

Hemmelskamp, Jens

Working Paper — Digitized Version

Der Einfluß der Umweltpolitik auf das Innovationsverhalten eine ökonometrische Untersuchung

ZEW Discussion Papers, No. 98-23

Provided in Cooperation with:

ZEW - Leibniz Centre for European Economic Research

Suggested Citation: Hemmelskamp, Jens (1998) : Der Einfluß der Umweltpolitik auf das Innovationsverhalten eine ökonometrische Untersuchung, ZEW Discussion Papers, No. 98-23, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/29406>

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.

Discussion Paper No. 98-23

**Der Einfluß der Umweltpolitik
auf das Innovationsverhalten –
eine ökonometrische Untersuchung**

Jens Hemmelskamp

**HWWA-INSTITUT
Bibliothek**

**K 98
3751**



K98-3751

ZEW

Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung GmbH

Centre for European
Economic Research

Das Wichtigste in Kürze

Die Wirkungen umweltpolitischer Instrumente wurden im Hinblick auf ihre Innovationseffekte bislang überwiegend in einem eher linear-mechanistischen Ansatz auf der Grundlage der traditionellen neoklassischen Umweltökonomie untersucht. Dabei wird überwiegend auf die Vorteile einer Nutzung ökonomischer Instrumente zur umweltpolitischen Regulierung hingewiesen. In der vorliegenden Untersuchung wird jedoch davon ausgegangen, daß umweltpolitische Instrumente als Teil eines Systems komplexer Einflußstrukturen auf die Unternehmen wirken.

In den multivariaten Analysen bestätigte sich der Einfluß umweltpolitischer Maßnahmen auf Innovationen. Die Kritik mangelnder Innovationsimpulse durch die ordnungsrechtlich geprägte Umweltpolitik wird aber nur bedingt unterstützt. Im Kontext unterschiedlicher Einflußstrukturen und Innovationsziele sind durch Umweltafgaben und Umweltauflagen sowohl fördernde als auch hemmende Effekte zu beobachten.

Die unternehmensinternen technologischen Kapazitäten weisen keine nachweisbare Relevanz für Umweltinnovationen auf. Stattdessen werden verschiedene unternehmensexterne Informationsquellen genutzt, um notwendiges Fachwissen zu erhalten.

Zur Aneignung von Innovationserträgen aus Umweltinnovationen hat der klassische Patentschutz keine Relevanz. Zum Schutz neuer umweltfreundlicher Produkte präferieren umweltinnovative Unternehmen die Erzielung eines zeitlichen Vorsprungs in der Vermarktung gegenüber der Konkurrenz. Prozeßinnovationen zur Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion werden durch eine komplizierte Prozeßgestaltung geschützt.

Während ein Einfluß der Marktstruktur nicht zu erkennen ist, zeigen sich Größenklasseneffekte. Demnach ist in sehr kleinen und sehr großen Unternehmen eine besondere Bedeutung von Umweltinnovationen zu erkennen, während die Bedeutung in mittelständischen Unternehmen am geringsten ist.

Unternehmen erweisen sich bei der Entwicklung umweltfreundlicher Produkte als risikoavers. Ein Engagement wird von der Existenz ökonomischer und technischer Risiken abhängig gemacht. Unter Risikoaspekten weisen demnach inkrementelle Innovationen Vorteile auf. Für Innovationen zur Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion erweisen sich zu geringe Eigenkapitalmittel als ein wesentliches Innovationshemmnis. Damit steigt der Einfluß von hohen Anpassungs- und Umstellungskosten sowie von „sunk-cost“ auf die Innovationsentscheidung, und es werden Anreize zugunsten der Anwendung von End-of-Pipe-Technologien gegeben.

Der Einfluß der Umweltpolitik auf das Innovationsverhalten - eine ökonometrische Untersuchung

von

Jens Hemmelskamp*

European Commission,

Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies

July 1998

Zusammenfassung:

Im Beitrag werden, basierend auf den Daten des Mannheimer Innovationspanels 1993, die Einflußfaktoren umweltorientierter Innovationen in Deutschland in einem multivariaten Kontext ökonometrisch untersucht. Ziel ist es, sowohl allgemeine Strukturen der Einflußfaktoren von Umweltinnovationen zu analysieren, als auch den spezifischen Einfluß umweltpolitischer Instrumente innerhalb dieses Faktorensystems abzuschätzen. Der Handlungsdruck umweltpolitischer Instrumente auf das Innovationsverhalten von Unternehmen wird durch Regulierungsindikatoren abgebildet, die in einer schriftlichen Erhebung bei den deutschen Industrie- und Handelskammern ermittelt wurden. Aufgrund der Komplexität der Einflußfaktoren und der Schwierigkeiten, die Wirkung umweltpolitischer Instrumente zu isolieren, ist die vorliegende Untersuchung in methodischer und empirischer Hinsicht eine explorative Arbeit.

Summary

This paper examines the determinants, that influence the environmental innovation behaviour of companies in Germany in a multivariate context, by using data from the Mannheimer Innovationspanel 1993. The objective is to analyse the general structures of the determinants of environmental innovation, as well as the specific impact of environmental policy instruments as an integral part of this framework. The pressure of environmental policy instruments on the innovation behaviour of companies is reproduced by indicators, which are investigated in a written survey at the level of the German Chambers of Commerce. Because of the complexity of the system of determinants and the difficulties in isolating the effects of environmental policy instruments, the study in hand is an explorative work in a methodological and empirical matter.

JEL Klassifikation: Q 58, O 31, L 21

Keywords: Environmental innovation, environmental policy, determinants of innovation.

* Für wertvolle Anregungen und Kommentare zu diesem Papier möchte ich insbesondere Dr. Norbert Janz (ZEW) und Dr. Gerhard Becher (Prognos AG) danken.

1 Einführung

Der Staat bestimmt durch die Gestaltung der unternehmensexternen Rahmenbedingungen wesentlich das Ausmaß und die Richtung von Innovationen in Unternehmen. Seit Anfang der siebziger Jahre werden in vielen Ländern umweltpolitische Instrumente eingesetzt, und damit wird ein wesentlicher Einfluß auf das umweltrelevante Verhalten von Unternehmen ausgeübt. Mit der steigenden Bedeutung umweltpolitischer Eingriffe in das Wirtschaftsgeschehen wird es immer wichtiger, die Wechselwirkungen zwischen dem Einsatz umweltpolitischer Instrumente und dem Innovationsverhalten abschätzen zu können. Während allgemein anerkannt wird, daß es u.a. unter dem Einfluß der staatlichen Umweltpolitik gelungen ist, die Entwicklung der Schadstoffemissionen vom Wirtschaftswachstum abzukoppeln (vgl. Walz et al. 1992), wird deren Einfluß auf das Innovationsverhalten und die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen im Rahmen der Standortdebatte jedoch konträr diskutiert. Einerseits wird angeführt, daß die Belastung von Unternehmen durch eine Umweltpolitik, in der bislang ordnungsrechtliche Instrumente dominieren, die Innovationsfähigkeit und Innovationsbereitschaft einschränken und damit die internationale Wettbewerbsfähigkeit beeinträchtigen können (vgl. BDI 1993, siehe auch Rothwell 1992:454). Demgegenüber wird argumentiert, daß umweltpolitische Maßnahmen Innovationsanreize bieten und den technischen Wandel vorantreiben können (vgl. Porter/van der Linde 1996a:61ff).

Die Fragestellung zum Zusammenhang von Umweltpolitik und Innovation liegt im Grenzbereich zwischen den Arbeitsgebieten der Innovationsforschung und der Umweltökonomie. Die bislang vorliegenden Forschungsarbeiten zu den Innovationseffekten umweltpolitischer Instrumente in der Umweltökonomie beruhen überwiegend auf theoretischen Untersuchungen (vgl. Jaffe/Palmer 1996:4). Innovationsprozessen und technischem Fortschritt wird in den ökonomischen Modellen nur ansatzweise Rechnung getragen. Michaelis (1992:12) kritisiert beispielsweise die Ausklammerung der für realistische Modellierungen notwendigen schadstoffspezifischen Rahmenbedingungen, wie die zur Verfügung stehenden Vermeidungstechnologien oder die bestehende Emittentenstruktur. Hohmeyer und Koschel (1995:14) führen darüber hinaus an, daß unterschiedliche technische Optionen, wie beispielsweise eine Unterscheidung in integrierte und end-of-pipe Technologien, in der Regel nicht beachtet werden. Aber auch empirische Studien zum Zusammenhang von Umweltpolitik und Innovation liegen noch nicht in großer Zahl vor (vgl. Becher et al. 1990:109ff. und Green et al. 1994:1048).

Ziel dieser Arbeit ist es, die Wirkungsweise und die Effekte umweltpolitischer Instrumente auf das umweltorientierte Innovationsverhalten von Unternehmen in einer empirischen Analyse zu untersuchen und die bestehende Forschungslücke etwas zu schließen.

2 Die Datengrundlage

Statistische Untersuchungen zum Zusammenhang von Umweltpolitik und Innovation werden durch einen ungenügenden Datenbestand erschwert. Hartje und Zimmermann (1988:16) haben aufgrund dieses Datenmangels bereits vor Jahren zu recht auf eine entsprechende Lücke in der empirischen Umweltpolitikforschung hingewiesen.

Für die Untersuchung werden Daten ausgewertet, die 1993 im Rahmen des Mannheimer Innovationspanels (MIP) in deutschen Unternehmen erhoben wurden¹. In der Welle des Jahres 1993 wurden den Unternehmen Fragen in bezug auf ihre Innovationsziele gestellt, die auch umweltorientierte Ziele umfassen. So wurde nach der Bedeutung von umweltorientierten Produkt- und Prozeßinnovationen sowie der Bedeutung der Reduzierung des Material- und Energieverbrauchs gefragt. Damit liegen Querschnittsdaten auf Unternehmensebene vor, die es ermöglichen, Unterschiede zwischen Unternehmen in ihrer Haltung gegenüber Umweltinnovationen hervorzuheben, und mikroökonomische Kategorien im Umweltinnovationsverhalten zu identifizieren.

Die Innovationserhebung 1993² des MIP war Teil der von der EU-Kommission und von EUROSTAT initiierten Europäischen Innovationserhebung (Community Innovations Surveys, CIS), die in allen EU-Ländern durchgeführt wurde. Die Innovationserhebungen zum MIP werden seit 1993 jährlich im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie im Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) durchgeführt.

¹ Für eine Beschreibung des Mannheimer Innovationspanels siehe Harhoff, D./ Licht, G. (1994: 255-284).

² Siehe hierzu u.a. Felder et al. 1994.

Tabelle 1: Anteile der Wirtschaftszweige an der Stichprobe
[ungewichtete und gewichtete Daten in % der Unternehmen]

Branchen	ungewichtet	gewichtet
Bergbau/Energie	4,9	1,2
Ernährung	4,7	9,3
Textil	4,9	8,2
Papier/Druck	6,0	14,0
Chemie	14,3	12,2
Glas/Keramik	4,3	5,6
Metallerzeugung	3,6	2,6
Stahl-/ Leichtmetallbau	10,0	15,5
Maschinenbau	21,5	10,9
ADV/Elektrotechnik	8,7	6,4
Medizin/Regelungstechnik	7,1	5,9
Fahrzeugbau	6,2	2,5
Möbel/Sport/Spiel	3,9	6,0
Summe	100	100

Quelle: MIP 1993

Insgesamt wurden 1993 an 13.317 Unternehmen Fragebögen verschickt. Von diesen Unternehmen beteiligten sich 2.954 Unternehmen an der Befragung.³ Aus dieser Stichprobe wurden 2481 Unternehmen für die vorliegende Untersuchung ausgewählt. Bei der Auswahl wurden nur Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes und des Bergbaus berücksichtigt, während der Dienstleistungsbereich nicht erfaßt wurde. Von den 2.481 Unternehmen haben 1.666 Unternehmen (67%) ihren Standort in den alten Bundesländern und 815 in den neuen Bundesländern (33%). Die Wirtschaftszweige der NACE-Einteilung sind für die vorliegende Untersuchung zu 13 Wirtschaftszweigen aggregiert. Die Brancheneinteilung und ihre Zuordnung zu den Wirtschaftszweigen erfolgte nach dem NACE-Konzept. Den Tabellen 1 und 2 ist die Verteilung der ausgewählten Unternehmen auf die aggregierten Branchen und auf fünf Größenklassen zu entnehmen⁴.

³ Die Rücklaufquote entspricht einer bei schriftlichen Unternehmensbefragungen in Deutschland durchaus üblichen Größe von ca. 25%.

⁴ Für die deskriptiven Analysen wurde überwiegend auf die mit selektionskorrigierenden Faktoren hochgerechnete Stichprobe des MIP zurückgegriffen (vgl. Harhoff/Licht et al. 1996:97ff.).

Tabelle 2: Anteil der Unternehmen in den Betriebsgrößenklassen
[ungewichtete und gewichtete Daten in % der Unternehmen]

Größenklasse	ungewichtet	gewichtet
< 50	34,0	74,4
50 - 199	27,0	21,1
200 - 499	16,4	3,0
500 - 999	9,9	0,8
> 1000	12,7	0,7
Summe	100	100

Quelle: MIP 1993

3 Das Analysemodell

In der vorliegenden Untersuchung wird eine relativ weite und mikroökonomische Interpretation von Innovationen gewählt. Als Innovationen werden sowohl technische Neuerungen in Form neuer Produkte oder Prozesse, als auch organisatorische Neuerungen verstanden. Während Schumpeters Innovationsbegriff die Marktneuheit verlangt und damit Innovationen auf einer volkswirtschaftlichen Ebene betrachtet, wird hier eine unternehmensspezifische Sichtweise gewählt. Damit wird das schwierige Problem der Abgrenzung von Innovationen in der Praxis verringert. Zudem werden gerade die, für den Umweltschutz wichtigen, Neuerungen auf Unternehmensebene adäquat erfaßt.

In der Untersuchung werden Umweltinnovationen als Innovationen definiert, die der Vermeidung und Verminderung von Umweltbelastungen durch anthropogene Aktivitäten, der Sanierung bereits eingetretener Schäden und der Diagnose und Kontrolle von Umweltbelastungen dienen.

