

Umweltökonomische Diskussionsbeiträge

Nr. 99 – 1

**Nachhaltiger technologischer Wandel  
aus Sicht der Evolutorischen Ökonomik**

– staatliche Steuerung zwischen Anmaßung von Wissen  
und drohender Entwicklungsfalle –

von

**Bodo Linscheidt**

Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut  
an der Universität zu Köln

Postfach 420 520 / D-50899 Köln  
Zülpicher Straße 182 / D-50937 Köln

Tel: +221 – 42 69 79

Fax: +221 – 42 23 52

E-mail: [fifo@uni-koeln.de](mailto:fifo@uni-koeln.de)

Web: <http://www.wiso.uni-koeln.de/finanzfors/>

Umweltökonomische Diskussionsbeiträge

Nr. 99 – 1

**Nachhaltiger technologischer Wandel  
aus Sicht der Evolutorischen Ökonomik**

– staatliche Steuerung zwischen Anmaßung von Wissen  
und drohender Entwicklungsfalle –

von

**Bodo Linscheidt**

Beiträge zum Forschungsprogramm  
Institutionelle Arrangements für eine nachhaltige Entwicklung  
Universität zu Köln  
Sonderforschungsbereich 419

ISSN 1439-4545

## Vorwort

Ende 1998 hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft die Errichtung eines neuen Sonderforschungsbereiches an der Kölner Universität bewilligt. Als SFB 419 trägt er den vorläufigen Titel: „Umweltprobleme in einem industriellen Ballungsraum: Naturwissenschaftliche, rechtswissenschaftliche und sozioökonomische Analysen und Lösungsstrategien“. Zusammen mit Prof. Dr. Rolf Sternberg, dem geschäftsführenden Direktor des Wirtschafts- und Sozialgeographischen Instituts an der Universität zu Köln, bin ich daran als Antragsteller für das Teilprojekt „Nachhaltige Regionalentwicklung in Nordrhein-Westfalen: Herleitung eines Indikatorensystems und institutionelle Umsetzungsmechanismen“ beteiligt. Das in diesem Rahmen angelaufene Forschungsprogramm über institutionelle Arrangements für eine nachhaltige Entwicklung wird im Finanzwissenschaftlichen Forschungsinstitut durchgeführt.

Die Errichtung des neuen Sonderforschungsbereiches und der Beginn eines neuen umweltbezogenen Forschungsprogramms sind allerdings im Institut zum Anlass genommen worden, die Forschungsaktivitäten anders zu organisieren. Die Umweltforschung soll künftig vom Kernbereich der finanzwissenschaftlichen Forschung getrennt werden. So hat der Vorstand des Fördervereins – der Gesellschaft zur Förderung der finanzwissenschaftlichen Forschung e.V. Köln – beschlossen, umweltökonomische Drittmittel-Projekte unter meiner Leitung im direkten Verbund mit Aktivitäten des Sonderforschungsbereiches abzuwickeln. Um den in diesem Zusammenhang entstehenden Forschungsergebnissen eine eigene Diskussionsplattform zu schaffen, wurde außerdem beschlossen, eine neue Reihe im Selbstverlag herauszugeben. Neben die bereits seit langem erscheinenden Finanzwissenschaftlichen Diskussionsbeiträge treten somit nunmehr die Umweltökonomischen Diskussionsbeiträge. Die Reihe wird mit einem Beitrag von Bodo Linscheidt eröffnet.

Dieser Beitrag wie auch die folgenden verdeutlichen den breiten Ansatz, der hier zur Behandlung umweltökonomischer Problemstellungen verfolgt wird. Umweltprobleme und politische Maßnahmen werden nicht (vorrangig) in einem engen neoklassischen Rahmen analysiert; vielmehr sollen die Ergebnisse neuerer Theorieentwicklungen wie etwa der Evolutorischen Ökonomik, der Institutionenökonomik oder der Spieltheorie in die Diskussion um geeignete institutionelle Steuerungsformen einbezogen werden. Ein weiterer Schwerpunkt sollen empirische Untersuchungen zur Funktionsweise realer Institutionen sein, um die Aussagefähigkeit der ökonomischen Theoriebasis „am realen Objekt“ zu überprüfen. In diesem Sinne ist zu wünschen, daß die neue Reihe zu einer intensiven – auch interdisziplinären – Diskussion um die institutionellen Grundlagen nachhaltiger Entwicklung beitragen kann.

Köln, im Dezember 1999

Dieter Ewringmann

## **Inhaltsübersicht**

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Technologischer Wandel aus evolutorischer Sicht.....</b>	<b>6</b>
2.1 Innovationswettbewerb und spontane Ordnung.....	7
2.2 Technologische Paradigmen und pfadabhängige Entwicklung.....	9
2.2.1 Begriff und ökonomische Bedeutung.....	9
2.2.2 Ursachen pfadabhängiger Entwicklung.....	10
<b>3 Politische Steuerungsoptionen und ihre evolutorische Bewertung .....</b>	<b>13</b>
3.1 Bewertungskriterien.....	13
3.2 Preissteuerung als realistische Option?.....	14
3.3 Ökologische Selbststeuerung - Ideallösung oder Utopie?.....	16
3.4 Kontextsteuerung - kooperativer Diskurs oder weicher Korporatismus? .....	17
3.5 Technologiepolitik - Notwendigkeit oder Anmaßung von Wissen?.....	19
<b>4 Schlußfolgerungen .....</b>	<b>21</b>
<b>5 Literatur .....</b>	<b>23</b>

## 1 Einleitung

Technologischer Wandel wird mittlerweile als die treibende Kraft der wirtschaftlichen Entwicklung angesehen. Bislang überwiegt die Thematisierung im Rahmen der wachstumspolitischen Diskussion (Grossman und Helpman 1991). Mit dem Aufkommen des neuen Leitbildes einer nachhaltigen bzw. dauerhaft umweltgerechten Entwicklung<sup>1</sup> rückt jedoch auch die umweltpolitische Bedeutung von technologischem Wandel in den Mittelpunkt des Interesses. Nachhaltige Entwicklung erfordert langfristig eine drastische Reduktion des Schadstoffausstoßes und der Ressourcennutzung. Mit den gegenwärtigen Technologien ist diese Anforderung nicht oder nur mit starken Wohlstandseinbußen erfüllbar.

So dürfte es beispielsweise nicht gelingen, die in den nächsten Jahrzehnten angestrebten Klimaschutzziele zu erreichen und gleichzeitig das bestehende, überwiegend auf fossilen Brennstoffen basierende Energieversorgungssystem aufrechtzuerhalten. Für den industriellen Umweltschutz besteht seit langem Konsens darüber, daß die nachgeschalteten Behandlungstechnologien an ihre Grenzen stoßen und eine Neuorientierung in Richtung integrierter Emissionsvermeidung erforderlich ist (Zimmermann 1990). Die Liste derartiger Beispiele ließe sich beliebig verlängern. Deutlich wird daran, daß die Ziele der Nachhaltigkeit langfristig einen grundlegenden technologischen Wandel voraussetzen.

