, die das sogenannte 'Revelations-Prinzip' repräsentieren. Dieses Prinzip besagt, daß ein beliebiger durch ein Gleichgewicht (Nash oder Bayes) eines Mechanismus implementierbarer sozialer Zustand alternativ durch ein spezielles Gleichgewicht eines 'direkten Mechanismus' implementiert werden kann. Was ist solch ein direkter Mechanismus? Um das zu verstehen, ist es vorteilhaft, die Aktionen der Spieler, die wir als Strategien bezeichnet haben, als Signale an den Planer zu interpretieren. Der Planer kann versuchen, seine fehlende Information über die entscheidungsrelevanten Charakteristika der Spieler (wie zum Beispiel Präferenzen oder Information über andere Spieler – wir wollen sie 'Typen' nennen) dadurch zu beseitigen, daß er beim Entwurf der Spielregeln geeig-

nete Aktionenmengen für die Spieler aussucht. Für jeden Spieler kann er die aus seiner (des Planers) Sicht möglichen Typen dieses Spielers als mögliche Strategien festlegen. Wählt der Spieler diejenige Aktion, die seinem wahren Typ entspricht, also seine wirklichen Charakteristika enthüllt, so läßt sich dieses Signal so interpretieren, als ob der betreffende Spieler 'die Wahrheit sagt'. Das Ziel des Planers ist es, das Spiel so zu entwerfen, daß im Gleichgewicht jeder Spieler die Strategie wählt, mit welcher er 'die Wahrheit sagt', also dem Planer direkt seine Charakteristika offenbart (Revelations-Prinzip; revelation = engl. Enthüllung, Offenbarung). Ein solcher direkter Mechanismus versetzt den Planer in die Lage, die Auswahl des sozialen Zustands von den wahren Charakteristika der Individuen der Gesellschaft abhängig zu machen.

Voraussetzung des Revelations-Prinzips ist die Hypothese, daß jeder Spieler die Wahrheit sagt, wenn es ihm keinen Nutzen bringt zu lügen. Wenn etwa Kindergartenbeiträge nach Einkommen der Eltern gestaffelt erhoben werden, die wahren Einkünfte aber nicht kontrolliert werden, dann mag es vorteilhaft sein zu lügen. Der Kindergartenträger kann dieselben Einnahmen erzielen, wenn alle Eltern einkommensunabhängig denselben Beitrag zahlen. In diesem Falle wird niemand falsche Angaben machen. Gehen neben den Gesamteinnahmen zusätzliche soziale Zielvorstellungen ein, so muß ein entsprechend komplexerer direkter Mechanismus entworfen werden.

Das Revelations-Prinzip führt nicht zu besseren Verträgen, es erlaubt nur, sich bei der Suche nach guten Verträgen auf eine erheblich kleinere Klasse, die der direkten Verträge, einzuschränken.

### **Die Anreizproblematik in der Arbeit am IMW**

Das Projekt 'Anreizprobleme in Märkten und Organisationen' am Institut für Mathematische Wirtschaftsforschung wird seit 1989 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. In einem Vorgängerprojekt, das von 1986 bis 1990 von der Universität Bielefeld finanziell unterstützt wurde, wurden die Grundlagen gelegt und internationale Kontakte aufgebaut. Auch unter den Projekten am Graduiertenkolleg 'Mathematische Wirtschaftsforschung' befindet sich eines gleichen Namens. Dort werden in zwei Teilprojekten umweltökonomische und finanztheoretische Anwendungen der Spieltheorie bei unvollständiger Information und der Mechanistentheorie angestrebt.

Das Hauptanliegen ist hier die theoretische Analyse von Regulierungsmaßnahmen gegen umweltbelastende Firmen, die in unvollkommenem Wettbewerb miteinander stehen. Bei unvollständiger Information kennt weder der Regulator die Produktionsmöglichkeiten der einzelnen Firmen, noch kennen diese diejenigen ihrer Konkurrenten. Gefragt wird nach anreizverträglichen Mechanismen zur Implementation sogenannter 'zweitbesten Lösungen'. Erste Ergebnisse erzielte Dr. Till Requate bei der Analyse, wie sich die Einführung handelbarer Verschmutzungsrechte auswirkt. Sein Habilitationsvorhaben wird durch einen von-Bennigsen-Förderpreis des Landes Nordrhein-Westfalen unterstützt.

In anderen Projekten des Instituts für Mathematische Wirtschaftsforschung und des Graduiertenkollegs geht es um die Anreizproblematik im Rahmen der ko-

operativen Spieltheorie. Will man nämlich Situationen untersuchen, in denen verschiedene Spieler miteinander in Verhandlungen treten und Absprachen bezüglich ihrer Strategiewahl treffen, dann treten zusätzliche Probleme auf. So ist es häufig schwierig, das Vorliegen der Vertragsbedingungen nachzuweisen oder das Einhalten des Vertrages durchzusetzen. Auch hier geht es darum, Mechanismen zu finden, die mit unvollständiger Information wirksam umgehen können.

Die Arbeiten zur Anreizproblematik verwenden teilweise anspruchsvolle, nicht elementare mathematische Methoden. Die eigentliche Schwierigkeit liegt aber in der begrifflichen Komplexität und dem Problem einer geeigneten formalen Modellierung und Präzisierung ökonomischer Phänomene. Letztlich geht es darum, wirtschaftliche und soziale Konflikte rational interagierender Individuen sinnvoll zu lösen.