In der Diskussion um die Einflußfaktoren von Innovationen besteht in der Innovationsökonomie mittlerweile ein Konsens, daß sowohl angebots- als auch nachfrageseitige Faktoren wirken. Den Besonderheiten von Umweltinnovationen und der spezifischen Relevanz umweltpolitischer Instrumente als nachfrage- und angebotsseitige Einflußfaktoren wurde im Rahmen dieser Diskussion bislang jedoch kaum Beachtung geschenkt. Die Betrachtung von Umweltinnovationen erweitert die bisherigen Innovationsmodelle, denn der öffentliches-Gut-Charakter von Umweltgütern bedingt, daß die Erträge aus den Innovationen oft unsicher, in

ferner Zukunft und/oder bei Dritten anfallen und dementsprechend die angebots- und nachfrageseitigen Impulse weitgehend vom Einsatz umweltpolitischer Instrumente abhängen. Die Mehrzahl der vorliegenden Arbeiten zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Umweltpolitik und Innovation stammen aus der umweltökonomischen Forschung. Diese Arbeiten verfolgen einen eher mechanistischen Ansatz auf der Basis der traditionellen neoklassischen Theorie der Umweltökonomik, in der die Innovationswirkungen umweltpolitischer Instrumente unter dem Kriterium der dynamischen Effizienz untersucht werden. Als Ergebnis diese Untersuchungen zeigen sich dynamische Effizienzvorteile ökonomischer Instrumente wie Abgaben oder Zertifikate. In empirischen Untersuchungen bestätigen sich diese Aussagen jedoch nicht immer (vgl. Hemmelskamp 1997a).

Der grundlegende Mangel der umweltökonomischen Ansätze ist, daß die Komplexität der bestehenden Einflußstrukturen von Umweltinnovationen nicht erfaßt wird. Betrachtet man den Einfluß der Umweltpolitik aus der Sicht der Innovationsforschung, wird deutlich, daß der umweltpolitische Instrumenteneinsatz als Teil eines interdependenten Systems komplexer Einflußstrukturen des Innovationsverhaltens betrachtet werden muß.

Für eine aussagekräftige Instrumentenanalyse ist es darum notwendig, die Erkenntnisse der umweltökonomischen Instrumentendiskussion sowie der neueren innovationsökonomischen Forschung über die angebots- und nachfrageseitigen Einflußfaktoren miteinander zu verknüpfen (vgl. für eine ausführliche Diskussion des Ansatzes Hemmelskamp 1997b; siehe auch Blazejczak et al. 1998 oder Kemp 1996 und 1998).

Der Einsatz umweltpolitischer Instrumente stellt für Unternehmen dann einen zusätzlichen Einflußfaktor des Innovationsverhaltens innerhalb eines Bündels innovationsrelevanter Rahmenbedingungen dar, wodurch die Spielräume für umweltschutzorientierte Innovationsentscheidungen von Unternehmen stark eingeschränkt werden. Unterschieden werden muß dabei zwischen Einflußfaktoren auf die Entwicklung und auf die Anwendung von Umwelttechnologien, denn die Anwender sind nicht zwangsläufig auch die Entwickler von Umwelttechnologien, so daß Umweltinnovationen auch in Unternehmen beobachtet werden können, die nicht direkt durch umweltpolitische Maßnahmen betroffen sind.

Aufbauend auf neueren Forschungsergebnissen der Innovationsforschung wird im weiteren angenommen, daß die Entwicklung von Umwelttechnologien durch folgende Faktoren beeinflusst wird:

- den Einsatz umweltpolitischer Instrumente,
- die technologischen Voraussetzungen in Form unternehmensinternen- und externen Fachwissens,
- die Wirksamkeit von Schutzmechanismen zur Aneignung von Innovationserträgen,
- die Marktstruktur und Unternehmensgröße auf dem Umwelttechnikmarkt sowie
- die Marktnachfrage der Umwelttechniknutzer

Für die Anwendung von Umwelttechnologien wird von folgenden Einflußfaktoren ausgegangen:

- dem Einsatz umweltpolitischer Instrumente,
- dem Zugang zu Informationen über Umwelttechnologien,
- den Kosten von Umwelttechnologien und
- den technischen und ökonomischen Risiken bei dem Einsatz von Umwelttechnologien.

4 Die Hypothesen der Untersuchung

Vor dem Hintergrund dieses theoretischen Analyserahmens können verschiedene Hypothesen zum möglichen Einfluß der diskutierten Faktoren auf die Generierung von Umweltinnovationen formuliert werden. Diese Hypothesen werden anschließend in Abschnitt 6 ökonomisch überprüft.

Die grundlegende Hypothese der Untersuchungen ergibt sich aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen der Umweltökonomik, die, wie oben angesprochen, überwiegend zu dem Ergebnis kommen, daß ökonomische Instrumente gegenüber ordnungsrechtlichen Instrumenten dynamische Effizienzvorteile aufweisen. Die Hypothese lautet demnach:

Hypothese 1: Ökonomische Instrumente geben stärkere Innovationsanreize als ordnungsrechtliche Instrumente.

Weitere Hypothesen wurden aufbauend auf univariaten Analysen mit den ausgewählten Daten des Mannheimer Innovationspanel 1993 formuliert. In den Analysen wurden Anhaltspunkte

für Faktoren gefunden, die einen Einfluß auf die Bedeutung von Umweltinnovationen in Unternehmen haben könnten.

So geben die im MIP vorliegenden Daten zu den Beschäftigtenzahlen der Unternehmen Hinweise auf die Unternehmensgrößenstruktur umweltinnovativer Unternehmen. Es zeigte sich, daß umweltschutzorientierte Innovationsziele in größeren Unternehmen einen höheren Stellenwert haben als in kleinen und mittleren Unternehmen.

Hypothese 2: Je größer ein Unternehmen, desto umweltinnovativer ist es.

Es zeigte sich, daß FuE-Aktivitäten in umweltinnovativen Unternehmen einen geringeren Stellenwert als in nicht-umweltinnovativen Unternehmen haben.

Hypothese 3: Umweltinnovative Unternehmen weisen nur eine geringe FuE-Intensität auf.

In den deskriptiven Untersuchungen war zu beobachten, daß umweltinnovative Unternehmen FuE-Kooperationen eine höhere Bedeutung zumessen als nicht-umweltinnovative Unternehmen.

Hypothese 4: Umweltinnovative Unternehmen sind stark in FuE-Kooperationen engagiert.

Es wurde deutlich, daß die Entwicklung der Marktnachfrage für die Jahre 1993 - 1995 von den umweltinnovativen Unternehmen positiver eingeschätzt wird als von den nicht-umweltinnovativen Unternehmen.

Hypothese 5: Umweltinnovationen hängen stark von positiven Nachfrageerwartungen ab.

Die Sicherung von Innovationserträgen durch die Nutzung von Schutzinstrumenten ist für umweltinnovative Unternehmen wichtiger als für nicht-umweltinnovative Unternehmen.

Hypothese 6: Der Schutz von Innovationserträgen ist für Umweltinnovationen von besonderer Relevanz

Der Informationsbedarf umweltinnovativer Unternehmen ist im Vergleich zu nicht-umweltinnovativen Unternehmen höher. Es ist zu erkennen, daß insbesondere die Marketing- und Verkaufsabteilungen als unternehmensinterne Informationsquellen und die Kunden als unternehmensexterne Quellen für umweltinnovative Unternehmen wichtig sind.

Hypothese 7: Für Umweltinnovationen besteht ein hoher Bedarf an unternehmensinternen und -externen Informationen.

Es zeigte sich, daß umweltinnovative Unternehmen in höherem Maße durch staatliche Einflüsse behindert sind als nicht-umweltinnovative Unternehmen. In dieser Diskrepanz in der Bewertung staatlicher Einflüsse könnte sich der Einfluß umweltpolitischer Maßnahmen widerspiegeln.

Hypothese 8: Je stärker die Behinderung durch zu lange Verwaltungsverfahren, desto höher ist die Bedeutung von Umweltinnovationen.

5 Bildung eines Regulierungsindikators

Informationen über den Handlungsdruck infolge des Einsatzes dieser umweltpolitischen Instrumente auf Unternehmen stehen nicht zur Verfügung. Es ist folglich schwierig, den Einfluß der Umweltpolitik direkt zu messen (vgl. Cottica 1994:36). In verschiedenen Untersuchungen werden darum Hilfsindikatoren erzeugt, um den Instrumenteneinfluß abbilden zu können.

Der einzige beobachtbare Indikator ist die Höhe der Umweltschutzinvestitionen. Jaffe/Palmer (1996) verwenden beispielsweise in einer Paneluntersuchung zum Einfluß der Umweltpolitik auf Innovationen die Höhe der Investitionsausgaben und der laufenden Kosten auf Branchenebene als Indikator für den Regulierungsdruck auf Unternehmen. Unter der Annahme, daß die Höhe der Umweltschutzinvestitionen vom Einsatz umweltpolitischer Maßnahmen abhängig ist, könnte für die vorliegende Untersuchung das Verhältnis von Umweltschutzinvestitionen zu den Gesamtinvestitionen als Hilfsindikator für die Regulierungsintensität genutzt werden.

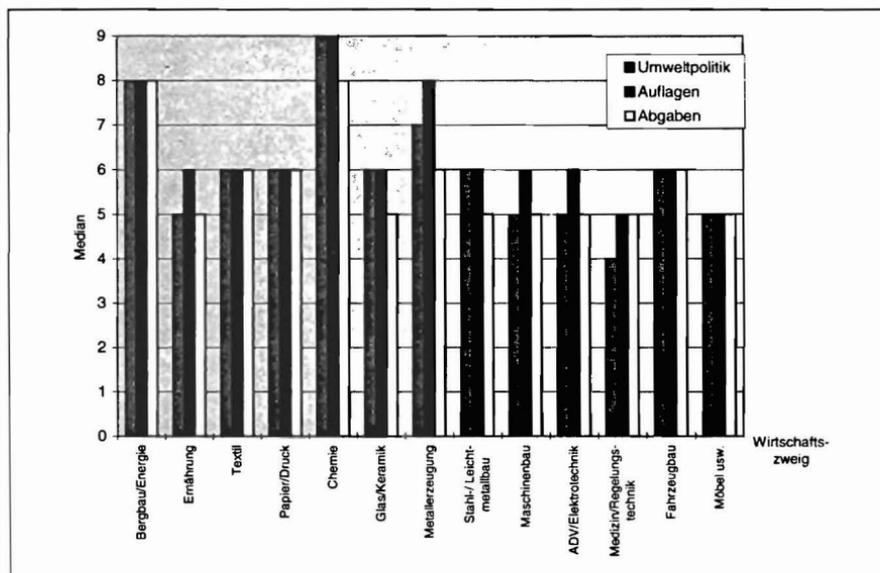
Während Lanjouw/Mody (1996:554) einen solchen Indikator als aussagekräftig erachten, ist er jedoch für die vorliegende Untersuchung nur bedingt geeignet. Mehrere Aspekte sprechen gegen eine Verwendung dieses Indikators für die vorliegende Untersuchung.

Zum ersten berücksichtigen die Angaben des Statistischen Bundesamtes zu den Umweltschutzinvestitionen von Unternehmen überwiegend nur Investitionen in end-of-pipe-Technologien, da Investitionen in integrierte Technologien statistisch kaum identifizierbar sind. Demnach würde ein auf der Grundlage dieser Daten basierender Indikator die Regulierungsintensität gerade in denjenigen Branchen als zu gering einschätzen, in denen Umweltschutzerfolge in hohem Maße durch integrierte Technologien erzielt werden. Zum zweiten ist der Indikator nicht geeignet, da Innovationen in der vorliegenden Untersuchung auf Unternehmensebene definiert sind und der Übergang zwischen Innovation und Investition damit fließend ist. Die Höhe der Umweltschutzinvestitionen müßte darum als endogene Variable in den Modellen berücksichtigt werden und nicht als exogene Variable. Drittens ermöglicht die Höhe der Umweltschutzinvestitionen nur Rückschlüsse auf Umweltinnovationen bei Anwendern und nicht bei den Anbietern von Umwelttechnologien. Viertens ist mit diesem Indikator keine Differenzierung zwischen unterschiedlichen Typen umweltpolitischer Instrumente möglich. Eine weiteres Maß für die Regulierungsintensität ist die Zahl und Länge der verabschiedeten Umweltgesetze und Verordnungen (vgl. u.a. Horbach 1992:151). Für die vorliegende Untersuchung ist aber auch dieser Indikator nicht anwendbar, da Rückschlüsse nur für Analysen über mehrere Jahre möglich sind. Eine branchenspezifische Untersuchung ist nicht durchführ-

bar. Zudem kann kaum davon ausgegangen werden, daß zwischen dem Handlungsdruck und der Länge von Gesetzestexten eine Korrelation besteht. Und schließlich erlaubt auch dieser Indikator keine Differenzierung zwischen verschiedenen umweltpolitischen Instrumenten. Der für die Untersuchung notwendige instrumentenspezifische Indikator kann durch eine Primärerhebung gebildet werden. Da eine zusätzlich Unternehmensumfrage nicht durchgeführt werden konnte, wurde für die vorliegende Untersuchung eine eingeschränkte schriftliche Umfrage bei den Industrie- und Handelskammern (IHK) durchgeführt. Die Umweltreferenten der Industrie- und Handelskammern wurden dabei um eine Einschätzung der Betroffenheit der Unternehmen durch umweltpolitische Instrumente auf Branchenebene gebeten. Die Befragung der Industrie- und Handelskammern wurde unter der Vorgabe durchgeführt, daß eine Industrie- und Handelskammer aufgrund ihrer branchenübergreifenden Aufgaben und Kenntnisse gut eine branchenvergleichende Einschätzung der Betroffenheit der Unternehmen durch umweltpolitische Maßnahmen leisten kann. Unternehmensverbände, wie beispielsweise der Verband der chemischen Industrie (VDC) oder der Verband der Maschinenbauindustrie (VDMA), kommen hingegen hierfür aufgrund ihrer branchenspezifischen Sichtweise weniger in Frage. Der Nachteil des generierten Branchenindikators ist, daß die Varianz der Regulierungsintensität innerhalb einer Branche nicht festgestellt werden kann. So sind beispielsweise im Abluftbereich die Betreiber von Altanlagen stärker als die von Neuanlagen durch Umweltregulierungen betroffen. Die getroffenen Bewertungen der IHKs müssen auch vor dem Hintergrund betrachtet werden, daß die Beurteilung stark von der Wirtschaftsstruktur des jeweiligen Kammerbezirkes bestimmt wird.