Umweltprobleme wurden bislang überwiegend im Rahmen neoklassischer Theorieansätze behandelt; dies gilt auch für den Bereich des technischen Fortschritts.<sup>2</sup> Trotz vieler Unterschiede im Detail münden diese Arbeiten in weitgehend einheitlichen Politikempfehlungen zugunsten sog. marktwirtschaftlicher Instrumente: Über eine Veränderung der relativen Preise - z.B. durch Emissionsabgaben oder -zertifikate - sollen die Anreize zu umweltfreundlichen Innovationen verstärkt werden. Eine derartige Preissteuerung wird im Vergleich zum Ordnungsrecht als dynamisch effizient bewertet (Cansier 1996, 171 ff.; Endres 1994, 131 ff.). Sie ist zudem bei entsprechender Ausgestaltung mit ordoliberalen Grundsätzen vereinbar (Ewers und Hassel 1996; Rennings et al. 1996), da der Ordnungsrahmen in vorhersehbarer Weise korrigiert wird, ohne daß konstituierende Prinzipien im Sinne Euckens (1952/1990) wie etwa die Funktionsfähigkeit des Preissystems oder die Offenheit der Märkte beeinträchtigt werden.

Gleichwohl werden zunehmend Zweifel an der Eignung des neoklassischen Paradigmas - insbesondere an der statischen Gleichgewichtsorientierung und der Annahme vollkommener

---

1 Mit der ethischen Basis und gesellschaftspolitischen Bedeutung des Leitbilds der nachhaltigen bzw. dauerhaft umweltgerechten Entwicklung setzt sich der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1994, 45 ff.) auseinander.

2 Siehe hierzu etwa Kennedy (1964), Magat (1979), Downing/White (1986), Milliman/Prince (1989).

Information - für die Erklärung technologischer Neuerungen vorgebracht (Erdmann 1993a). Ausgehend von dieser Kritik gewinnt die Evolutorische Ökonomik als theoretische Basis für die Analyse von Entwicklungsprozessen an Bedeutung.<sup>3</sup> Ziel dieses Ansatzes ist die Identifizierung der Einflußfaktoren und Gesetzmäßigkeiten des wirtschaftlichen Wandels. Wesentliche Anwendungsgebiete sind bisher die Innovationstheorie, die Industrieökonomik sowie - basierend auf den Arbeiten von Hayeks - die Ordnungstheorie.<sup>4</sup> Mittlerweile liegen auch erste Anwendungen für den Bereich der Umweltökonomik bzw. der nachhaltigen Entwicklung vor (Erdmann 1993b; Wegner 1994; Gerken und Renner 1996).

Nicht hinreichend geklärt ist bislang, welche Implikationen sich aus der evolutorischen Perspektive für eine ökologische Langfristpolitik und den dabei angestrebten technologischen Wandel ergeben. Wie sind grundlegende Steuerungsalternativen einer nachhaltigen Technologieentwicklung aus evolutorischer Sicht zu bewerten? Dieser Frage soll im folgenden - basierend auf einer Analyse und Darstellung der Kernaussagen der Evolutorischen Ökonomik - nachgegangen werden. Dabei zeigt sich, daß die evolutorische Sichtweise ein fundamentales Konfliktfeld offenbart: Einerseits drohen in einer Marktwirtschaft Entwicklungsfallen aufgrund von historisch geprägten Technologiepfaden, andererseits besteht die Gefahr der Anmaßung von Wissen bei korrigierenden staatlichen Eingriffen in die Marktordnung. Dieser Gegensatz ist nicht leicht auflösbar; er liefert jedoch die Grundlage für eine neuartige und fruchtbare Analyse alternativer institutioneller Steuerungsmuster.

## 2 Technologischer Wandel aus evolutorischer Sicht

Die Grundbausteine der Evolutorischen Ökonomik entstammen im Wege der Analogiebildung der biologischen Evolutionstheorie (Nelson und Winter 1982; Mohr 1990; Schnabl 1990). Im Mittelpunkt stehen die Konzeptionen des genetischen Erbmaterials, der Mutation bzw. Rekombination sowie der Selektion durch natürliche Auslese: Innovationen erfolgen wie genetische Mutationen zufällig und sprunghaft. Welche der vielfältigen Neuerungen sich letztlich durchsetzt, wird durch die spezifische Selektionsumwelt einer Marktwirtschaft bestimmt. Erfolgreiche Neuerungen werden wie beim biologischen Vererbungsmechanismus beibehalten

---

<sup>3</sup> Grundlegend hierzu Nelson/Winter (1982), Dosi (1988) und für den deutschen Sprachraum Witt (1990) und (1992) sowie Erdmann (1993a).

<sup>4</sup> Zu den ersten beiden Gebieten siehe etwa die Beiträge in Dosi/Freeman/Nelson/Silverberg/Soete (1988) und in Dodgson/Rothwell (1996); zur evolutorischen Ordnungstheorie siehe in neuerer Zeit etwa Wegner (1996), Geue (1998) und die Beiträge in Witt (1990).

und breiten sich aus, während nicht-wettbewerbsfähige Konzepte ausgesondert werden. Zugleich knüpft die zukünftige Entwicklung an die Vergangenheit - das genetische Material - an. Das evolutorische Denken beinhaltet damit sowohl Offenheit als auch historisch geprägte Beschränkung. Dieser (potentielle) Gegensatz soll aufgrund seiner Bedeutung für die hier behandelte Fragestellung im folgenden näher betrachtet werden.

## **2.1 Innovationswettbewerb und spontane Ordnung**

Die Offenheit technologischer Entwicklungen in einer Marktwirtschaft wird vor allem von der ordnungstheoretischen Richtung der Evolutorischen Ökonomik betont. Grundlage sind die Arbeiten von Hayeks (etwa von Hayek 1969, 1971 und 1973), die das Prinzip der Freiheit und der darauf basierenden Ordnungsbildung in den Mittelpunkt stellen. Hinzu kommt das Werk von Schumpeter (1964), das eine Erklärung und Analyse der Dynamik des unternehmerischen Innovationswettbewerbs bietet.

Ausgangspunkt ist die These der besonderen Innovationskraft eines freien Wettbewerbs. Dieser wird weniger als ein zum Gleichgewicht führender Prozeß, sondern in erster Linie als ein Mechanismus gesehen, der die Marktteilnehmer zu einem Innovationswettlauf - d.h. zur permanenten Suche nach Neuerungen - zwingt. Einmal erreichte Positionen sind der Gefahr ausgesetzt, von verbesserten Produkten oder Verfahren eines Konkurrenten entwertet zu werden. Denn die wirtschaftliche Entwicklung ist gemäß Schumpeter nicht nur durch den Vorstoß von Pionieren, sondern spiegelbildlich auch durch eine schöpferische Zerstörung geprägt. Diese drohende Entwertung von Handlungsmöglichkeiten im Wettbewerb führt dazu, daß jedes Unternehmen ständig um Innovationen bemüht sein muß, wenn es nicht vom Markt verdrängt werden will. In diesem Sinne spricht von Hayek (1968) vom Wettbewerb als Entdeckungsverfahren. Zugleich ist der Wettbewerb der zentrale Selektionsmechanismus, der über die Durchsetzung und Verbreitung von Neuerungen entscheidet.