#### **Das Institut für Mathematische Wirtschaftsforschung (IMW)**

Diese zentrale wissenschaftliche Einrichtung der Universität Bielefeld wurde im Jahre 1970 mit einer Anlauffinanzierung der Stiftung Volkswagenwerk gegründet und war als großes internationales Zentrum für mathematische Wirtschaftstheorie, Operations Research und Ökonometrie geplant. Im Gründungskuratorium befand sich eine große Anzahl international führender Wissenschaftler. Als sich die Volkswagenstiftung nach Finanzierungsschwierigkeiten des Landes zurückzog, wurde das auf einen Lehrstuhl geschrumpfte Rumpfinstitut durch die Fakultät für Wirtschaftswissenschaften mit zwei weiteren Professuren ausgestattet. Drei Professoren, drei Sekretärinnen, fünf wissenschaftliche Mitarbeiter, einige aus Drittmitteln finanzierte Mitarbeiter sowie Mitglieder des am IMW geführten Graduiertenkollegs 'Mathematische Wirtschaftsforschung' bilden die Besetzung des IMW. Die Hauptarbeitsgebiete liegen in der Spieltheorie, der allgemeinen Gleichgewichtstheorie, der Wohlfahrtstheorie und der experimentellen Wirtschaftsforschung. Das IMW organisiert regelmäßig wissenschaftliche Tagungen unter internationaler Beteiligung und beherbergt Gastprofessoren im Rahmen des Graduiertenkollegs sowie des Programms 'Theoretical Foundations of Microeconomics' mit der Universität Alicante (Spanien) im Rahmen des 'Stimulation Plan for Economic Science' (SPES) der Europäischen Gemeinschaft. Professoren des Instituts sind Herausgeber und Mitherausgeber internationaler Fachzeitschriften und Monographiereihen. Ein internationaler Pool neuester unveröffentlichter Arbeiten zur Spieltheorie wird am IMW verwaltet. Forschungsergebnisse der Mitglieder des IMW erscheinen vor der Publikation in der Working-Paper-Reihe des Instituts. Das IMW versteht sich als Anlaufstelle und natürlicher Orientierungspol für die Studenten des Diplomstudiengangs Wirtschaftsmathematik, deren Fachschaft im IMW ihren Platz gefunden hat. Professor Dr. Joachim Rosenmüller führt als Direktor die Geschäfte des Instituts.



**Prof. Dr. Walter Trockel** studierte in Münster und Bonn Mathematik und Physik. Dem Diplom in Mathematik (1971) folgte die Promotion zum Dr. rer. pol. (1974) und die Habilitation in mathematischer Wirtschaftstheorie (1983), jeweils in Bonn. Trockel besuchte 1973/74 als Mitglied des Bonner Sonderforschungsbereichs 21 die University of California in Berkeley und 1981 erneut mit einem Habilitanden-Stipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Seit 1985 ist Trockel als Nachfolger von Professor Dr. Reinhard Selten Professor für mathematische Wirtschaftstheorie am Institut für Mathematische Wirtschaftsforschung. Zu Forschungsaufenthalten hielt er sich an der University of California in San Diego und am Indian Statistical Institute in New Delhi auf. Er begründete die Kooperation der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultäten der Universitäten Alicante und Bielefeld. Professor Trockel ist Managing Editor der Springer Lecture Notes in 'Economics and Mathematical Systems' sowie Mitherausgeber beim 'Journal of Mathematical Economics' und bei 'Economic Theory'. Er wirkt als Gutachter für die Kommission der Europäischen Gemeinschaften und für die American National Science Foundation. Außerdem ist er Mitglied im Theoretischen Ausschuss des Vereins für Socialpolitik. Professor Trockel gehört dem Wissenschaftlichen Beirat des Zentrums für Interdisziplinäre Forschung sowie der Senatsforschungskommission der Universität Bielefeld an. Einen Ruf an die Universität Groningen im Sommer 1992 lehnte er ab.

(1983), jeweils in Bonn. Trockel besuchte 1973/74 als Mitglied des Bonner Sonderforschungsbereichs 21 die University of California in Berkeley und 1981 erneut mit einem Habilitanden-Stipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Seit 1985 ist Trockel als Nachfolger von Professor Dr. Reinhard Selten Professor für mathematische Wirtschaftstheorie am Institut für Mathematische Wirtschaftsforschung. Zu Forschungsaufenthalten hielt er sich an der University of California in San Diego und am Indian Statistical Institute in New Delhi auf. Er begründete die Kooperation der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultäten der Universitäten Alicante und Bielefeld. Professor Trockel ist Managing Editor der Springer Lecture Notes in 'Economics and Mathematical Systems' sowie Mitherausgeber beim 'Journal of Mathematical Economics' und bei 'Economic Theory'. Er wirkt als Gutachter für die Kommission der Europäischen Gemeinschaften und für die American National Science Foundation. Außerdem ist er Mitglied im Theoretischen Ausschuss des Vereins für Socialpolitik. Professor Trockel gehört dem Wissenschaftlichen Beirat des Zentrums für Interdisziplinäre Forschung sowie der Senatsforschungskommission der Universität Bielefeld an. Einen Ruf an die Universität Groningen im Sommer 1992 lehnte er ab.