In der Umfrage wurden die Industrie- und Handelskammern gebeten, in drei Fragen eine Einschätzung zur Betroffenheit der für die Untersuchung aggregierten 13 Wirtschaftszweige durch Umweltpolitik im allgemeinen und durch Umweltabgaben bzw. Umweltauflagen im speziellen zu geben. Als Grundlage für die Beurteilung diente eine 9-er Skala von „nicht betroffen“ bis „stark betroffen“. Es wurden 80 Fragebögen an bundesdeutsche Kammern verschickt. Davon beteiligten sich 19 an der Befragung. 18 Fragebögen waren für eine Auswertung geeignet. Dies entspricht einer bei schriftlichen Umfragen vergleichsweise üblichen Rücklaufquote von 22%. Die Ergebnisse der Umfrage sind in Abbildung 1 zusammengefaßt. Darin ist der Median der Bewertungen in den einzelnen Wirtschaftszweigen dargestellt. Es zeigen sich deutliche Unterschiede in der Bewertung zwischen den einzelnen Wirtschaftszweigen.

Abbildung 1: Betroffenheit des Verarbeitenden Gewerbes durch umweltpolitische Instrumente [Median]



Bei der Interpretation dieser Ergebnisse muß aber beachtet werden, daß in Deutschland erst vereinzelt Umweltabgaben eingesetzt werden. So stellen Oates et al. (1994:22) fest: „Finding the appropriate data (...) to test for differential effects of command and control versus incentive-based environmental regulation could be difficult given the dearth experience with regulations other than command and control“. Es ist somit zu vermuten, daß die Beurteilung der Betroffenheit durch Abgaben weniger auf den bisherigen Erfahrungen mit diesem Instrument, als vielmehr durch die intensive Debatte um die Einführung von Ökosteuern geprägt ist.

6 Ökonometrische Analyse der Einflußfaktoren von Umweltinnovationen

6.1 Innovationsziele der Unternehmen als exogene Variablen

Im MIP wurden die Unternehmen um eine subjektive Einschätzung der Bedeutung von 21 Innovationszielen auf einer Skala von 1 bis 5 (keine Bedeutung bis sehr große Bedeutung) gebeten. Als Antwortmöglichkeiten waren u.a. die Schaffung neuer Absatzmärkte, die Erweiterung der Produktpalette oder die Reduzierung der Umweltbelastung vorgegeben. Diese Innovationsziele können in multivariaten Analysen als endogene Variablen verwendet werden, um zu erklären, welche Faktoren die Bedeutung umweltrelevanter Innovationsziele in Unternehmen erklären. Eine Möglichkeit, um aus den genannten Innovationszielen die relevanten Umweltinnovationsziele herauszukristallisieren, ist die Durchführung einer Faktoranalyse. In einer Faktoranalyse lassen sich Strukturen zwischen den einzelnen Innovationszielen herausarbeiten. Damit können Hinweise gewonnen werden, welche Innovationsziele sich einer bestimmten Innovationsstrategie zuordnen lassen.

Aus dem Variablenbündel der Innovationsziele wurden mit einer Faktoranalyse⁵ fünf Faktoren extrahiert. Diese können als Unternehmensstrategien interpretiert werden. Im einzelnen sind dies die Strategien „Kostensenkung“, „globale Markterweiterung“, „lokale Markterweiterung“, „Umweltschutz“ und „Marktsicherung“. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Faktoranalyse. Die stärksten Zusammenhänge zwischen den einzelnen Zielen und den fünf Unternehmensstrategien sind durch eine Schattierung hervorgehoben. Je höher die absolute Faktorladung, desto stärker ist der Zusammenhang zwischen der in der Umfrage angegebenen Bedeutung des Innovationsziels und einer Unternehmensstrategie. Einige Innovationsziele stehen nicht nur mit einer, sondern mit mehreren Unternehmensstrategien in engem Zusammenhang. Eine Interpretation muß die Zusammenhänge zwischen diesen Innovationszielen und den zutreffenden Unternehmensstrategien beachten.

Wenngleich die Ladungshöhe teilweise mit 0,2 - 0,3 relativ gering ist⁶, läßt sich dennoch eine interpretierbare Faktorstruktur erkennen. Es überrascht nicht, daß die Entwicklung umweltfreundlicher Produkte, die Senkung des Energieverbrauchs und die Reduzierung der Umwelt-

⁵ Vgl. für eine Übersicht Backhaus et al. 1996:189ff.

⁶ Backhaus et al. (1996:229) gehen von Faktorladungen >0,5 als geeignete Grenze aus.

belastung als Innovationsziele der Unternehmensstrategie „Umweltschutz“ zuzuordnen sind. Der Umweltschutzaspekt ist bei den Innovationszielen „Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion“ und „Entwicklung umweltfreundlicher Produkte“ offensichtlich. Auch der Beitrag einer Senkung des Energieverbrauchs ist angesichts der damit möglichen Emissionsminderung bei der Energieproduktion nachvollziehbar. Neben diesen drei Innovationszielen können auch die „Verbesserung der Produktqualität“ und die „Verbesserung der Arbeitsbedingungen“ einer Innovationsstrategie „Umweltschutz“ zugeordnet werden. Die Verbesserung der Produktqualität weist dabei sowohl bei der Umweltschutzstrategie als auch bei den Strategien „Kostensenkung“ und „Marktsicherung“ relativ niedrige Faktorladungen auf. Eine Interpretation ist darum schwierig, so daß dieses Innovationsziel nicht zur Interpretation der Unternehmensstrategie „Umweltschutz“ herangezogen wird.

Die hohe Faktorladung bei der Verbesserung der Arbeitsbedingungen ist mit der engen Verknüpfung zwischen Arbeitsplatz- und Umweltschutz zu erklären. Umweltschädliche Produktionsprozesse, wie zum Beispiel Schadstoffemissionen bei der Lackierung von Kraftfahrzeugen, können die Gesundheit der dort Beschäftigten schädigen, oder Arbeitsplatzunfälle, wie beispielsweise bei der Verwendung giftiger Substanzen, können zu erheblichen Umweltverschmutzungen führen. Überraschend ist hingegen, daß die Umweltschutzstrategie keine hohe Ladung bei dem Innovationsziel „Verringerung des Materialverbrauchs“ aufweist, obwohl die Reduzierung des Ressourcenverbrauchs bei der Operationalisierung einer nachhaltigen Entwicklung eine wesentliche Maßnahmenkomponente ist (vgl. Pearce/Turner 1990:43). Die „Verringerung des Materialverbrauchs“ weist nur bei der Unternehmensstrategie „Kostensenkung“ eine hohe Ladung auf, woraus zu schließen ist, daß Unternehmen die Materialreduzierung primär unter Effizienz Gesichtspunkten als Maßnahme zur Kostensenkung betrachten.

Tabelle 3: Rotierte Faktorladungsmatrix der Innovationsziele

	<i>Kosten- senkung</i>	<i>globale Markter- weiterung</i>	<i>lokale Markter- weiterung</i>	<i>Umwelt- schutz</i>	<i>Markt- sicherung</i>
Schaffung von Nachfolgeprodukten	0,091	0,273	0,132	-0,013	0,404
Steigerung oder Erhalt des Marktanteils	0,123	0,100	0,209	0,043	0,406
Erweiterung der Produktpalette innerhalb der Erzeugnisschwerpunkte	0,087	0,092	0,213	0,055	0,360
Erweiterung der Produktpalette außerhalb der Erzeugnisschwerpunkte	0,085	0,094	0,112	0,050	0,216
Schaffung neuer Absatzmärkte in den alten Bundesländern	0,106	0,099	0,626	0,045	0,092
Schaffung neuer Absatzmärkte in den neuen Bundesländern	0,114	-0,005	0,633	0,123	0,046
Schaffung neuer Absatzmärkte in Osteuropa	0,049	0,343	0,447	0,066	0,053
Schaffung neuer Absatzmärkte in der EU	0,095	0,519	0,467	-0,003	0,091
Schaffung neuer Absatzmärkte in Japan	0,012	0,737	-0,004	0,079	0,041
Schaffung neuer Absatzmärkte in Nordamerika	0,031	0,822	-0,013	-0,006	0,039
Schaffung neuer Absatzmärkte in anderen Ländern	0,046	0,688	0,187	0,017	-0,007
Verbesserung der Produktqualität	0,286	0,034	0,131	0,293	0,301
Entwicklung umweltfreundlicher Produkte	0,074	0,124	0,134	0,518	0,194
Erhöhung der Produktionsflexibilität	0,405	0,006	0,162	0,277	0,246
Verringerung des Lohnkostenanteils	0,592	0,039	0,054	-0,010	0,072
Senkung des Materialverbrauchs	0,628	0,076	0,085	0,125	0,025
Senkung des Energieverbrauchs	0,554	-0,033	0,087	0,427	-0,104
Verminderung der Produktionsvorbereitungskosten	0,643	0,080	0,093	0,208	0,073
Verminderung des Ausschusses	0,557	0,068	0,045	0,314	0,124
Verbesserung der Arbeitsbedingungen	0,385	-0,004	0,091	0,563	0,031
Reduzierung der Umweltbelastungen in der Herstellung	0,241	0,037	0,010	0,679	-0,025

Anmerkungen: ungewichtete Daten; Cronbachs $\alpha = 0,818$

Quelle: MIP 1993

Die Faktoranalyse läßt über die Identifizierung der Umweltinnovationsziele hinaus weitere Rückschlüsse auf die Innovationsaktivitäten der Unternehmen zu. Innovationsziele, die bei mehreren Innovationsstrategien eine hohe Ladung aufweisen, deuten auf Zielkomplementaritäten hin, d.h. ob mit einem Innovationsziel gleichzeitig auch andere Innovationsabsichten verbunden sind. Cottica (1994:32) stellte beispielsweise fest, daß Umweltinnovationen in der italienischen Verpackungsindustrie nicht von kostensenkenden Innovationen zu trennen sind. Für die deutsche Verarbeitende Industrie ist ein solcher Zusammenhang von Effizienz- und Umweltschutzmaßnahmen nur bei der „Senkung des Energieverbrauchs“ festzustellen. Dieses Innovationsziel weist sowohl bei der Umweltschutzstrategie als auch bei der Kostensenkungsstrategie hohe Ladungen auf. Eine höhere Faktorladung deutet jedoch auf eine etwas größere Bedeutung der Kostensenkung gegenüber dem Umweltschutz als Motiv für Energieverbrauchssenkungen hin.

In den weiteren Analysen werden die vier in der Faktorenanalyse ermittelten Innovationsziele „Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion“, „Entwicklung umweltfreundlicher Produkte“, „Senkung des Energieverbrauchs“ und die „Verbesserung der Arbeitsbedingungen“ als Umweltinnovationsziele definiert. Darüber hinaus wird aber aufgrund der hohen Bedeutung im Konzept einer nachhaltigen Entwicklung auch das Innovationsziel „Senkung des Materialverbrauchs“ in die Analysen einbezogen (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Umweltinnovationsziele in der Innovationserhebung

<i>Innovationstyp</i>	<i>Innovationsziele im MIP</i>
Umweltorientierte Prozeßinnovation	<ol style="list-style-type: none">1. Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion2. Verringerung der Produktionskosten durch die Senkung des Materialverbrauchs3. Verringerung der Produktionskosten durch die Senkung des Energieverbrauchs4. Verbesserung der Arbeitsbedingungen
Umweltorientierte Produktinnovation	<ol style="list-style-type: none">5. Entwicklung umweltfreundlicher Produkte

6.2 Das Grundmodell

Es werden insgesamt fünf multivariate Modelle geschätzt, bei denen die oben identifizierten Umweltinnovationsziele als endogene Variablen dienen. Die abhängigen Variablen sind charakterisiert durch eine ordinale Bewertung auf einer Skala von 1 (keine Bedeutung) bis 5 (sehr große Bedeutung). Aufgrund dieser kategorialen abhängigen Variablen werden - unter der Annahme normalverteilter Daten - Geordnete Probit-Modelle geschätzt (vgl. Ronning 1991). Eine Unterscheidung zwischen Anwender und Entwickler von Umwelttechnologien war mit den Daten des MIP 1993 nicht möglich.

Als exogene Variablen werden in den Modellschätzungen jene Einflußfaktoren berücksichtigt, bei denen in deskriptiven Analysen ein Einfluß auf die Bedeutung der Umweltinnovationsziele beobachtet wurde (vgl. Tabelle 5).

Die Mehrzahl der Variablen ist durch eine ordinale Bewertung gekennzeichnet. Die Relevanz von FuE-Kooperationen sowie des Unternehmensstandortes wird durch binäre Variablen gemessen. Die Unternehmensgröße wird in den Modellen durch die Zahl der Beschäftigten gemessen. Hierzu wird sowohl der Logarithmus der Beschäftigten in Vollzeitäquivalenten als auch dessen Quadrat in dem Modell berücksichtigt, um nicht-lineare Zusammenhänge zwischen der Beschäftigungszahl und der Bedeutung der umweltorientierten Produktinnovationsaktivitäten aufzudecken. Die Unterschiede in der Unternehmensgröße werden durch die Bildung des Logarithmus nicht mehr linear gewichtet. Ist der Koeffizient in den Modellen positiv, dann hat der Faktor einen positiven Einfluß auf die Bedeutung des Innovationsziels.