Triebfeder des technologischen Wandels sind nach Schumpeter die sog. Pionierunternehmer. Diese setzen neue Kombinationen von Produktionsfaktoren - d.h. neue Produkte, Verfahren, Absatzmärkte oder Organisationsstrukturen - am Markt durch. Der Pionierunternehmer paßt sich nicht wie ein neoklassisches Unternehmen lediglich an veränderte Rahmenbedingungen an, sondern entwickelt eine eigenständige Vision, die er trotz hoher Risiken und gegen bestehende Widerstände realisiert. Dies lenkt den Blick auf die besonderen Eigenschaften eines Pioniers (Röpke 1977, 83 ff.; Zimmermann et al. 1998, 31 ff.). Er muß bestimmte Fähigkeiten wie Kreativität, Organisationstalent und Durchsetzungsfähigkeit besitzen. Zudem ist seine Handlungsmotivation vielfach nicht nur durch die potentiellen Gewinne bestimmt; hinzu kommt ein komplexes Bündel an Motiven, das von Macht über die Freude an eigenverantwortlicher Gestaltung bis hin zu gesellschaftlicher Verantwortung reichen kann.

Eine wichtige Eigenschaft des evolutorischen Wettbewerbs ist, daß seine Ergebnisse prinzipiell nicht vorhersehbar sind. Die dezentrale Interaktion der Wirtschaftssubjekte führt zur Herausbildung spontaner Ordnungen, die zwar das Resultat menschlicher Handlungen darstellen, zugleich aber von niemandem geplant werden können (von Hayek 1969, 97 ff. und 1973, 35 ff.). Diese Entwicklungsoffenheit innovativer Wettbewerbsprozesse ergibt sich u.a. daraus, daß das gesamte Wissen einer Volkswirtschaft und damit die Neuerungskompetenz bei den einzelnen Individuen verstreut liegt und nicht zentral verfügbar ist. Darüber hinaus lassen sich auch die Selektion durch den Wettbewerb und die dabei herausgefilterten neuen Lösungen nicht prognostizieren. Der Innovationsmechanismus eines freien Wettbewerbs ist folglich nicht durch staatliche Technologieplanung ersetzbar. Der Versuch einer derartigen Planung würde eine „Anmaßung von Wissen“ darstellen (von Hayek 1969, 225).

Aus diesen Überlegungen leitet von Hayek (1969, 225) ab, daß die spontane Marktordnung nicht einer politischen Rangordnung von Zielen dienen kann und soll. Sie verwirklicht endogen die Ziele der Individuen und ist nicht exogen auf andere Ziele hin steuerbar, ohne daß ihre Funktionsprinzipien zerstört werden. Hierzu ist allerdings anzumerken, daß spontane und offene Entwicklungen auch zu Ergebnissen führen können, die von den Individuen negativ bewertet werden (Vanberg 1981, 25); die Unvorhersehbarkeit der Marktevolution darf nicht mit der normativen Rechtfertigung ihrer Ergebnisse verwechselt werden. Hierbei ist insbesondere auf das Problem kollektiver Dilemmasituationen hinzuweisen. Für die Umweltproblematik, die durch derartige Situationen in besonderem Maße geprägt ist, widersprechen politische Ziele somit nicht generell den ordnungstheoretischen Prinzipien.<sup>5</sup>

Gleichwohl betonen die evolutorisch-ordnungstheoretischen Überlegungen die Grenzen und Gefahren einer politischen Außensteuerung komplexer Marktsysteme. Staatliche Steuerung darf insbesondere nicht die Funktionsbedingungen des Innovationswettbewerbs beeinträchtigen, da dies die Antriebskraft des technologischen Fortschritts und damit die Dynamik der Marktwirtschaft schwächen würde (Wegner 1994, 28). Auch für eine umweltverträgliche Technologieentwicklung sind somit größtmögliche Freiheitspielräume und Vielfalt der innovativen Suchprozesse anzustreben (Erdmann 1993a, 97 ff.).

---

<sup>5</sup> Dies betont auch Wegner (1994), S. 25 in seiner auf von Hayek basierenden ordnungstheoretischen Analyse der Umweltpolitik. Auf Seite 30 unterscheidet er dabei explizit zwischen dem Minimalstaatstheoretiker von Hayek, der jeglichen politische Korrektur von Marktergebnissen ablehnt, und dem Evolutionsökonom von Hayek, dessen Ideen durchaus für die Umweltpolitik i.e.S. fruchtbar gemacht werden können.



## 2.2 Technologische Paradigmen und pfadabhängige Entwicklung

### 2.2.1 Begriff und ökonomische Bedeutung

Neben den Aspekten der Entwicklungsoffenheit und spontanen wettbewerblichen Ordnungsbildung enthält die Evolutorische Ökonomik die Vorstellung einer irreversiblen, historisch geprägten Entwicklung (Erdmann 1993a, 23 ff.). Technischer Fortschritt wird einerseits als sprunghaft und unvorhersehbar, andererseits aber als kumulativer und gradueller Prozeß gesehen, der sich entlang einer einmal eingeschlagenen Richtung weiterentwickelt. Diese vor allem in der Industrieökonomik und Innovationstheorie mittlerweile geläufige Sichtweise<sup>6</sup> kommt in dem Begriff der pfadabhängigen Entwicklung zum Ausdruck.

Technologische Entwicklungen sind danach durch eine „Suchheuristik“ gekennzeichnet, die den am Innovationsprozeß beteiligten Akteuren anzeigt, in welcher Richtung weitere Fortschritte und Verbesserungen anzustreben sind.<sup>7</sup> Die Heuristik bezieht sich auf bestimmte Funktionsprinzipien und Designvorgaben, die in ihrer Gesamtheit eine Technologie prägen und von alternativen Problemlösungen abgrenzen. Nelson/Winter (1982) haben hierfür den Begriff des *technological regime* geprägt; große Verbreitung hat darüber hinaus der von Dosi (1982) eingeführte und inhaltlich weitgehend identische Begriff des *technological paradigm* erfahren. Einzelne Technologien - z.B. das Automobil, die Petrochemie oder die fossile Stromerzeugung - können die Grundlage für bedeutende Industriezweige mit prägendem Einfluß auf die Volkswirtschaft darstellen; hierfür verwendet Freeman (1991) den Begriff des *techno-economic paradigm*.

Eine der Basishypothesen der evolutorischen Innovationstheorie ist nun, daß sich der technische Fortschritt entlang bestimmter Pfade entwickelt, die jeweils durch ein Paradigma charakterisiert sind (Dosi 1982 und 1988). Neuerungen konzentrieren sich auf die bestehenden Teilkomponenten einer Technologie und deren Zusammenwirken, ohne nach grundlegend anderen Lösungen zu suchen. Die Innovationsakteure sind gewissermaßen „blind“ gegenüber alternativen Paradigmen (Dosi 1982, 153). So haben ganze Generationen von Naturwissenschaftlern ihre Anstrengungen auf die Weiterentwicklung der fossilen Stromerzeugung konzentriert, während regenerative Energieformen kaum beachtet wurden.