Tabelle 5: Übersicht der exogenen Variablen der geschätzten Modelle

<i>Variablen</i>	<i>Messung</i>
<i>Marktstruktur und Wachstum</i>	
Nachfrageentwicklung in den nächsten drei Jahren	ordinal (-2 - +2)
Unternehmensgröße in Beschäftigten (log)	Anzahl der Beschäftigten, logarithmiert
Unternehmensgröße (in Beschäftigten (log ²))	Anzahl der Beschäftigten im Quadrat, logarithmiert
<i>Technologische Voraussetzungen</i>	
FuE-Intensität	FuE-Ausgaben/Umsatz
FuE-Kooperationen	(0/1)
Technische Möglichkeiten ausgeschöpft	ordinal (1 - 5)
Fehlende Informationen über externes Wissen	ordinal (1 - 5)
<i>Schutzmechanismen</i>	
Patente	ordinal (1 - 5)
Gebrauchsmuster, Copyright	ordinal (1 - 5)
Geheimhaltung	ordinal (1 - 5)
Zeitlicher Vorsprung in der Vermarktung	ordinal (1 - 5)
Komplexität in der Produktgestaltung	ordinal (1 - 5)
Langfristige Bindung qualifizierten Personals	ordinal (1 - 5)
<i>Informationsquellen</i>	
Unternehmensinterne Informationsquellen	ordinal (1 - 5)
Zulieferer von Vorprodukten, Materialien, Komponenten	ordinal (1 - 5)
Zulieferer von Ausrüstungsgütern	ordinal (1 - 5)
Kunden	ordinal (1 - 5)
Direkte Wettbewerber	ordinal (1 - 5)
Unternehmensberater, Marktforschungsunternehmen	ordinal (1 - 5)
Industriefinanzierte Forschungseinrichtungen	ordinal (1 - 5)
Universitäten und Fachhochschulen	ordinal (1 - 5)
Großforschungseinrichtungen	ordinal (1 - 5)
<i>Staatliche Einflüsse, Kosten und Risiken</i>	
Zu hohes Innovationsrisiko	ordinal (1 - 5)
Fehlendes Eigenkapital	ordinal (1 - 5)
Verwaltungsverfahren zu lang	ordinal (1 - 5)
<i>Region (Basis alte Bundesländer)</i>	
Neue Bundesländer	(0/1)
<i>Umweltpolitik</i>	
Umweltauflagen	ordinal (1 - 9)
Umweltabgaben	ordinal (1 - 9)

6.3 Die Entwicklung umweltfreundlicher Produkte

6.3.1 Ökonometrisches Modell zur Analyse des Zusammenhangs

Die Entwicklung umweltfreundlicher Zwischen- und Endprodukte durch Unternehmen kann auf unterschiedliche Aspekte ausgerichtet sein. So kann es beispielsweise das Ziel sein, die Lebensdauer und Reparaturfreundlichkeit von Produkten zu erhöhen, umweltschädliche Stoffbestandteile zu ersetzen, die Mehrfachnutzung zu ermöglichen, die Entsorgungsmöglichkeiten zu verbessern, bei der Produktnutzung entstehende Luft- oder Lärmemission zu minimieren oder die Kostenbelastung durch Umweltschutzauflagen zu verringern (vgl. Stahl 1994: 189ff.; Behrendt 1994: 103ff.). Umweltorientierte Produktinnovationen können aber auch der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen dienen. So ist die Entwicklung und Einführung eines Emissionsfilters für ein Unternehmen des Anlagenbaus eine Innovation, um Marktpotentiale im Bereich von Umwelttechnologien zu gewinnen.

Für die Analyse der Einflußfaktoren, die den Stellenwert der Entwicklung umweltfreundlicher Produkte als Innovationsziel bestimmen, werden neben den beiden Variablen für die Regulierungsintensität weitere staatliche Einflüsse auf das Innovationsverhalten durch eine Variable zur Bedeutung der Dauer von Verwaltungsverfahren erfaßt. Als weiterer exogener Faktor wird der Einfluß von Kosten- und Risikofaktoren durch eine Variable zur Relevanz des Innovationsrisikos berücksichtigt. Die Unternehmensgröße wird durch die Zahl der Beschäftigten gemessen. Hierzu wird sowohl der Logarithmus der Beschäftigten in Vollzeitäquivalenten als auch dessen Quadrat in dem Modell berücksichtigt, um nicht-lineare Zusammenhänge zwischen der Beschäftigungszahl und der Bedeutung der umweltorientierten Produktinnovationsaktivitäten aufzudecken. Die Überprüfung der Hypothese, daß umweltinnovative Unternehmen eine vergleichsweise geringe FuE-Intensität aufweisen, erfolgt durch die Berücksichtigung des Anteils der Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen am gesamten Umsatz von 1992 im Modell. Der Einfluß von Schutzmechanismen wird durch Variablen zur Bedeutung des Zeitvorsprungs in der Vermarktung und der Bedeutung von Gebrauchsmustern erfaßt. Die Bedeutung verschiedener Informationsquellen wird durch eine Variable zur Bedeutung des unternehmensinternen Informationsaustausches sowie zur Bedeutung von Zulieferern, Hochschulen und Unternehmensberatern als unternehmensexterne Informationsquellen gemessen.

6.3.2 Darstellung und Diskussion der Schätzergebnisse

Vor allem bei Zwischenprodukten, aber auch bei Endprodukten, haben bislang Ge- und Verbotsinstrumente sowie Kontrollinstrumente eine Schlüsselfunktion in der produktbezogenen Umweltpolitik (vgl. Scholl 1994:86). Aufgrund der damit bestehenden Vertrautheit der Unternehmen mit diesem Instrumentarium wäre für Auflagen ein positiver Koeffizient zu erwarten. Die Schätzung zeigt jedoch einen signifikanten, negativen Zusammenhang zwischen der Betroffenheit von Unternehmen durch Umweltauflagen und der Bedeutung umweltorientierter Produktinnovationen (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Bestimmungsfaktoren der Entwicklung umweltfreundlicher Produkte

<i>Abhängige Variable: Entwicklung umweltfreundlicher Produkte</i>		
<i>Unabhängige Variable</i>	<i>Koeffizient</i>	<i>t-Wert</i>
Marktstruktur und -wachstum		
Unternehmensgröße in Beschäftigten (log)	- 0,281	-3,213
Unternehmensgröße (in Beschäftigten (log ²))	0,027	3,564
Technologische Voraussetzungen		
FuE-Intensität	- 1,477	-3,034
Schutzmechanismen		
Zeitvorsprung	0,164	5,035
Gebrauchsmuster	0,066	2,518
Informationsquellen		
Unternehmensinterne Informationsquellen	0,125	3,324
Zulieferer von Vorprodukten, Materialien, Komponenten	0,166	5,617
Universitäten, Fachhochschulen	0,126	4,684
Unternehmensberater, Marktforschung	0,066	2,172
Staatliche Einflüsse, Kosten und Risiken		
Zu hohes Innovationsrisiko	- 0,071	- 2,496
Verwaltungsverfahren zu lang	0,106	4,897
Umweltpolitik		
Umweltauflagen	- 0,108	- 1,744
Umweltabgaben	0,309	4,438
Modellstatistiken		
Anzahl der Beobachtungen		1195
Likelihood-Ratio-Test (Freiheitsgrade):		292,56 (13)
Log Likelihood		- 1703,56
Pseudo R ²		0,079

Mit der Einführung neuer produktbezogener Umweltauflagen würde demnach die Wahrscheinlichkeit für negative Innovationsimpulse im Bereich umweltfreundlicher Produkte steigen. Es ist zu vermuten, daß die Belastung der Unternehmen durch Umweltauflagen im Produktbereich eine kritische Grenze erreicht hat und sich hier die von Unternehmensvertretern oft geäußerte Überregulierung im Umweltschutzbereich niederschlägt (vgl. u.a. VCI 1993). Der Einsatz ökonomischer Instrumente, der im Rahmen eines Instrumentenmixes im Endproduktbereich erst in Einzelfällen zu beobachten ist, könnte hingegen positive Innovationseffekte erbringen. Für Umweltabgaben zeigt sich ein signifikanter, positiver Zusammenhang mit der Bedeutung von Innovationsaktivitäten zur Entwicklung umweltfreundlicher Produkte. Finanzielle Anreize, wie beispielsweise die Einführung von Steuern auf einzelne Produkte und Verpackungen oder die Einführung von Zwangspfänder, würden demnach die Unternehmen veranlassen, in ihren Innovationsaktivitäten zur Entwicklung von Produkten verstärkt umweltschutzorientierte Kriterien zu berücksichtigen.

Die Länge von Verwaltungsverfahren weist in der vorliegenden Schätzung einen positiven Zusammenhang mit den Innovationsanstrengungen von Unternehmen zur Entwicklung umweltfreundlicher Produkte auf (vgl. Halstrick-Schwenk et al. 1994:136ff.). Demnach forcieren Unternehmen, die sich in ihrem Innovationsverhalten stark durch langwierige Verwaltungsprozeduren behindert fühlen, die Entwicklung umweltfreundlicher Produkte. Die Effekte der Umweltgesetzgebung sind jedoch durch die beiden Instrumentenvariablen für Umweltabgaben und Umweltauflagen aufgefangen. Es ist darum zu vermuten, daß sich in diesem Effekt die Struktur der öffentlichen Verwaltung sowie der Einfluß von Verboten, Zulassungs- und Anmeldeverfahren, Benutzungsvorschriften oder obligatorischen Informationsinstrumenten niederschlagen, die aus Gesundheits- und Sicherheitserwägungen erlassen werden (vgl. Scholl 1994:82). Denn mit der Entwicklung umweltfreundlicher Produkte können auch die Ansprüche dieser Regulierungen erfüllt werden, wenn beispielsweise durch die Verwendung umweltfreundlicher Lacke im Automobilbau auch die Schadstoffbelastung der Beschäftigten in den Lackieranlagen gesenkt werden kann.

Der Einfluß einer umweltorientierten Nachfrage kann hingegen nicht festgestellt werden. Sowohl die vergangene als auch die bis 1996 erwartete Marktnachfrage hat für den Stellenwert umweltfreundlicher Produktinnovationen überraschenderweise keine besondere Relevanz. Im Gegensatz zu diesem Ergebnis war zu vermuten, daß Marktkräfte, d.h. die Nachfrage nach Umwelttechnologien, durch regulierte Unternehmen oder durch umweltbewußte Konsumenten, entscheidende Impulse für die Generierung von umweltorientierten Produktinnovationen geben. So wurde beispielsweise für die Papierindustrie ein hoher Einfluß der Endverbraucher-

nachfrage auf die Entwicklung und Markteinführung von Altpapierprodukten festgestellt (vgl. OECD 1991:30; Wong et al. 1995:6). Das Ergebnis könnte jedoch auch auf qualitative Veränderungen der Marktnachfrage zurückzuführen sein, die mit keinen quantitativen Effekten verbunden sind. Unterstützt wird diese Vermutung durch den Einfluß von Unternehmensberatern und Marktforschungsunternehmen als Informationsquelle für umweltorientierte Produktinnovationen, was auf eine Relevanz der Marktentwicklung hindeutet.

Für den Einfluß der Unternehmensgröße offenbart sich ein u-förmiger Zusammenhang zwischen der Beschäftigtenzahl und der Bedeutung von Innovationsaktivitäten zur Entwicklung umweltfreundlicher Produkte. Bis zu einer Beschäftigtenzahl von etwa 190 Mitarbeitern wird die Bedeutung des Innovationsziels mit zunehmender Unternehmensgröße immer geringer. Anschließend kehrt sich der Effekt um, denn bei einer weiter zunehmenden Unternehmensgröße steigt dann die Bedeutung des Umweltschutzziels wieder an. Der Größeneffekt ist jedoch nichtlinear, so daß erst bei knapp 33.000 Beschäftigten der kumulierte Größeneffekt wieder den Wert bei einer sehr kleinen Beschäftigungszahl erreicht. Mithin haben umweltfreundliche Produktinnovationen vor allem in kleinen Unternehmen und in sehr großen Unternehmen einen hohen Stellenwert. Ein verzerrender Effekt durch unterschiedlich starke FuE-Aktivitäten wird durch die Aufnahme einer Variablen zur FuE-Intensität ausgeschlossen.⁷ Damit macht sich einerseits die klein- und mittelständische Unternehmensstruktur bei den Anbietern umweltfreundlicher Produkte, d.h. in der umwelttechnischen Industrie, bemerkbar. So stellen Adler et al. (1994:115f.) beispielsweise in einer schriftlichen Umfrage fest, daß in über 58% der Unternehmen der umwelttechnischen Industrie unter 100 Mitarbeiter beschäftigt werden (siehe auch Halstrick-Schwenk et al. 1994:113ff.). Umweltfreundliche Produkte scheinen vor allem für kleine innovative Unternehmen eine interessante Marktnische zu sein. Die Relevanz für sehr große Unternehmen könnte hingegen auch durch Imagegründe bedingt sein, denn die Entwicklung und Markteinführung umweltfreundlicher Produkte ermöglicht es allgemein bekannten Unternehmen, sich gegenüber einer kritischen öffentlichen Meinung positiv darzustellen.

Die hohe Bedeutung des Zeitvorsprungs als Schutzmechanismus für die Innovationserträge aus umweltorientierten Produktinnovationen deutet auf die Relevanz einer Vorreiterrolle hin. Der hohe positive Zusammenhang zwischen der Bedeutung des Zeitvorsprungs und der Bedeutung des Innovationsziels „Entwicklung umweltfreundlicher Produkte“ läßt die Schlußfol-

⁷ Bei der Interpretation der Ergebnisse muß berücksichtigt werden, daß nicht zwischen der Entwicklung umweltfreundlicher Konsumprodukte und von Umweltschutztechnologien differenziert werden kann.

gerung zu, daß sich Wissensvorsprünge bei der Entwicklung umweltfreundlicher Produkte vor allem durch eine schnelle Vermarktung nutzen lassen.

Aufgrund eines signifikanten, negativen Zusammenhangs zwischen der Höhe des Innovationsrisikos und der Bedeutung des Innovationsziels ist aber anzunehmen, daß sich die Innovationsaktivitäten stark auf wenig risikoreiche inkrementelle Veränderungen von Teilen oder Komponenten bereits eingeführter Produkte konzentrieren und damit überwiegend auf bereits bestehende technologische Erkenntnisse aufbauen (vgl. hierzu auch Coenen et al. 1995:50 und Halstrick-Schenk et al. 1994:130).

Die Vermutung für eine besondere Relevanz inkrementeller Innovationen wird durch die geringe FuE-Intensität der Unternehmen unterstützt. Die signifikante, negative Korrelation zwischen der FuE-Intensität und der Bedeutung des Innovationsziels in der Modellschätzung deutet an, daß in Unternehmen mit einer geringen FuE-Intensität eine höhere Wahrscheinlichkeit für umweltorientierte Produktinnovationen besteht. Konsequenterweise erwiesen sich auch FuE-Kooperationen für die Entwicklung umweltfreundlicher Produkte als nicht signifikant. Dies korrespondiert mit Ergebnissen von Halstrick-Schwenk et al. (1994:132), die feststellen, daß eine große Zahl von Unternehmen der umwelttechnischen Industrie über keine eigenen FuE-Aktivitäten verfügt.

Das notwendige wissenschaftliche Know-how wird statt durch eigene FuE-Aktivitäten durch einen Informationstransfer aus den Universitäten und Fachhochschulen bezogen. In der Modellschätzung zeigt sich ein signifikanter, positiver Zusammenhang zwischen der Bedeutung von Hochschulen als externe Informationsquelle und dem Innovationsziel. Aber auch ansonsten hat der Informationstransfer für die Entwicklung umweltfreundlicher Produkte eine wichtige Funktion. Hierzu zählen sowohl externe Informationen von Zulieferern von Vorprodukten oder Materialien als auch unternehmensinterne Quellen, wie beispielsweise aus der Marketingabteilung. Dieses Ergebnis ist plausibel, denn die Umweltfreundlichkeit eines Produktes wird nicht nur direkt vom eigentlichen Produktinnovator bestimmt, sondern auch von den verwendeten Vorprodukten und Materialien.

Schließlich ist noch festzustellen, daß sich ein Unterschied in der Bedeutung von Innovationsaktivitäten zur Entwicklung umweltfreundlicher Produkte zwischen den alten und neuen Bundesländern nicht bestätigt. Es ist kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Unternehmensstandort und der Bedeutung des Innovationsziels zu erkennen.

6.4 Innovationen zur Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion

6.4.1 Ökonometrisches Modell zur Analyse des Zusammenhangs

Umweltorientierte Prozeßinnovationen dienen der Vermeidung bzw. Reduzierung von Emissionen oder der Senkung der Kosten, die durch Umweltschutzauflagen entstehen. Dies kann durch verschiedene integrierte und additive Umweltinnovationen im Unternehmen erreicht werden. Etwa durch die Rückhaltung von Emissionen und Rückständen zur Vermeidung von Belastungen von Luft, Wasser oder Boden, wie beispielsweise durch Filter und Kläranlagen, Auffangbecken oder Vorrichtungen zur Störfallvorsorge. Aber auch eine umweltfreundliche Optimierung des Produktionsprozesses durch technische und organisatorische Maßnahmen, wie zum Beispiel die Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz, der Austausch umweltschädlicher Einsatzstoffe in Prozessen sowie die betriebsinterne Kreislaufführung zur Mehrfachnutzung von Wasser und Einsatzstoffen, zählt hierzu.

Als exogene Variablen werden im Modell die Variablen für Abgaben, Auflagen und die Länge von Verwaltungsverfahren berücksichtigt, um den staatlichen Einfluß abschätzen zu können. Des weiteren werden die FuE-Intensität, die Zahl der Beschäftigten und deren Quadrat sowie Variablen zur Bedeutung einer komplexen Prozeßgestaltung, zum Einfluß verschiedener unternehmensinterner und -externer Informationsquellen und zur Relevanz des Eigenkapitalbedarfs im Modell erfaßt.

6.4.2 Darstellung und Diskussion der Schätzergebnisse

Der Einfluß der umweltpolitischen Instrumente auf die Bedeutung von Innovationen zur Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion ist unterschiedlich. Zwischen der Betroffenheit der Unternehmen durch Umweltauflagen und der Bedeutung des Innovationsziels besteht kein signifikanter Zusammenhang. Die Wahrscheinlichkeit für eine steigende Bedeutung umweltorientierter Prozeßinnovationen würde demnach durch die Einführung oder Verschärfung von Umweltauflagen nicht berührt. Umweltauflagen scheinen somit unter den gegebenen Rahmenbedingungen kein geeignetes Instrument, um eine stärkere Umweltschutzorientierung bei Prozeßinnovationen zu induzieren. Positive Innovationseffekte können hingegen durch den Einsatz ökonomischer Instrumente induziert werden (vgl. Tabelle 7). Es besteht eine si-

gnifikante, positive Korrelation zwischen der Variablen für Umweltabgaben und dem Innovationsziel auf einen 10% Signifikanzniveau. Daraus ist zu schließen, daß mit der Einführung von Umweltabgaben die Wahrscheinlichkeit für Innovationsaktivitäten zur Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion steigt.

Tabelle 7: Bestimmungsfaktoren der Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion

<i>Abhängige Variable: Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion</i>		
<i>Unabhängige Variable</i>	<i>Koeffizient</i>	<i>t-Wert</i>
Marktstruktur		
Unternehmensgröße in Beschäftigten (log)	-0,349	-3,893
Unternehmensgröße (in Beschäftigten (log ²))	0,034	4,446
Technologische Voraussetzungen		
FuE-Intensität	-1,736	-3,524
Schutzmechanismen		
Komplexität der Prozeßgestaltung	0,057	2,204
andere Schutzrechte	0,091	3,351
Informationsquellen		
Unternehmensinterne Quellen	0,137	3,739
Zulieferer von Ausrüstungsgütern	0,140	4,979
Universitäten, Fachhochschulen	0,098	3,731
Staatliche Einflüsse, Kosten und Risiken		
Fehlendes Eigenkapital	- 0,051	- 2,196
Verwaltungsverfahren zu lang	0,095	4,379
Umweltpolitik		
Umweltauflagen	0,028	0,453
Umweltabgaben	0,118	1,724
Modellstatistiken		
Anzahl der Beobachtungen		1161
Likelihood-Ratio-Test		230,33
Freiheitsgrade		12
Log Likelihood		-1726,53
Pseudo R ²		0,063

Die Bedeutung von Innovationsaktivitäten zur Senkung von Umweltbelastungen im Produktionsprozeß steigt ebenfalls aufgrund einer hohen Belastung der Unternehmen durch Verwaltungsverfahren. Zwischen der Bedeutung von zu langen Verwaltungsverfahren als einem Innovationshemmnis und der Bedeutung des Innovationsziels ist ein signifikanter, positiver Zusammenhang zu beobachten. Da der Einfluß umweltpolitischer Maßnahmen bereits durch

die Regulierungsindikatoren abgedeckt ist, könnte der Zusammenhang auf die Relevanz der Zeitspanne zwischen Planung und Realisierung von Prozeßinnovationen hinweisen, die beispielsweise durch öffentliche Proteste oder Einwendungen aufgrund von Umweltrisiken verlängert wird. Es kann in diesem Fall davon ausgegangen werden, daß mit verfahrensverlängernden öffentlichen Widerständen die Bereitschaft von Unternehmen steigt, durch die Entwicklung und Einführung umweltschonender Produktionsprozesse bestehende Umweltkonflikte mit Bürgern oder Vertretern allgemeiner ökologischer Interessen abzuschwächen und damit die Umsetzung von Investitionsvorhaben zu beschleunigen (vgl. Troja 1997:318ff.).

Ebenso wie bei der Entwicklung umweltfreundlicher Produkte haben FuE-Aktivitäten auch bei Innovationsaktivitäten zur Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion keinen hohen Stellenwert. Das Innovationsziel wird vor allem von Unternehmen verfolgt, die nur eine geringe FuE-Intensität aufweisen.

Ein signifikanter, positiver Zusammenhang besteht zwischen dem Innovationsziel und der Bedeutung der Zulieferer von Ausrüstungsgütern als Informationsquelle. Mit einer steigenden Bedeutung von Informationen der Ausrüstungslieferanten steigt auch die Wahrscheinlichkeit für Innovationen zur Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion. Eine weitere wichtige Quelle für einen Wissenstransfer in die Unternehmen stellen die Universitäten und Fachhochschulen dar. Die Modellschätzung weist mithin sowohl aufgrund der geringen FuE-Intensität der Innovatoren als auch aufgrund der Bedeutung von Ausrüstungslieferanten als Informationsquelle auf einen hohen Stellenwert externer Technologieanbieter für die Entwicklung umweltfreundlicher Produktionsprozesse hin.

Der Schutz der Erträge aus Innovationen zur Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion erfolgt im wesentlichen durch die Gestaltung der Produktionsprozesse. Die Unternehmen scheinen ein Re-engineering durch potentielle Imitatoren durch eine komplexe Gestaltung des Produktionsprozesses zu erschweren.

Einen hohen Einfluß auf umweltorientierte Prozeßinnovationen hat die Unternehmensgröße. Es zeigt sich ein nicht-linearer Zusammenhang zwischen der Beschäftigtenzahl und der Bedeutung des Innovationsziels. Bis zu etwa 171 Beschäftigten sinkt die Bedeutung des Innovationsziels mit einer steigenden Beschäftigungszahl. Anschließend steigt die Bedeutung von Innovationsaktivitäten zur Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion jedoch mit zunehmender Beschäftigungszahl wieder an. Der kumulierte Größeneffekt erreicht jedoch erst bei 28.500 Beschäftigten wieder den Wert, der bei einer sehr geringen Beschäftigungszahl zu

beobachten ist. Demnach streben vor allem sehr kleine und sehr große Unternehmen die Reduzierung produktionsbedingter Umweltbelastungen an, während diese Innovationsaktivitäten in mittelgroßen Unternehmen die geringste Bedeutung haben.

6.5 Innovationen zur Reduzierung des Materialverbrauchs

6.5.1 Ökonometrisches Modell zur Analyse des Zusammenhangs

Die Angaben zum Innovationsziel „Reduzierung der Produktionskosten durch die Senkung des Materialverbrauchs“ ermöglichen eine spezifischere Analyse umweltorientierter Prozeßinnovationen. Die Senkung des Materialverbrauchs im Produktionsprozeß durch den Einsatz ressourcenschonender Technologien hat einen hohen Stellenwert für die Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung. Ansatzpunkte für Materialeinsparungen hierzu bestehen durch eine effizientere Verwertung der Rohstoffe oder die betriebsinterne Kreislaufführung zur Mehrfachnutzung von Wasser und Einsatzstoffen (vgl. Radke 1996:115f.).

In der ökonometrischen Analyse werden die Variablen zur Abbildung der Regulierungsintensität sowie zur Bedeutung von Verwaltungsverfahren als Innovationshemmnis berücksichtigt. Daneben wird wieder der Logarithmus der Beschäftigten und dessen Quadrat, die FuE-Intensität und der Einfluß von Schutzmechanismen in das Modell einbezogen. Der Einfluß externen Wissens wird durch Variablen zur Relevanz von Vorproduktzulieferern sowie von direkten Wettbewerbern als Informationsquellen getestet und die Auswirkungen einer unterschiedlichen Unternehmensstruktur in den alten und neuen Bundesländern wird durch eine entsprechende Standortvariable berücksichtigt.

6.5.2 Darstellung und Diskussion der Schätzergebnisse

In der Faktoranalyse wurde festgestellt, daß Innovationen zur Verringerung des Materialverbrauchs von den Unternehmen nur unter Kostensenkungsaspekten verfolgt werden, während Umweltschutzaspekte keine Relevanz haben. Die Vermutung, daß dieses Merkmal auf nicht adäquate Innovationsanreize der aktuellen outputorientierten Umweltpolitik zurückzuführen ist, bestätigt sich in den ökonometrischen Analysen (vgl. Tabelle 8).

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Handlungsdruck durch Umweltauflagen bzw. durch Umweltabgaben und der Senkung des Materialverbrauchs kann nicht festgestellt werden. Die Wahrscheinlichkeit für verstärkte Innovationsaktivitäten der Unternehmen zur Reduktion des Materialverbrauchs in der Produktion steigt mit der Einführung neuer, oder der Verschärfung bestehender, Umweltauflagen nicht an. Ebenso ist mit der Einführung von Umweltabgaben nicht mit einer steigenden Bedeutung materialsparender Innovationsbemühungen in den Unternehmen zu rechnen. Dies verwundert angesichts der finanziellen Anreizstrukturen von Abgaben, die eine Komplementarität zwischen Umweltschutz- und Kostensenkungszielen erwarten lassen. Das Ergebnis sollte somit vor allem vor dem Hintergrund der noch geringen *Erfahrungen der Unternehmen mit Umweltabgaben interpretiert werden.*

Innovationsaktivitäten zur Senkung des Materialverbrauchs sind nicht mit intensiven Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten verbunden. Im Gegenteil, denn je geringer die Bedeutung von FuE-Aktivitäten in den Unternehmen ist, desto höher ist der Stellenwert von materialsparenden Innovationen. Dieses Ergebnis verwundert nicht, da insbesondere die materialintensiven Unternehmen des Grundstoff- und Produktionsgütergewerbes grundsätzlich über eine relativ geringe FuE-Intensität verfügen. Unternehmen, die die Steigerung der Materialeffizienz anstreben, sind folglich überwiegend Technologienehmer. Dies gilt auch für Unternehmen aus den neuen Bundesländern, für die unter den gegebenen Rahmenbedingungen eine höhere Bedeutung materialverbauchssenkender Innovationen als in Unternehmen aus den alten Bundesländern zu erkennen ist. Hier scheint sich der hohe Modernisierungsbedarf im wirtschaftlichen Aufholprozeß in den neuen Bundesländern bemerkbar zu machen, bei dem insbesondere ein ineffizienter Materialeinsatz ein wesentliches Wettbewerbshindernis darstellt.

Konsequenterweise haben Zulieferer von Vorprodukten, Materialien und Komponenten auch eine wichtige Funktion als Informationsquelle für materialsparende Innovationen. Ein signifikanter, positiver Zusammenhang mit dem Innovationsziel „Senkung des Materialeinsatzes“ deutet daraufhin. Aber auch direkte Wettbewerber sind eine wichtige Quelle, um Informationen für die Durchführung materialsparender Innovationen zu sammeln.