Dadurch kann sich für die Technologieentwicklung ein problematischer „lock-in“-Effekt ergeben (Arthur 1988 und 1989): Selbst wenn das herrschende Technologieparadigma volkswirtschaftlich suboptimal ist und andere Lösungen höhere Produktivitätssteigerungen erwar-

---

<sup>6</sup> Interessanterweise findet dieser Aspekt in der evolutorisch-ordnungstheoretischen Diskussion weitaus weniger Beachtung. So wird etwa in der evolutorischen Abhandlung umweltpolitischer Steuerung von Wegner (1994) der Problembereich pfadabhängiger Entwicklungen nicht thematisiert.

<sup>7</sup> Siehe hierzu Nelson/Winter (1982), S. 246 ff.

ten lassen, kommt ein Richtungswechsel nicht zustande. Das alte Paradigma ist in seiner Entwicklung soweit gefestigt, daß die Widerstände gegen eine Neuorientierung nicht überwunden werden. Zwar kann mit dem Konzept der Pfadabhängigkeit weder die Suboptimalität der gegenwärtigen Entwicklung bewiesen noch der „optimale“ alternative Pfad identifiziert werden; es zeigt jedoch die Möglichkeit problematischer Entwicklungsfallen auf und erklärt ihr Zustandekommen. Damit ergibt sich ein interessanter Gegensatz zur evolutorischen Ordnungstheorie von Hayeks: Der freie Innovationswettbewerb kann nicht nur zu einer überlegenen spontanen Ordnung, sondern auch in eine „spontane Sackgasse“ führen.<sup>8</sup>

### *2.2.2 Ursachen pfadabhängiger Entwicklung*

In der evolutorischen Innovationstheorie ist die Frage, warum die Technologieentwicklung über lange Zeiträume an bestimmte Paradigmen gebunden ist und damit eine für die Marktwirtschaft erstaunliche Trägheit aufweist, ausführlich diskutiert worden. Dabei hat sich gezeigt, daß eine Vielzahl ökonomischer, sozialer, institutioneller und kognitiver Einflußfaktoren eine Rolle für dieses Phänomen spielen, die vielfach zusammenwirken und eine positive Rückkopplung in Gang setzen (Arthur 1990).

Nelson/Winter (1982) erklären die paradigmabildende Suchheuristik mit der hohen Unsicherheit des Innovationsprozesses und der beschränkten Rationalität der Akteure. Eine permanente Überprüfung aller denkbaren Richtungen überfordert die Individuen, während die Orientierung an bewährten Denkmustern und Routinen das Risiko senkt. Etablierte Technologien beeinflussen zudem die zukünftigen Erwartungen (Rosenberg 1976); ein Technologiepfad läßt sich somit auch als „self-fulfilling prophecy“ erklären.<sup>9</sup> Green et al. (1994) interpretieren ein technologisches Paradigma folgerichtig als Institution, d.h. als Verhaltensregel, die ihre Stabilität aus den Einstellungen der Ingenieure und Manager bezieht.

Die Technologiewahlentscheidung kann darüber hinaus durch das gebundene Kapital verzerrt sein (Hartje 1990, 148 ff.). Spezifische Investitionen in Produktionsanlagen oder Infrastruktur mit langer Laufzeit - z.B. Kraftwerke, Kläranlagen oder Straßen - müßten bei einem radikalen Technologiewechsel abgeschrieben werden. Ein ähnlicher Effekt kann in bezug auf das im Unternehmen bzw. in der Branche vorhandene spezifische Humankapital auftreten, das durch grundlegende Veränderungen entwertet wird (Erdmann 1993b, 86). Schließlich sind die Umstellungskosten und -risiken neuartiger Technologien zu berücksichtigen (Hartje 1990, 150).

---

<sup>8</sup> In den Arbeiten von Hayeks stellen irreversible Entwicklungstendenzen einer Marktordnung allenfalls ein Randthema dar, wenngleich er sich der Möglichkeit durchaus bewußt ist: „Aus verschiedenen Gründen kann der spontane Wachstumsprozeß in eine ausweglose Situation führen, aus der er sich aus eigenen Kräften nicht befreien kann oder die er zumindest nicht schnell genug korrigieren kann.“ (von Hayek 1981, 123).

<sup>9</sup> MacKenzie (1992), S. 32 faßt dieses Argument wie folgt zusammen: „Persistent patterns of technological change are persistent, in part, because technologists and others believe they will be persistent.“

Mangelnde Kompatibilität mit einem bestehenden Technologiesystem kann ohne weiteres zu einer prohibitiven Behinderung zukunftsweisender Lösungen führen. Dabei sind auch die politischen und wirtschaftlichen Interessen an der Aufrechterhaltung des Status-Quo zu berücksichtigen (Nelson 1977; Freeman 1992).

Etablierte Technologien haben zudem einen dynamischen Entwicklungsvorteil gegenüber neuen Konkurrenten.<sup>10</sup> Ein über viele Jahre oder sogar Jahrzehnte andauernder Innovationswettbewerb in einem Paradigma führt dazu, daß im Vergleich zur erstmaligen Erprobung umfangreiche Kostenvorteile und Qualitätsverbesserungen erschlossen wurden.<sup>11</sup> Diesen Prozeß kontinuierlicher Verbesserungen hat ein neuer Lösungsansatz noch nicht erfahren; der Einstieg in den Markt ist folglich selbst bei langfristig überlegenem Potential schwierig. Hinzu kommt, daß etablierte Produkte Kostenvorteile der Massenproduktion und eine optimierte Distributionslogistik nutzen können.

Im Zuge der Verbreitung eines technologischen Paradigmas entsteht häufig noch ein weiterer Rückkopplungsmechanismus: Wenn viele Unternehmen eine bestimmte Forschungsrichtung gemeinsam vorantreiben, profitiert das einzelne Unternehmen von positiven spill-over-Effekten (Erdmann 1993b, 86). Diese können sich unmittelbar auf die Nutzung fremder Forschungsergebnisse beziehen<sup>12</sup> oder auch auf den Vorteil, daß das erforderliche spezifische Humankapital jederzeit auf dem Arbeitsmarkt verfügbar ist. Ein altes Technologieparadigma profitiert zudem vom wechselseitigen Informationsaustausch in etablierten Netzwerken, auf die ein Pionier noch nicht zurückgreifen kann.<sup>13</sup>

Eine weitere Entwicklungsstabilisierung erfolgt durch Verhaltensmuster und Institutionen, die auf etablierte Technologien ausgerichtet sind (Kemp 1994, 1032). Beispiele sind die Verankerung des Automobils im gesellschaftlichen Wertesystem oder die Begünstigung nachgeschalteter Technologien durch das Umweltrecht. Sowohl Institutionen als auch Verhaltensmuster sind ihrerseits durch Beharrungstendenzen gekennzeichnet, die Parallelen zur Pfadabhängig-

---

<sup>10</sup> Ausführlich hierzu Kemp (1997), S. 268 ff. Dieser Effekt wird häufig über sogenannte Lernkurven, die die Stückkostenreduktion in Abhängigkeit von der Zeit darstellen, illustriert.

<sup>11</sup> Ein anschauliches Beispiel für eine derartige Entwicklung ist der Personalcomputer.