Tabelle 8: Bestimmungsfaktoren der Reduzierung der Senkung des Materialverbrauchs

<i>Abhängige Variable: Senkung der Produktionskosten durch Verringerung des Materialverbrauchs</i>		
<i>Unabhängige Variable</i>	<i>Koeffizient</i>	<i>t-Wert</i>
Marktstruktur		
Unternehmensgröße in Beschäftigten (log)	0,092	1,130
Unternehmensgröße (in Beschäftigten (log ²))	-0,001	-0,190
Technologische Voraussetzungen		
FuE-Intensität	-1,302	-2,762
Schutzmechanismen		
Langfristige Bindung qualifizierten Personals	0,088	3,068
andere Schutzrechte	0,074	2,795
Informationsquellen		
Zulieferer von Vorprodukten, Materialien, Komponenten	0,140	4,926
Direkte Wettbewerber	0,107	3,857
Umweltpolitik		
Umweltauflagen	0,905	1,555
Umweltabgaben	-0,101	-1,489
Region (Basis Alte Bundesländer)		
Neue Bundesländer	0,235	3,170
Modellstatistiken		
Anzahl der Beobachtungen		1206
Likelihood-Ratio-Test		104,11
Freiheitsgrade		10
Log Likelihood		-1702,17
Pseudo R ²		0,03

Für den Schutz der Erträge aus materialsparenden Innovationen wird von den Unternehmen vor allem die langfristige Bindung des Personals als wirksam erachtet. Für diese Innovationen scheint somit ein spezifisches Fachwissen über die Produktionsprozesse wichtig zu sein. Im Gegensatz zur Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion im allgemeinen zeigen sich bei materialverbrauchssenkenden Innovationen keine Größeneffekte. Unabhängig von der Unternehmensgröße ist die Reduzierung des Materialverbrauchs eine Maßnahme zur Kostensenkung.

6.6 Innovationen zur Reduzierung des Energieverbrauchs

6.6.1 Ökonometrisches Modell zur Analyse des Zusammenhangs

Neben den Angaben zur Bedeutung materialsparender Innovationsaktivitäten ermöglicht die Analyse von Innovationsaktivitäten zur Senkung des Energieverbrauchs weitere spezifische Erkenntnisse zu den Einflußfaktoren umweltorientierter Prozeßinnovationen. Die Senkung des Energieverbrauchs ist durch organisatorische Innovationen, wie beispielsweise einem veränderten Nutzerverhalten oder eine Umgestaltung der Betriebsorganisation zu erreichen. Möglich sind aber auch technologische Innovationen, wie der vollständige Ersatz der Produktionsanlagen, die Substitution von Energieträgern oder Maßnahmen zum effizienteren Energieeinsatz. In der Modellschätzung ist die Bedeutung von Innovationsaktivitäten zur Reduzierung des Energieverbrauchs als endogene Variable berücksichtigt. Auch werden die Regulierungsindikatoren, die FuE-Intensität und Variablen zur Bedeutung von Verwaltungsverfahren, zum Unternehmensgrößeneinfluß sowie zur Relevanz von FuE-koperationen erfaßt. Des weiteren werden Variablen zum Einfluß des Zeitvorsprungs als Schutzmechanismus und zum Einfluß unternehmensinterner und -externer Informationsquellen im Modell aufgenommen. Standorteinflüsse werden durch eine Ost/West-Variable erfaßt.

6.6.2 Darstellung und Diskussion der Schätzergebnisse

Die industrielle Produktion in den neuen Bundesländern zeichnete sich Anfang der neunziger Jahre durch einen ineffizienten Energieeinsatz aus. Folglich haben Innovationen zur Verringerung des Energieverbrauchs in Unternehmen aus den neuen Bundesländern im Vergleich zu Unternehmen aus den alten Bundesländern auch eine höhere Bedeutung. Es besteht ein signifikanter, positiver Zusammenhang zwischen Unternehmen mit einem Standort in den neuen Bundesländern und der Bedeutung des Innovationsziels (vgl. Tabelle 9).

Innovationsaktivitäten zur Einsparung von Energie können durch umweltpolitische Maßnahmen sowohl stimuliert als auch behindert werden. Ausschlaggebend für die Innovationseffekte ist die Auswahl des umweltpolitischen Instruments. Mit der Einführung von Umweltabgaben scheint ein negativer Effekt auf Innovationsaktivitäten zur Einsparung von Energie verbunden zu sein, während von der Verschärfung oder Neueinführung von Umweltauflagen positive Innovationsanreize zu erwarten sind.

Tabelle 9: Bestimmungsfaktoren der Senkung des Energieverbrauchs

<i>Abhängige Variable: Senkung der Produktionskosten durch Verringerung des Energieverbrauchs</i>		
<i>Unabhängige Variable</i>	<i>Koeffizient</i>	<i>t-Wert</i>
Marktstruktur		
Unternehmensgröße in Beschäftigten (log)	-0,017	- 2,073
Unternehmensgröße (in Beschäftigten (log ²))	0,018	2,486
Technologische Voraussetzungen		
FuE-Intensität	- 2,789	- 5,617
Schutzmechanismen		
Zeitlicher Vorsprung	0,064	2,416
Informationsquellen		
Unternehmensinterne Quellen	0,216	5,762
Zulieferer von Vorprodukten, Materialien, Komponenten	- 0,079	- 2,415
Zulieferer von Ausrüstungsgütern	0,229	7,315
Industriefinanzierte Forschungseinrichtungen	0,073	2,275
Hochschulen	0,073	2,524
Staatliche Einflüsse, Kosten und Risiken		
Verwaltungsverfahren zu lang	0,078	3,593
Region (Basis=Alte Bundesländer)		
Neue Bundesländer	0,559	7,257
Kooperationen		
FuE-Kooperationen	- 0,171	- 2,489
Umweltpolitik		
Umweltauflagen	0,177	2,882
Umweltabgaben	- 0,124	- 1,811
Modellstatistiken		
Anzahl der Beobachtungen		1171
Likelihood-Ratio-Test		252,93
Freiheitsgrade		14
Log Likelihood		- 1714,19
Pseudo R ²		0,069

Zwischen Umweltauflagen und dem Innovationsziel besteht ein signifikanter, positiver Zusammenhang auf einem 1%-Niveau und zwischen Umweltabgaben und dem Innovationsziel ein signifikanter, negativer Zusammenhang auf einem 10%-Niveau. Dieses Ergebnis verwundert vor dem Hintergrund der umweltökonomischen Diskussion. Umweltabgaben werden unter anderem aufgrund stärkerer Innovationswirkungen in der Regel gegenüber Auflagen als effizienter beurteilt (vgl. für einen Überblick der Diskussion beispielsweise Koschel/Weinreich 1995:36). Das Ergebnis der Schätzung sollte somit vor dem Hintergrund der intensiven Debatte um die Einführung von Energiesteuern zu Anfang der neunziger Jahre interpretiert werden. In den deutschen Unternehmen überwog die Ansicht, daß die Einführung von Umweltabgaben insbesondere für energieintensive Wirtschaftszweige eine erhebliche

Verschlechterung der internationale Wettbewerbsfähigkeit bewirken würde (vgl. Voss 1995). Aufgrund der großen Unsicherheit über die Wirkungsweise und Effekte ist zu vermuten, daß Auflagen aufgrund der langjährige Erfahrungen von den Unternehmen bevorzugt werden, da die Wirkungen dieses vertrauten Instrumentes besser abzuschätzen sind.

Unternehmen mit einer geringen FuE-Intensität messen energiesparenden Innovationen im Produktionsprozeß eine höhere Bedeutung zu als Unternehmen mit umfangreichen FuE-Aktivitäten. Darauf deutet der signifikante, negative Zusammenhang zwischen der FuE-Intensität und der Bedeutung des Innovationsziels hin. Konsequenterweise stellt sich die Nutzung der bestehenden technologischen Infrastruktur aus privatwirtschaftlichen Forschungseinrichtungen sowie Universitäten und Fachhochschulen als eine wichtige Informationsquelle für Innovationsanstrengungen zur Einsparung von Energie im Produktionsprozeß dar. Der signifikante, positive Zusammenhang zwischen dem Innovationsziel und der Bedeutung von Ausrüstungslieferanten als Informationsquelle deutet daraufhin, daß die notwendigen energiesparenden Technologien von der Investitionsgüterindustrie bezogen werden. Der signifikante, positive Zusammenhang zwischen der Bedeutung interner Informationsquellen und dem Innovationsziel verdeutlicht die Notwendigkeit einer Verketzung der einzelnen Unternehmensfunktionen. Für energiesparende Innovationen scheinen detaillierte Kenntnisse der Produktionsabläufe erforderlich, die durch eine Rückkopplung der einzelnen Unternehmensbereiche, d.h. der Entwicklung, der Produktion, der Logistik und dem Management für eine optimale Ausnutzung bestehender Einsparpotentiale genutzt werden können.

Die Größeneffekte weisen auch für energiesparende Innovationsaktivitäten einen nicht-linearen Zusammenhang auf. Zunächst besteht ein negativer Zusammenhang zwischen der Unternehmensgröße und dem Innovationsziel, d.h. mit zunehmender Betriebsgröße sinkt die Bedeutung von Innovationen zur Senkung des Energieverbrauchs. Das Minimum der Funktion ist bei 136 Mitarbeitern erreicht. Anschließend ist ein positiver Zusammenhang zu beobachten, wobei der kumulierte Größeneffekt erst bei etwa 18.000 Beschäftigten wieder den Wert erreicht, der bei sehr kleinen Unternehmen zu erkennen ist.

Für die Sicherung der Erträge aus energiesparenden Innovationen ist die Erzielung eines Zeitvorsprungs gegenüber den Konkurrenten wichtig. Eine schnelle Umsetzung von energiesparenden Neuerungen in der Produktion erscheint demnach für die Erzielung und Sicherung von Kostenvorteilen aus energiesparenden Innovationen gegenüber der Konkurrenz wichtig zu sein. Andere Schutzinstrumente, wie u.a. Patente oder die Geheimhaltung, haben hingegen keinen besonderen Stellenwert und/oder werden nicht als wirksames Aneignungsinstrument betrachtet.



6.7 Innovationen zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen

6.7.1 Ökonometrisches Modell zur Analyse des Zusammenhangs

Im Schätzmodell werden die Variablen für Umweltabgaben und Umweltauflagen, die FuE-Intensität, die Relevanz von Verwaltungsverfahren und den Unternehmensgrößeneinfluß berücksichtigt. Außerdem wird die Relevanz von internen und externen Informationsquellen, von Schutzinstrumenten und von FuE-Kooperationen beachtet.

6.7.2 Darstellung und Diskussion der Schätzergebnisse

Die Faktoranalyse zeigte, daß die Verbesserung der Arbeitsbedingungen von den Unternehmen als ein Bestandteil ihrer Umweltschutzstrategie betrachtet werden. Während bei den anderen Innovationszielen der Umweltschutzstrategie jedoch ein Einfluß der Umweltpolitik auf den Stellenwert des Ziels festgestellt werden kann, zeigt sich für die Verbesserung der Arbeitsbedingungen kein solcher Zusammenhang. Weder Umweltabgaben noch Umweltauflagen stehen in einem signifikanten Zusammenhang mit der Bedeutung des Innovationsziels. Der positive Zusammenhang zwischen zu langen Verwaltungsverfahren und der Verbesserung der Arbeitsbedingungen weist dennoch auf einen staatlichen Einfluß auf die Bedeutung des Innovationsziels hin. Es kann vermutet werden, daß dieser Effekt u.a. durch Vorschriften über die Bedingungen am Arbeitsplatz erzielt wird (vgl. Tabelle 10).

Obwohl somit umweltpolitische Maßnahmen keinen Einfluß haben, kann die Berücksichtigung der Arbeitsplatzbedingungen als Teil der Umweltschutzstrategie der Unternehmen mit der engen Komplementarität von Umweltschutz und der Verbesserung der Bedingungen am Arbeitsplatz begründet werden.

Die Ergebnisse der Modellschätzung zeigen weiterhin, daß die Verbesserung der Arbeitsbedingungen insbesondere in sehr kleinen Unternehmen einen hohen Stellenwert hat. Es besteht ein nicht-linearer Zusammenhang zwischen dem Innovationsziel und der Beschäftigtenzahl. Bis zu einer Zahl von etwa 550 Beschäftigten ist ein negativer Zusammenhang zu beobachten. Anschließend besteht bei weiter zunehmender Beschäftigungszahl ein positiver Zusammenhang mit der Bedeutung des Innovationsziels. Die positive Steigung der Funktion ist jedoch sehr gering, so daß der bei kleinen Unternehmen beobachtete kumulierte Größeneffekt erst wieder bei Unternehmen mit über 300.000 Beschäftigten erreicht würde. Das Ergebnis scheint jedoch nicht auf ein geringeres Interesse der mittlerer und großer Unternehmen an Maßnah-

men zur Verbesserungen der Arbeitsplatzbedingungen hinzudeuten, sondern eher auf einen größeren Nachholbedarf der kleineren Unternehmen.

Tabelle 10: Bestimmungsfaktoren der Verbesserung der Arbeitsbedingungen

<i>Abhängige Variable: Verbesserung der Arbeitsbedingungen</i>		
<i>Unabhängige Variable</i>	<i>Koeffizient</i>	<i>t-Wert</i>
Marktstruktur		
Unternehmensgröße in Beschäftigten (log)	- 0,391	- 4,521
Unternehmensgröße (in Beschäftigten (log ²))	0,031	4,192
Technologische Voraussetzungen		
FuE-Intensität	- 1,744	- 3,478
Schutzmechanismen		
andere Schutzrechte (keine Patente)	0,074	2,754
Informationsquellen		
Unternehmensinterne Quellen	0,116	3,130
Zulieferer von Ausrüstungsgütern	0,147	5,169
Kunden	0,105	2,955
Unternehmensberater, Marktforschung	0,103	3,217
Hochschulen,	0,053	1,782
Industriefinanzierte Forschungseinrichtungen	0,084	2,477
Staatliche Einflüsse, Kosten und Risiken		
Verwaltungsverfahren zu lang	0,085	3,893
Region (Basis=Alte Bundesländer)		
Neue Bundesländer	0,133	1,740
Kooperationen		
FuE-Kooperationen	- 0,176	- 2,540
Umweltpolitik		
Umweltauflagen	0,075	1,212
Umweltabgaben	- 0,089	- 1,280
Modellstatistiken		
Anzahl der Beobachtungen		1148
Likelihood-Ratio-Test		207,53
Freiheitsgrade		15
Log Likelihood		- 1574,21
Pseudo R ²		0,062

Aufgrund der veralteten Produktionsbedingungen bestand in den neuen Bundesländern vor allem zu Anfang der neunziger Jahre eine hohe Notwendigkeit für eine Verbesserung der Arbeitsplatzbedingungen. In der Modellschätzung zeigt sich dies durch einen signifikanten, po-

sitiven Zusammenhang auf einem 10%-Niveau zwischen dem Unternehmensstandort und dem Innovationsziels.