<sup>12</sup> In aller Regel ist ein wissenschaftlicher oder technologischer Pionier nicht in der Lage, sich die gesamten Erträge des neu geschaffenen Wissens anzueignen. Die Relevanz derartiger spill-overs wurde auch empirisch bestätigt. So ermittelt Jaffee (1986) einen deutlich positiven Zusammenhang des F&E-Erfolgs eines Unternehmens von den F&E-Ausgaben anderer Unternehmen in verwandten Forschungsbereichen.

<sup>13</sup> Funktionierende Netzwerke werden in der innovationstheoretischen Literatur als wichtige Grundlage erfolgreicher Neuerungsprozesse angesehen. Siehe hierzu DeBresson/Amesse (1991)

keit der technologischen Entwicklung aufweisen.<sup>14</sup> Technologien, Institutionen und Konsumstile führen zu einer sich wechselseitig verstärkenden Verfestigung. Eine Technologie wird somit nicht nur durch einen exogenen Wettbewerbsrahmen selektiert, sondern schafft sich im Zeitablauf eine zu ihr passende Selektionsumwelt; dies wird gelegentlich mit dem Begriff der Koevolution beschrieben (Norgaard 1984; Schot 1992; Rennings 1998). Das Kernproblem für neue Technologien besteht dann in der mangelnden Kompatibilität mit den gewachsenen Strukturen (Kemp 1994, 1033).

Das Konzept der Pfadabhängigkeit liefert eine Erklärung für die ausgeprägten Beharrungstendenzen umweltbelastender Technologiesysteme. Die beschriebenen Einflußfaktoren - z.B. langjährige Entwicklungsvorteile, hohe Kapitalbindung oder institutionelle Verankerung - lassen sich in vielen Bereichen erkennen; als Beispiele können die nachgeschalteten Reinigungstechnologien, die Chlorchemie, die fossile Energieerzeugung oder das Straßenverkehrssystem dienen.<sup>15</sup> Generell hat sich die gesamte heutige Industrie- und Technologiestruktur über einen sehr langen Zeitraum entwickelt, in dem Umweltschutz als Selektionskriterium keine nennenswerte Rolle spielte (Pfitzner et al. 1990, 639). Über die Mechanismen der Pfadabhängigkeit wurden die innovations- und kapitalstrukturverzerrenden Effekte negativer Umweltexternalitäten im Zeitablauf kontinuierlich verstärkt. Die Dominanz bestehender Technologien im Vergleich zu umweltverträglicheren Alternativen zeigt somit nicht zwangsläufig ihre Überlegenheit im Innovationswettbewerb an, sondern ist auch das Ergebnis einer bestimmten historischen Entwicklung.

Die Theorie der pfadabhängigen Entwicklung verdeutlicht die Widerstände, die für einen nachhaltigen technologischen Wandel überwunden werden müssen. Dies bedeutet jedoch keineswegs, daß ein derartiger Wandel unmöglich wäre; bekanntlich haben sich in der Wirtschaftsgeschichte immer wieder grundlegende Veränderungen ereignet (North 1981). Ausgangspunkt waren vielfach neue wissenschaftliche Erkenntnisse oder ökonomische Rahmenbedingungen, deren Potentiale von Pionieren erkannt und in erfolgreiche Neuerungen umgesetzt wurden. In der Regel erfolgte ein technologischer Pfadwechsel jedoch als gradueller Prozeß, in dem alternative Paradigmen über lange Zeit um die Vorherrschaft konkurrierten (Kemp 1994, 1033). Eine Chance hatten radikale Innovationen meist nur dann, wenn sich ihnen die Möglichkeit bot, ihre gravierenden Entwicklungsnachteile aufzuholen. Zentrale Be-

---

<sup>14</sup> Für den Bereich der Institutionen siehe hierzu grundlegend North (1990). Zum individuellen Verhalten siehe etwa Stigler/Becker (1977), die Starrheiten mit einer Akkumulation spezifischen Humankapitals für einen bestimmten Konsumstil erklären.

<sup>15</sup> Zu den Ursachen und Einflußfaktoren pfadabhängiger Entwicklung bei den genannten Beispielen siehe Linscheid/Ewringmann (1999), Kemp (1997), Zimmermann (1990), Schot/Hoogma/Elzen (1994).

deutung kommt dabei der Existenz von Nischenmärkten zu, in denen eine Neuerung erprobt und weiterentwickelt werden kann.<sup>16</sup>

Aus ordnungspolitischer Sicht ist bemerkenswert, daß technologische Paradigmenwechsel historisch betrachtet nicht nur der freien Marktevolution entspringen. Gerade bei grundlegenden und im nachhinein äußerst erfolgreichen Neuorientierungen hat häufig auch der Staat eine wichtige Rolle gespielt, sei es über Wissenschaftsförderung, Technologieprogramme, Infrastrukturplanung oder den militärischen Bereich (Freeman 1992, 200 ff.; Nelson 1977); als historische Beispiele seien der Straßenverkehr, die Luftfahrt, die Stromerzeugung und die Mikroelektronik genannt. Öffentliche Institutionen und Politikmaßnahmen waren dabei vor allem in der Inventionsphase sowie in der Bereitstellung von evolutorischen Nischen von Bedeutung, während die Weiterentwicklung mit zunehmendem Ausreifungsgrad stärker auf die privaten Marktkräfte überging.

### **3 Politische Steuerungsoptionen und ihre evolutorische Bewertung**

#### **3.1 Bewertungskriterien**

Die bisherigen Überlegungen haben verdeutlicht, daß eine Veränderung der technologischen Entwicklung in eine umweltverträglichere Richtung notwendig, zugleich aber auch äußerst schwierig ist. Es stellt sich somit die Frage, was die grundlegenden Steuerungsoptionen sind und wie sie aus evolutorischer Sicht zu bewerten sind. Unmittelbar einleuchtend ist dabei, daß dem in der Neoklassik dominierenden Kriterium der statischen Effizienz nur eine untergeordnete Rolle zukommen kann. Vor dem Hintergrund der Dynamik des technologischen Wandels kann die zeitpunktbezogene Kostenminimierung nicht im Mittelpunkt stehen. Von Bedeutung ist vielmehr die Beachtung der Entwicklungsprinzipien, die Richtung und Geschwindigkeit des technologischen Wandels beeinflussen. Wie beschrieben ist die Evolutorische Ökonomik diesbezüglich von einer Dichotomie geprägt, die sich auch in normativen Kriterien wiederfinden sollte. Für die evolutorische Bewertung alternativer Politikstrategien bieten sich daher die folgenden beiden Kriterien an:

##### **1) Gewährleistung von Entwicklungsoffenheit und Innovationswettbewerb**

Aus evolutorisch-ordnungstheoretischer Sicht ist die Aufrechterhaltung der Funktionsbedingungen des Innovationswettbewerbs notwendige Bedingung für den Fortschritt. Nur über die Dynamik freier wettbewerblicher Suchprozesse lassen sich neue Technologien finden und realisieren. Das begrenzte politische Steuerungswissen birgt demgegenüber die Gefahr von

---

<sup>16</sup> So wurde etwa die Dampfmaschine zunächst nur im Bergbau eingesetzt, bevor sie ihren Siegeszug durch andere Industrien antreten konnte. Siehe hierzu Kemp (1997, 285).

Fehlentwicklungen und Interventionsspiralen, die die Innovationsdynamik gefährden (Wegner 1994, 37 ff.). Im Ergebnis resultiert daraus die Forderung nach einer Minimierung des politischen Interventionsniveaus.

## 2) Ingangsetzung eines nachhaltigen Paradigmenwechsels

Die evolutorische Theorie weist jedoch zugleich darauf hin, daß politische Steuerungsimpulse ausreichend stark sein müssen, um einen irreversiblen Pfadwechsel zugunsten umweltfreundlicher Technologien einzuleiten.<sup>17</sup> Andernfalls läßt sich das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung kaum erreichen. Sofern die stabilisierenden Einflußfaktoren eines Technologiepfades auch in Zukunft bestehen bzw. zu erwarten sind, muß aus evolutorischer Sicht eine massive Intervention zur Überwindung der Entwicklungsschwellen erfolgen.

Die beiden Kriterien stehen offensichtlich in einem konfliktären Verhältnis zueinander; dies führt zu dem scheinbar banalen, in der bisherigen Diskussion jedoch keineswegs selbstverständlichen Schluß, daß eine evolutorische Bewertung nur selten eindeutig ausfallen kann, da immer noch ein Kompromiß zwischen sanfter, freiheitserhaltender Regulierung und erforderlicher Impulsstärke zu suchen ist. Ein ausschließliches Abstellen auf eines der beiden Kriterien würde dem Denkansatz der Evolutorischen Ökonomik nicht gerecht. Vor diesem normativen Hintergrund sollen nun vier grundlegende Steuerungsstrategien - Preissteuerung, Selbststeuerung, Kontextsteuerung und Technologiepolitik - betrachtet werden.<sup>18</sup>

## 3.2 Preissteuerung als realistische Option?

Die Idee der Steuerung des technischen Fortschritts über veränderte relative Preise erfüllt - obwohl aus der neoklassischen Theorie stammend - bei geeigneter Ausgestaltung auch das evolutorische Kriterium der Offenheit wettbewerblicher Suchprozesse. Die staatliche Intervention beschränkt sich auf das zur Zielerreichung erforderliche Maß, da nur die umweltschädlichen Optionen verteuert werden und die Suche nach besseren Technologien dem marktlichen Innovationswettbewerb überlassen bleibt. Die Entwicklungsdynamik der Marktwirtschaft wird nicht beeinträchtigt, sondern systemkonform in eine erwünschte Bahn gelenkt. Das Preissystem wird dabei ganz im Sinne der evolutorischen Markttheorie als Entdeckungsinstrument für neue Lösungen genutzt (Schmidtchen 1990, 97 ff.). Zudem ist die Preissteuerung im Vergleich zu anderen Regulierungsstrategien gut an das begrenzte staatliche Lenkungswissen angepaßt: Lediglich die Quellen der Umweltbelastung - z.B. Kohlendioxidemissi-

---

<sup>17</sup> Siehe hierzu Erdmann (1993a), S. 187 und (1993b), S. 88, der eine politische Maßnahme nur dann als evolutionseffizient bezeichnet, wenn sie einen irreversiblen Richtungswechsel hin zu einem überlegenen Entwicklungspfad bewirkt.

<sup>18</sup> Die ordnungsrechtliche Regulierung wird hier nicht weiter betrachtet, da sie den evolutorischen Kriterien offensichtlich nicht entspricht. Grenzwerte und Technologievorgaben stellen eine besonders restriktive Beschränkung der Entwicklungsoffenheit dar; zudem kann die übliche Orientierung am „Stand der Technik“ beinahe schon definitionsgemäß keinen grundlegenden Pfadwechsel induzieren.

onen beim Treibhauseffekt - müssen bekannt und administrativ erfaßbar sein; darüber hinausgehendes Wissen über verfügbare Technologien und Innovationspotentiale ist nicht erforderlich.<sup>19</sup>

Wegner (1994, 33 ff.) weist in seiner evolutorischen Analyse der Umweltpolitik darauf hin, daß politische Regulierung generell zu einer Entwertung von Handlungsmöglichkeiten führt, die zusätzlich zur ohnehin stattfindenden Entwertung im Innovationswettbewerb erfolgt. Da der Staat die Handlungsspielräume der Marktteilnehmer nicht kenne, bestehe die Gefahr einer Überforderung der privaten Innovationskompetenzen durch zu restriktive Verknappungseingriffe, so daß die Entwicklungsfähigkeit der Marktökonomie beeinträchtigt werde. Dem ist jedoch entgegenzuhalten, daß Preissteuerung jenseits der allokationstheoretischen Modellwelt nicht als Internalisierung auf einen Schlag gedacht ist; vielmehr soll eine allmähliche Verknappung bzw. Preiserhöhung im Zeitablauf erfolgen.<sup>20</sup> Dadurch kann den Marktteilnehmern ein ausreichend langer Anpassungszeitraum gegeben werden; zudem lassen sich die privaten Innovationspotentiale über den Preispfad „abtasten“, so daß sich das Entwicklungsrisiko in engen Grenzen hält.

Ein anderes Defizit preissteuernder Umweltpolitik sieht Erdmann (1993b) mit Blick auf das Problem der Pfadabhängigkeit. Bei einer starken Verfestigung etablierter Technologiesysteme seien Preiserhöhungen möglicherweise nicht ausreichend, um die ökonomischen und institutionellen Widerstände gegen eine technologische Neuorientierung zu überwinden. Allerdings läßt sich aus der Pfadabhängigkeit technologischer Entwicklungen keine prinzipielle Unmöglichkeit exogen induzierter Richtungswechsel ableiten. Selbst bei ausgeprägten Widerständen bzw. „Schwellen“, die einer nachhaltigen Technologieentwicklung entgegenstehen, werden die Marktteilnehmer doch ab einer bestimmten Preishöhe eine Veränderung ihrer Innovationsanstrengungen vornehmen.

Das Hauptproblem der Preissteuerung liegt eher in der politischen Durchsetzbarkeit. Eine grundlegende Neuorientierung der Technologieentwicklung ist nur durch sehr hohe und langfristig orientierte Preisimpulse erreichbar; geringfügige Kostenerhöhungen bleiben diesbezüglich wirkungslos.<sup>21</sup> Es ist jedoch fraglich, ob dem politischen System die Implementierung eines derartigen Preishebels zuzutrauen ist. Umweltabgaben und -zertifikate gehören nach den Erkenntnissen der Neuen Politischen Ökonomie zu den Instrumenten mit besonders schlech-

---

<sup>19</sup> Dies unterscheidet die Preissteuerung von der bislang dominierenden ordnungsrechtlichen Strategie.

<sup>20</sup> Dies kommt beispielsweise in der Idee eines allmählich sinkenden Emissionsmengenpfades bei handelbaren Lizenzen oder eines langfristig ansteigenden Steuersatzpfades bei Lenkungsabgaben zum Ausdruck.