Bei Innovationen zur Verbesserung der Arbeitsplatzbedingungen ist nur eine geringe Bedeutung von FuE-Aktivitäten zu erkennen. Zwischen der FuE-Intensität als auch zwischen der Bedeutung von FuE-Kooperationen und dem Innovationsziel besteht ein signifikanter, negativer Zusammenhang. Je geringer die FuE-Intensität der Unternehmen und je geringer die Bedeutung von FuE-Kooperationen, desto höher ist die Bedeutung des entsprechenden Innovationsziels. Zur Kompensation interner FuE-Kapazitäten nutzen die Unternehmen externe Informationsquellen. Hierzu zählt vor allem das Wissen an Universitäten und Fachhochschulen sowie die Erfahrungen von Unternehmensberatern und privatwirtschaftlichen Forschungseinrichtungen.

Schließlich ist noch festzustellen, daß die klassischen Schutzinstrumente zur Sicherung von Innovationserträgen, wie beispielsweise Patente oder die Geheimhaltung, für Arbeitsschutzmaßnahmen ohne Relevanz sind. Dies ist unter der Annahme plausibel, daß mit diesen Maßnahmen für die Unternehmen keine Kostenvorteile gegenüber Konkurrenten verbunden sind.

7 Zusammenfassung der Ergebnisse der ökonometrischen Schätzungen

In den Modellschätzungen bestätigt sich, daß umweltorientierte Innovationsaktivitäten durch ein kompliziertes und interaktives System verschiedener Einflußfaktoren bestimmt werden. Die formulierten Hypothesen zu den Einflußfaktoren eines umweltorientierten Innovationsverhaltens werden aber in einem multivariaten Kontext nur teilweise bestätigt.

In den deskriptiven Analysen war eine stärkere Behinderung von umweltinnovativen Unternehmen als von nicht-umweltinnovativen Unternehmen durch zu lange Verwaltungsverfahren zu beobachten. Es wurde darum angenommen, daß mit einer steigenden Behinderung der Unternehmen durch lange Verwaltungsverfahren auch die Bedeutung von umweltorientierten Innovationsaktivitäten steigt. Eine Erklärung für einen solchen Zusammenhang von Verwaltungsverfahren und Umweltinnovationen könnte der erhebliche Verwaltungsaufwand durch umweltpolitische Maßnahmen darstellen, zum Beispiel bei der Genehmigung neuer Produktionsanlagen (siehe hierzu u.a. Rothwell 1992:455; Steinberg et al. 1991:37). Würde sich diese

Verbindung bewahrheiten, dann könnte die Belastung der Unternehmen durch Verwaltungsverfahren als Proxy-Variable für die Regulierungsintensität dienen. In den ökonometrischen Schätzungen zeigt sich jedoch, daß der signifikante Einfluß der Verwaltungsverfahren auf die Umweltinnovationsziele der Unternehmen auch bei der Berücksichtigung der Regulierungsindikatoren bestehen bleibt. Einzig zwischen der Behinderung der Unternehmen durch zu lange Verwaltungsverfahren und der Bedeutung von materialsparenden Prozeßinnovationen besteht - unabhängig von der Berücksichtigung der Regulierungsindikatoren im Modell - kein Zusammenhang. Demnach bildet die Variable zur Belastung durch Verwaltungsverfahren auch Effekte anderer staatlicher Maßnahmen ab, wie beispielsweise von Gesundheitsschutzregelungen, und ist deshalb als Indikator für eine Umweltregulierungsintensität nicht geeignet.

Die verwendeten Regulierungsindikatoren stellen aussagekräftigere Variablen zur Abschätzung eines Zusammenhangs zwischen umweltpolitischen Instrumenten und dem Innovationsverhalten der Unternehmen dar. Vor allem erlauben die Indikatoren eine vergleichende Bewertung des Instrumenteneinflusses in den Modellen und ermöglichen damit eine Überprüfung der Hypothese, daß von Umweltabgaben ein stärkerer Innovationsanreiz ausgeht als von Umweltauflagen.

In den Schätzungen wird deutlich, daß eine Aussage über eine generelle Vorteilhaftigkeit eines Instrumententyps gegenüber dem anderen Instrument nicht möglich ist. Innovationen zur Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion und Innovationsaktivitäten zur Entwicklung umweltfreundlicher Produkte können beispielsweise durch den Einsatz von Umweltabgaben stimuliert werden. Die Koeffizienten für Umweltabgaben weisen dabei in beiden Modellen unterschiedliche Werte auf, was, unter starkem statistischem Vorbehalt, für einen stärkeren Einfluß von Umweltabgaben auf die Entwicklung umweltfreundlicher Produkte spricht. Dies steht im Gegensatz zur Argumentation von Norberg-Bohm und Rossi (1997:2) für die Papierindustrie in den USA, nach der Umweltregulierungen weniger die Entwicklung sondern eher die Diffusion von Umwelttechnologien fördern. Die Einführung oder Verschärfung von Umweltauflagen hingegen hat einen hemmenden Einfluß auf die Entwicklung umweltfreundlicher Produkte und keinen Einfluß auf die Bedeutung von Innovationen zur Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion. Eine Vorteilhaftigkeit von Auflagen gegenüber Abgaben ist hingegen bei der Stimulierung von Innovationen zur Senkung des Energieverbrauchs zu erkennen. Während Auflagen positive Innovationseffekte haben, gehen von Abgaben innovationshemmende Anreize aus. Keinen Einfluß hat die Umweltpolitik auf

die Bedeutung von Innovationsaktivitäten zur Senkung des Materialverbrauchs und der Verbesserung der Arbeitsbedingungen in den Unternehmen.

Die Ergebnisse machen somit deutlich, daß eine einseitige Präferenzierung ökonomischer Instrumente für umweltpolitische Ziele, wie u.a. durch Porter/van der Linde (1996b:110ff.), nicht möglich ist. Die Hypothese zur Innovationswirkung umweltpolitischer Instrumente, nach der ökonomische Instrumente im Vergleich zu ordnungsrechtlichen Instrumenten unter Innovationsgesichtspunkten vorzuziehen sind, muß zurückgewiesen werden. Unter Innovationsgesichtspunkten belegt das Ergebnis stattdessen die Bedeutung einer einzelfallspezifischen Instrumentenwahl, die die jeweiligen innovationsrelevanten Rahmenbedingungen beachtet. Die Notwendigkeit für einen solchen umweltpolitischen Ansatz zeigt sich auch in einem von Jänicke (1996:4) dargestellten Beispiel aus dem Gewässerschutzbereich. Beeinflußt durch vielfältige Einflußfaktoren und Lernprozesse erwiesen sich in den Niederlanden Abgaben als ein wirksames Instrument zum Gewässerschutz, während im schwedischen Gewässerschutz vergleichbare Erfolge durch den Einsatz von Subventionen erreicht wurden.

Zu den potentiellen Einflußfaktoren von Umweltinnovationen zählt die Unternehmensgröße. Über den Einfluß großer und kleiner Unternehmen auf die Entwicklung neuer Technologien bestehen in der Innovationsliteratur unterschiedliche Auffassungen (vgl. u.a. Kleinknecht 1989). In den deskriptiven Analysen wurde beobachtet, daß in größeren Unternehmen der Stellenwert umweltschutzorientierter Innovationsziele höher als in kleineren Unternehmen ist. Die daraus abgeleitete Hypothese, daß mit einer steigenden Unternehmensgröße auch die Bedeutung umweltorientierter Innovationsaktivitäten steigt, wird durch Forschungsergebnisse von Georg et al. (1992:538) bestärkt, die auf die innovationshemmenden Effekte durch zu geringe Betriebserfahrungen mit integrierten Technologien in kleinen und mittleren Unternehmen hinweisen. Auch Rothwell (1992:455) betont die Nachteile kleinerer Unternehmen und verweist auf eine gegenüber großen Unternehmen stärkere Belastung durch umweltpolitische Maßnahmen. Die Forschungshypothese bestätigt sich jedoch in den ökonometrischen Analysen nicht. Während bei materialsparenden Innovationsaktivitäten kein Größeneffekt zu erkennen ist, weisen die anderen Modelle einen nicht-linearen Zusammenhang zwischen der Unternehmensgröße und der Bedeutung der Umweltinnovationsziele auf. Einen hohen Stellenwert haben demnach Umweltinnovationen vor allem in sehr kleinen und in sehr großen Unternehmen und die geringste Bedeutung in mittelgroßen Unternehmen. Das Ergebnis deutet für kleine Unternehmen u.a. auf Flexibilitätsvorteile durch wenig komplexe Produktionsab-

läufe und eine höhere Bereitschaft zur Erschließung von Marktnischen hin. Die Relevanz in sehr großen Unternehmen kann sowohl durch die stärkere Präsenz in der Öffentlichkeit als auch durch eine intensivere Kontrolle durch die staatlichen Umweltschutzbehörden begründet werden (vgl. u.a. Brännlund et al.1995:33).

Die Hypothese, daß die Bedeutung umweltorientierter Innovationsziele mit einer steigenden FuE-Intensität der Unternehmen abnimmt, bestätigt sich in den Modellschätzungen für alle Umweltinnovationsaktivitäten. Das Ergebnis ist gegensätzlich zur Untersuchung von Jaffe und Palmer (1996:17), in der ein signifikanter, positiver Zusammenhang zwischen der Höhe der Umweltschutzinvestitionen und den FuE-Ausgaben eines regulierten Wirtschaftszweigs festgestellt wird. Für die Interpretation des Ergebnisses muß zwischen Produkt- und Prozeßinnovationen differenziert werden. Im Fall von umweltorientierten Prozeßinnovationen kann eine hohe Bedeutung der umwelttechnischen Industrie als Technologielieferant vermutet werden, so daß für die Prozeßinnovatoren keine intensiven FuE-Aktivitäten notwendig sind. Aber auch die umweltorientierten Produktinnovatoren, zu denen auch die Anbieter von Umwelttechnologien zählen, weisen nur eine geringe Bedeutung von FuE-Aktivitäten auf. Eine Erklärung hierfür könnte die bestehende Dominanz von end-of-pipe-Technologien sein, die im wesentlichen nur inkrementelle Verbesserungen bereits bestehender technologischer Lösungen sind, so daß nur im geringen Umfang FuE-Aktivitäten notwendig sind.

Georg et al. (1992:541) verweisen darauf, daß Umweltinnovationen nicht als Ergebnis von isolierten FuE-Aktivitäten eines Unternehmens entstehen, sondern zumeist das Ergebnis von Kooperationen zwischen verschiedenen Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette sind. Diese Aussage korrespondiert mit dem Ergebnis der deskriptiven Untersuchung, in der sich eine relativ hohe Bedeutung von FuE-Kooperationen für umweltinnovative Unternehmen zeigte. Auf der Grundlage der ökonometrischen Schätzungen muß jedoch die Hypothese, daß mit einer steigenden Bedeutung von FuE-Kooperationen auch die Bedeutung von umweltorientierten Innovationszielen zunimmt, verworfen werden. In Anbetracht der geringen Bedeutung von FuE-Aktivitäten für Umweltinnovationen überrascht dieses Ergebnis jedoch nicht. Für umweltinnovative Unternehmen war in den deskriptiven Untersuchungen ein höherer Informationsbedarf als für nicht-umweltinnovative Unternehmen zu beobachten. Insbesondere für Informationen aus unternehmensinternen Quellen sowie von Kunden deutete sich eine besondere Relevanz für Umweltinnovationen an. In den ökonometrischen Schätzungen zeigt sich, daß unternehmensinterne Informationsquellen aber nur einen Einfluß auf energiesparen-

de Innovationen in der Produktion haben. Während beispielsweise Georg et al (1992:542f.) den Kunden eine hohe Bedeutung als Informationsquelle für umweltorientierte Produktinnovationen zuweisen, zeigt sich in den Schätzungen kein Einfluß auf die Bedeutung von Umweltinnovationen. Stattdessen erweisen sich andere Informationsquellen als relevant, wobei sich insbesondere ein hoher Bedarf an externen Informationen offenbart. So haben Zulieferer von Ausrüstungsgütern eine wichtige Funktion als Informationsquelle für Innovationen zur Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion. Dies steht im Einklang mit den Forschungsergebnisse von Georg et al. (1992:542f.), die ebenfalls die Bedeutung von Zulieferern für Prozeßinnovationen herausstellen. Das Ergebnis unterstützt die Vermutung, daß Umweltschutztechnologien von Prozeßinnovatoren überwiegend von speziellen Technologieanbietern bezogen werden. Zulieferer von Vorprodukten, Materialien und Komponenten liefern wichtige Informationen für die Entwicklung umweltfreundlicher Produkte sowie für die Senkung des Materialverbrauchs. Beides ist einsichtig, denn die Umweltfreundlichkeit von Produkten hängt stark von den verwendeten Materialien ab und die Senkung des Materialverbrauchs ist u.a. von Informationen über Substitutionsmöglichkeiten abhängig.

Es ist aber auch anzunehmen, daß der hohe Informationsbedarf in einem gewissen Maße auch auf die geringe FuE-Intensität der umweltinnovativen Unternehmen zurückgeführt werden kann. Der hohe Einfluß der öffentlichen Forschungsinfrastruktur als Informationsquelle deutet auf den Bedarf von zusätzlichem externem know-how hin. So hat die Bereitstellung von Informationen aus Universitäten und Fachhochschulen einen hohen Einfluß auf die Entwicklung umweltfreundlicher Produkte sowie auf die Verbesserung der Arbeitsbedingungen in den Unternehmen.

Zum Einfluß der Marktnachfrage auf die Bedeutung von Umweltinnovationen wurde die Hypothese formuliert, daß umweltinnovative Unternehmen die Nachfrageentwicklung positiver einschätzen als nicht-umweltinnovative Unternehmen. Die Hypothese muß jedoch abgelehnt werden, da sich keine Einwirkungen der Nachfrageentwicklung auf ein Umweltinnovationsziel feststellen läßt.

In den ökonometrischen Analysen wird darüberhinaus deutlich, daß die Aneignung von Innovationserträgen aus den einzelnen Umweltinnovationen durch verschiedene Schutzinstrumente erfolgt. Obwohl in den letzten Jahren in Deutschland eine Zunahme der umweltschutzorientierten Patentanmeldungen festgestellt werden kann, zeigt sich in den Schätzungen, daß der Patentschutz als ein klassisches Mittel des gewerblichen Rechtsschutzes zur Schaffung einer

temporären Marktzutrittsbarriere, keinen Einfluß auf den Stellenwert von Umweltinnovationen hat. Dies könnte auf eine geringe Patentierbarkeit von umweltorientierten Prozeß- und Produktinnovationen hindeuten und damit ein weiterer Hinweis auf den überwiegend inkrementellen Charakter von umweltorientierten Innovationstätigkeiten sein. Stattdessen hat der Zeitvorsprung in der Vermarktung einen hohen Stellenwert für den Schutz von umweltorientierten Produktinnovationen. Dieser Zeitvorteil kann von den Unternehmen genutzt werden, um möglichst viele Kunden an ein Produkt zu binden und um Lerneffekte zu erzielen. Eine komplizierte Prozeßgestaltung, die eine Imitation durch Konkurrenten erschwert, hat hingegen einen Einfluß auf Innovationen zur Reduzierung der Umweltbelastung in der Produktion. Dabei zeigen sich für spezifische Neuerungen an Produktionsprozessen jedoch weitere Unterschiede. Die langfristige Bindung qualifizierten Personals hat beispielsweise im Falle von materialsparenden, Prozeßinnovationen, und die Erzielung eines Zeitvorsprungs für energiesparende Prozeßinnovationen, eine Relevanz. Keinen Einfluß haben die klassischen Schutzinstrumente, wie die Geheimhaltung oder die Erzielung eines Zeitvorsprungs auf Innovationsaktivitäten zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen. Bei diesen Innovationen scheint sich aus Wettbewerbsgründen keine Notwendigkeit für einen Schutz der Innovationsbemühungen zu ergeben.

8 Schlußfolgerung

In der vorliegenden Untersuchung wurde der Einfluß umweltpolitischer Instrumente auf das Innovationsverhalten von Unternehmen in einer quantitativen und qualitativen Analyse im Kontext interdependenter Einflußstrukturen untersucht. Aufgrund der Komplexität der Einflußfaktoren und der Schwierigkeit, die Wirkung umweltpolitischer Instrumente zu isolieren, ist die vorliegende Untersuchung in methodischer und empirischer Hinsicht eine explorative Arbeit.

Das wesentliche Ergebnis der Untersuchung ist die Erkenntnis, daß der Einsatz umweltpolitischer Instrumente einen weitaus geringeren Einfluß auf Umweltinnovationen haben kann, als in der umweltökonomischen Diskussion angenommen wird, da weitere Faktoren ebenfalls einen starken Einfluß auf das Innovationsverhalten und damit auf die Instrumentenwirkung nehmen. Umweltpolitik kann demnach nicht allein aus sich heraus Umweltinnovationen fördern, sondern Politikmaßnahmen müssen unter Berücksichtigung der jeweiligen technischen

und ökonomischen Rahmenbedingungen des zu regulierenden Tatbestands sowie deren zeitlichen Veränderungen ergriffen werden.

In weiteren Untersuchungen gilt es, den gewählten Untersuchungsansatz aus einer Kombination umweltökonomischer und innovationsökonomischer Forschungsansätze weiterzuentwickeln. Insbesondere sollte dabei auch auf Ansätze der Politikevaluation zurückgegriffen werden, denn für die Innovationswirkung umweltpolitischer Instrumente ist nicht nur der Instrumenteeinsatz, sondern auch der politische Willensbildungsprozeß bedeutsam.

In mikroökonomischen Untersuchungen sollte die Wirkung verschiedener umweltpolitischer Instrumente detaillierter untersucht werden. So sollte die Wirkung der Instrumente auf unterschiedliche Technologiealternativen abgeschätzt werden. Hierzu gilt es, aussagekräftige Indikatoren für die Instrumentewirkung und Möglichkeiten zur Abbildung unterschiedlicher Technologiemerkmale zu entwickeln. Auch sollten die Besonderheiten der einzelnen Phasen des Innovationsprozesses, d.h. die Entwicklung und die Anwendung von Umwelttechnologien, eine stärkere Beachtung finden, denn aufgrund des Marktversagens bei Umweltgütern fehlen nicht nur Impulse für die Anwendung, sondern vor allem auch für die Entwicklung von Umwelttechnologien. Notwendig erscheinen schließlich auch Zeitreihenanalysen, die die Untersuchung der dynamischen technologischen Entwicklung ermöglichen. Die hierzu fehlende Datengrundlage könnte durch eine regelmäßige Umweltinnovationserhebung in Unternehmen der Verarbeitenden Industrie und des Dienstleistungsgewerbes erfolgen.

Literatur

- Adler, U./ E.-M. Bauer/ N. Heller/ J. Wackerbauer (1994): Additiver und integrierter Umweltschutz und dessen Bedeutung im internationalen Wettbewerb. Gutachten des ifo-Instituts im Auftrag des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag. München.
- Backhaus, K./ Erichson, B./ Plinke, W./ Weiber, R. (1996): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 8. Auflage. Heidelberg.
- Becher, G./ Böttcher, H. / Funck, R./ Hartje, V./ Sprenger, R.U./ Weibert, W. (1990): Regulierung und Innovation. Der Einfluß wirtschafts- und gesellschaftspolitischer Rahmenbedingungen auf das Innovationsverhalten von Unternehmen. Ifo-Studien zur Umweltökonomie 13. München.
- BDI (Bundesverband der Deutschen Industrie) (1993): Forschungsstandort Deutschland. Problembereiche und Handlungsempfehlungen. Köln.
- Behrend, S. (1994): Entsorgungsgerechte Produktgestaltung. In: Hellenbrandt, S./ Rubik, F. (Hrsg.): Produkt und Umwelt: Anforderungen, Instrumente und Ziele einer ökologischen Produktpolitik. Marburg. S. 103-116.
- J. Blazejczak, D. Edler, J. Hemmelskamp, M. Jänicke (1998): Umweltpolitik und Innovation: Politikmuster und Innovationswirkungen im internationalen Vergleich. Synthesepapier im Rahmen des FIU-Forschungsverbundes des BMBF. DIW/ZEW/FFU. Berlin/Mannheim.
- Brännlund, R./ Färe, R./ Grosskopf, S. (1995): Environmental Regulation and Profitability: An Application to Swedish Pulp and Paper Mills, In: Environmental and Resource Economics, Nr. 6, S. 23-36.
- Coenen, R./ Klein-Vielhauer, S./ Meyer, R. (1995): TA-Projekt „Umwelttechnik und wirtschaftliche Entwicklung“: Integrierte Umwelttechnik - Chancen erkennen und nutzen. Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag. TAB-Arbeitsbericht 35. Bonn.
- Cottica, A. (1994): The microeconomics of environmental innovation in the European packaging industry. Vortragspapier für die „5th Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists“. Dublin, 22.-24. Juni 1994.
- Felder, J./ Harhoff, D./ Licht, G./ Nerlinger, E./ Stahl, H. (1994): Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft. Ergebnisse der Innovationserhebung 1993. ZEW-Dokumentation 94-01. Mannheim.

-
- Georg, S./ Ropke, I./ Jorgensen, U. (1992): Clean Technology - Innovation and Environmental Regulation. In: Environmental and Resource Economics, Nr. 2, S. 533-550.
- Green, K./ McMeekin, A./ Irwin, A. (1994): Technological Trajectories and R&D for Environmental Innovation in UK Firms, In: Futures, Nr. 10, S. 1047-1059.
- Halstrick-Schwenk, M./ Horbach, J./ Löbke, K./ Walter, J. (1994): Die Umwelttechnische Industrie in der Bundesrepublik Deutschland, In: Untersuchungen des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung (RWI) (Hrsg). Heft 12, Essen.
- Harhoff, D./ Licht, G. (1994): Das Mannheimer Innovationspanel, In: Hochmuth, U./ Wagner, J.: Firmenpanlestudien in Deutschland. Tübingen. S. 255-284.
- Harhoff, D./ Licht, G. et al. (1996): Innovationsaktivitäten kleiner und mittlerer Unternehmen. Ergebnisse des Mannheimer Innovationspanels. Schriftenreihe des ZEW, Band 8. Baden-Baden.
- Hartje, V.J./ Zimmermann, K.W. (1988): Unternehmerische Technologiewahl zur Emissionsminderung - End-of-the-Pipe- versus integrierte Technologien. Vortragspapier zur Arbeitstagung „Ökonomische und politikwissenschaftliche Analyse der Wasserwirtschaft. Oldenburg Oktober 1988.
- Hemmelskamp, J. (1997a): Environmental Policy Instruments and their Effects on Innovation, In: European Planning Studies, Nr. 2, S. 177-194.
- Hemmelskamp, J. (1997b): Umweltpolitik und Innovation - Grundlegende Begriffe und Zusammenhänge, In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht, Nr. 4, S. 481-511.
- Hohmeyer, O./ H. Koschel (1995) Umweltpolitische Instrumente zur Förderung des Einsatzes integrierter Umwelttechnik. Gutachten des ZEW im Auftrag des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag.
- Horbach, J. (1992): Neue Politische Ökonomie und Umweltpolitik. Frankfurt/M.
- Jänicke, M. (1996): Regulierungsmuster und Innovation. Vortragspapier im Rahmen der BMBF-Clearingstudie "Innovative Wirkungen von Energiesteuern und -Abgaben". FFU der FU-Berlin. Berlin.
- Jaffe, A.B./ Palmer, K. (1996): Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study. National Bureau of Economic Research. Working Paper 5545. Cambridge (MA)
- Kemp, R. (1996): Environmental Policy and Technical Change: A Comparison of the Technological Impact of Policy Instruments. Cheltenham.

- Kemp, R. (1998): Environmental Regulation and Innovation Key Issues and Questions for Research, In: Sorup, P./ Leone, F./ Hemmelskamp, J./ Weber, M.: The Impact of EU-Regulation on Innovation of European Industry. European Commission/IPTS, Working Paper-Series, Sevilla (forthcoming).
- Kleinknecht, A. (1989): Firm Size and Innovation. Observations in Dutch Manufacturing Industries, In: Small Business Economics, Nr. 1, S. 215-222.
- Koschel, H./ Weinreich, S. (1995): Ökologische Steuerreform auf dem Prüfstand - Ist die Zeit reif zum Handeln?, In: ZEW-Wirtschaftsanalysen, Band 1. Baden-Baden.
- Lanjouw, J.O./ Mody, A. (1995): Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technology, In: Research Policy, Vol. 25, S. 549-571.
- Michaelis, P. (1992): Umweltpolitik und technologisches Anpassungsverhalten im End-of-Pipe-Fall. Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel. Kieler Arbeitspapiere Nr. 540.
- Norberg-Bohm, V./ Rossi, M. (1997): The Power of Incrementalism: Environmentally Induced Technological Change in the U.S. Pulp and Paper Industry. Environmental Technology and Public Policy Working Paper, MIT, Cambridge (MA).
- MIP (1993): Mannheimer Innovationspanel. Daten der ersten Welle aus dem Jahre 1993. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung. Mannheim.
- Oates, W.E./ Palmer, K./ Portney, P.R. (1994): Environmental Regulation and International Competitiveness: Thinking About the Porter Hypothesis. Diskussion Paper 94-02, Resources for the Future. Washington.
- OECD (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) (1991): Environmental Labelling in OECD Countries. Paris
- Pearce, D.W./ Turner, R.K. (1990): Economics of natural resources and the environment. New York.
- Porter, M. E./ van der Linde, C. (1996a): Green and Competitive: Ending the Stalemate, In: Welford, R./ Starkey, R. (Hrsg.): Business and the Environment. London. S. 61-77.
- Porter, M. E./ van der Linde, C. (1996b): Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship, In: Journal of Economic Perspectives, Nr. 4, S. 97-118.
- Radke, V. (1996): Ökonomische Aspekte nachhaltiger Technologie. Zur Bedeutung unterschiedlicher Ausprägungen des technischen Fortschritts für das Konzept des Sustainable Developments, in: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht, Nr. 1, S. 109-128.
- Ronning, G. (1991): Mikroökometrie. Heidelberg.
- Rothwell, R. (1992): Industrial innovation and government environmental regulation: Some lessons from the past, In: Technovation, Nr. 7, S. 447-458.

-
- Scholl, G. (1994): Produktpolitik im internationalen Vergleich, in: Hellenbrandt, S./ Rubik, F.(Hrsg.): Produkt und Umwelt: Anforderungen, Instrumente und Ziele einer ökologischen Produktpolitik. Marburg. S. 65-90.
- Stahel, W.R. (1994): Langlebigkeit und Mehrfachnutzung - Wege zu einer höheren Ressourcen-Effizienz, In: Hellenbrandt, S./ Rubik, F.(Hrsg.): Produkt und Umwelt: Anforderungen, Instrumente und Ziele einer ökologischen Produktpolitik. Marburg. S. 189-209.
- Steinberg, R./ Allert, H.-J./ Grams, C./ Scharioth, J. (1991): Zur Beschleunigung des Genehmigungsverfahrens für Industrieanlagen. Baden-Baden.
- Troja, M. (1997): Zulassungsverfahren, Beschleunigung und Mediation: Ansätze zur Verbesserung konfliktträchtiger Verwaltungsentscheidungen im Umweltbereich, In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht, Nr. 3, 317-342.
- VCI (Verband der Chemischen Industrie) (1993): Beseitigung von Innovationshemmnissen. Dokumentation. Frankfurt a.M.
- Voss, G. (1995): Folgen ökologisch motivierter Energiesteuern, In: Hohmeyer, O. (Hrsg.): Ökologische Steuerreform. ZEW-Wirtschaftsanalysen, Band 1. S. 53-70.
- Walz, R./ Gruber, E./ Hiessl, H./ Reiß, T. (1992): Neue Technologien und Ressourcenschonung. Abschlußbericht des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung an das BMFT. Karlsruhe.
- Wong, V./ Turner, W./ Stoneman, P. (1995): Marketing Strategies and Market Products for Environmentally Friendly Consumer Products. Warwick Business School. Coventry.