<sup>21</sup> Zu diesem Ergebnis kommen Linscheidt/Ewringmann (1999) in einer theoretischen und empirischen Analyse der Bedeutung von hoheitlichen Preisimpulsen für das industrielle Innovationsverhalten.

ten Durchsetzungsaussichten.<sup>22</sup> Wenn eine Umsetzung dennoch gelingt, sorgt die politische Einflußnahme der Verursacherindustrien in aller Regel dafür, daß die Belastungs- und spiegelbildlich die Lenkungswirkung gering bleibt.<sup>23</sup> Ein technologischer Paradigmenwechsel ist von den dann noch verbleibenden Preisimpulsen nicht zu erwarten. Zugleich wird damit deutlich, daß die Gefahr zu ausgeprägter, die Innovationsmöglichkeiten der Marktteilnehmer überfordernder Preiserhöhungen im gegenwärtigen politischen System nicht von realer Bedeutung ist.

### 3.3 Ökologische Selbststeuerung - Ideallösung oder Utopie?

Angesichts der Grenzen umweltpolitischer Außensteuerung schlägt Wegner (1994, 43 ff.) vor, die evolutionäre Selbststeuerungsfähigkeit von Marktökonomien zum Ausgangspunkt der Analyse zu machen. Als Idealvorstellung sieht er den endogen angetriebenen ökologischen Innovationswettbewerb: Die Unternehmen richten ihre Innovationsanstrengungen freiwillig auf umweltfreundliche Neuerungen, weil dies von den Nachfragern als Qualitätsmerkmal honoriert wird. Auf diese Weise ergibt sich ein dezentral-wettbewerbliches Entdeckungsverfahren, das (weitgehend) ohne politische Regulierung auskommt und dem Kriterium der Entwicklungsoffenheit perfekt entspricht. Es stellt sich jedoch die Frage, ob es sich hierbei nicht eher um ein Wunschbild als um eine reale Option handelt. Wie Wegner selbst betont, kann ein ökologischer Innovationswettbewerb im beschriebenen Sinne nur unter zwei Voraussetzungen zu einem technologischen Pfadwechsel führen:

*Erstens* bedarf es ausgeprägter Präferenzen bzw. Zahlungsbereitschaften für die Qualitätseigenschaft „Umweltfreundlichkeit“ auf Seiten der Nachfrager. Diese müssen stark genug sein, um sowohl die mangelnde Internalisierung externer Kosten als auch die evolutorischen Entwicklungsnachteile neuer Technologierichtungen zu kompensieren. Zwar hat die Umweltfreundlichkeit von Produkten als Kaufargument an Bedeutung gewonnen; die bisherigen empirischen Ergebnisse zeigen jedoch, daß eine Bereitschaft zur Zahlung merklicher Preisauflagen für umweltfreundliche Produkte bei der Mehrheit der deutschen Konsumenten gegenwärtig nicht in Sicht ist (Preisendörfer 1996). Die vorhandenen Ökopräferenzen führen allenfalls dazu, daß sich in bestimmten Bereichen kleine Nischenmärkte für neue technologische Paradigmen herausbilden können.<sup>24</sup>

*Zweitens* stellt sich für umweltbewußte Nachfrager ein gravierendes Informations- und Kontrollproblem: Sie müssen die relative Umweltfreundlichkeit alternativer Optionen einschätzen

---

<sup>22</sup> Siehe hierzu Frey (1992), S. 133 ff.; Gawel (1995); Linscheidt (1996).

<sup>23</sup> Anschauliches Beispiel hierfür ist das Schicksal der deutschen Umweltabgaben, insbesondere der Abwasserabgabe und der Sonderabfallabgaben auf Landesebene. In jüngster Zeit wiederholt sich dieses Schicksal bei der Energiebesteuerung, deren Lenkungseffekt im Bereich der Industrie durch weitreichende Ermäßigungsregelungen ausgehöhlt wird.

<sup>24</sup> Ein Beispiel hierfür ist der ökologische Landbau, dessen Produkte lediglich einen kleinen Marktanteil, nicht jedoch die breiten Käuferschichten erreichen konnten.



können. Ansonsten können selbst die vorhandenen Umweltpräferenzen nicht in entsprechende Kaufentscheidungen umgesetzt werden.<sup>25</sup> Die inflationäre Verwendung von (scheinbaren) Umweltgütezeichen wie „Bio“, „Öko“ etc. verdeutlicht jedoch die Schwierigkeiten einer marktendogenen Bewältigung des Informations- und Glaubwürdigkeitsproblems (Wagner 1997, 99ff.). Die Glaubwürdigkeit kann möglicherweise durch eine hoheitliche Kontrolle verbessert werden; die immensen Informations- und Aggregationsprobleme einer korrekten ökologischen Güterbewertung lassen sich jedoch durch die Beteiligung staatlicher Instanzen nicht aus der Welt schaffen (Rubik und Teichert 1997, 13 ff.). Insgesamt zeigen die bisherigen Erfahrungen, daß die Vermittlung produktbezogener Umweltinformationen schnell an Praktikabilitätsgrenzen stößt.

Leichter ist eine zumindest „richtungssichere“ Informationsvermittlung, wenn sich in der Gesellschaft bereits ein Konsens herausgebildet hat, welche alternativen technologischen Paradigmen aus ökologischer Sicht eingeschlagen werden sollten. Einfache Qualitätsinformationen wie „chlorfrei gebleicht“ oder „Solarstrom“ sind dann verständlich und können zur Stimulierung eines ökologischen Innovationswettbewerbs beitragen. Damit wird deutlich, daß die Selbststeuerung auch bei ausreichend entwickelten Umweltpräferenzen nicht völlig entwicklungs offen sein kann: Ohne eine paradigmatische Orientierung fehlt ihr die Grundlage zur Lösung des Informations- und Glaubwürdigkeitsproblems und damit die Durchschlagskraft zur Überwindung verfestigter Entwicklungsrichtungen.

### **3.4 Kontextsteuerung - kooperativer Diskurs oder weicher Korporatismus?**

Die Idee der Kontextsteuerung zur Überwindung verfestigter Strukturen stammt aus der Systemtheorie. Ausgangspunkt ist die Vorstellung einer polyzentrischen Gesellschaft, in der die Eigendynamik ausdifferenzierter gesellschaftlicher Teilsysteme wie z.B. Wirtschaft, Wissenschaft oder Technologie eine hierarchische politische Außensteuerung nur begrenzt zuläßt.<sup>26</sup> Gsucht wird eine Steuerungsform, die die Kommunikation und gesellschaftliche Einbindung der vorwiegend selbstreferentiellen Teilsysteme ermöglicht, ohne ihre Fähigkeit zur Selbstorganisation zu beeinträchtigen. Erhofft wird davon ein systemkonformer „dritter Weg“ zwischen (begrenzt umsetzbarer) zentraler Staatsintervention und (ökologisch unzureichender) dezentraler Marktevolution (Wegner 1994, 50).

Als Lösungsweg soll die Entwicklung eines für alle Teilsysteme der Gesellschaft gemeinsamen Steuerungskontextes dienen. Der Begriff Kontext bezeichnet dabei einen Gesamtentwurf für

---

<sup>25</sup> Es handelt sich hierbei um das aus der Neuen Institutionenökonomik bekannte Problem der Qualitätsunsicherheit vor Vertragsschluß. Siehe hierzu etwa Richter/Furubotn (1996, 217 ff.).

<sup>26</sup> Siehe hierzu etwa Willke (1993) und (1996); grundlegend Luhmann (1990). Im Hinblick auf die Grenzen der politischen Außensteuerung des Marktsystems vertritt die Systemtheorie Luhmanns eine ähnliche Grundposition wie von Hayek, wengleich eine andere Begründung erfolgt.

die zukünftige Entwicklungsrichtung der Gesellschaft, durch den ein Mindestmaß an gemeinsamer Orientierung geschaffen wird (Willke 1993, 275). Übertragen auf den Bereich der Technologieentwicklung entspricht dies letztlich einem (neuen) Paradigma, d.h. einer durch bestimmte Ziele und Eigenschaften charakterisierten Suchrichtung. Die Entwicklung dieses Kontextes soll in einem kooperativen Diskurs erfolgen, um die Akzeptanz bei allen gesellschaftlichen Teilsystemen sicherzustellen. Die Ergebnisse müssen dann allerdings verbindlich gemacht werden, um ein nachträgliches Ausscheren aus dem erzielten Konsens - d.h. ein Trittbrettfahrerverhalten - zu verhindern (Wegner 1994, 50).

Wegner (1993) weist allerdings zu Recht darauf hin, daß die institutionelle Ausgestaltung einer derartigen Kontextsteuerung unklar bleibt. In der Realität kommunizieren nicht Teilsysteme, sondern Politiker und Wirtschaftsvertreter miteinander. Dabei drohen korporatistische Entscheidungsstrukturen, die schwer organisierbare Interessen systematisch ausschließen, die demokratische Ordnung aushöhlen und die evolutorische Entwicklungsfähigkeit beeinträchtigen. Insofern ist als Minimalanforderung an eine Kontextsteuerung nachhaltiger Technologieentwicklung darauf zu achten, daß die Etablierung neuer Leitbilder tatsächlich in einem breiten gesellschaftlichen Diskurs erfolgt.

Ein weiteres Problem der Kontextsteuerung betrifft die Umsetzung der kooperativ ermittelten Ziele. Selbst wenn „die Wirtschaft“ einer Neuorientierung ihrer Technologieentwicklung zustimmt, bleibt immer noch die Frage, wie die entstehenden Kosten bei den einzelnen Unternehmen durchgesetzt werden sollen. Dieses Trittbrettfahrerproblem ist auch für die Effektivität freiwilliger Selbstverpflichtungen, die eine Form der Kontextsteuerung darstellen, der zentrale Schwachpunkt (Kohlhaas und Praetorius 1994, 63 ff.; Kreuzberg 1993, 307 ff.). Eine Durchsetzung grundlegender technologischer Neuerungen ist folglich über dieses Instrument kaum zu erwarten; dies bestätigen auch die bisherigen Erfahrungen.<sup>27</sup> Der konsensorientierte Dialog über neue Entwicklungsrichtungen und Innovationspotentiale kann sinnvoll sein, um politische Widerstände zu überwinden, Denkblockaden aufzulösen und neue Leitbilder zu etablieren<sup>28</sup>; ein Paradigmenwechsel bedarf jedoch ergänzender Steuerungs- bzw. Durchsetzungsinstrumente.

---

<sup>27</sup> Als Beispiel sei auf die Klimaschutzklärung der deutschen Wirtschaft verwiesen, der von verschiedener Seite vorgeworfen wurde, daß sie kaum mehr als die ohnehin zu erwartende Entwicklung beinhaltet.

<sup>28</sup> In diesem Sinne interpretieren Irwin/Vergragt (1989) technologischen Wandel nicht nur als Ergebnis eines Wettbewerbsprozesses, sondern auch als „social and institutional negotiations“. In diesem Zusammenhang ist beispielsweise auf die sog. chemiepolitische Diskussion zu verweisen, die wesentlich zur Veränderung der Denkstrukturen in der chemischen Industrie beigetragen hat.

### 3.5 Technologiepolitik - Notwendigkeit oder Anmaßung von Wissen?

Die bisher betrachteten Steuerungsstrategien weisen zwar ein relativ hohes Maß an evolutorischer Systemverträglichkeit auf; dafür ist aber mit Blick auf die institutionellen Umsetzungsprobleme fraglich, ob durch sie (allein) ein hinreichend starker Impuls zur Überwindung verfestigter Entwicklungspfade etabliert werden kann. Vor diesem Hintergrund wird von manchen Autoren gerade unter evolutorischen Aspekten eine aktive staatliche Technologiepolitik befürwortet.<sup>29</sup> Im einzelnen wird eine verstärkte Förderung umweltfreundlicher Technologierichtungen (z.B. prozeßintegrierter Umweltschutz), die Schaffung bzw. Unterstützung spezieller Nischenmärkte (z.B. für Solardächer) und die Aktivierung neuer Netzwerke für nachhaltige Technologien vorgeschlagen.<sup>30</sup>

Der Vorteil derartiger Fördermaßnahmen liegt darin, daß sie die Wahrscheinlichkeit für einen grundlegenden technologischen Pfadwechsel deutlich erhöhen - zumal Technologiepolitik zusätzlich zu anderen Steuerungsstrategien einsetzbar ist und eine relativ gute politische Durchsetzbarkeit aufweist. Durch die Förderung umweltfreundlicher Neuerungen wird zudem die Vielfalt im Innovationswettbewerb vergrößert. Bei ausgeprägten Entwicklungsvorteilen der etablierten Technologielinie kann die Schaffung von Nischenmärkten sogar die einzige Chance für alternative Optionen sein, die zur Erlangung von Wettbewerbsfähigkeit notwendigen Anwendungserfahrungen zu sammeln.

Die Kritik an einer staatlichen Technologiesteuerung richtet sich vor allem darauf, daß sie die Unvorhersehbarkeit evolutorischer Innovationsprozesse vernachlässige und deshalb eine „Anmaßung von Wissen“ darstelle (Erdmann 1993a, 215 ff.; Oberender 1987, 17). Der Staat könne die langfristigen Potentiale einzelner Technologien nicht abschätzen, so daß die Gefahr der politischen Fehllenkung bestehe. In der Tat wird bei einigen Autoren zu wenig problematisiert, wie die staatliche Technologieförderung mit dem evolutorischen Kriterium der Entwicklungsoffenheit und den hierzu erforderlichen wettbewerblichen Freiheitsspielräumen in Einklang zu bringen ist.<sup>31</sup> Technologiepolitik muß nicht nur den Aspekt des Pfadwechsels beachten, sondern auch die Frage, wie die Auswahl neuer Entwicklungsrichtungen erfolgt.

---

<sup>29</sup> So etwa Freeman (1992), S. 208; Kemp (1997), S. 327; Schot/Hoogma/Elzen (1994), S. 1074. Diese Idee findet mittlerweile auch im politischen Raum Gehör; entsprechende Ausführungen finden sich etwa im Bundesbericht Forschung 1996 oder im Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages zum Thema „Forschungs- und Technologiepolitik für eine nachhaltige Entwicklung“ aus dem Jahr 1999. Mit dem niederländischen DTO-Programm existiert mittlerweile auch ein Anwendungsfall für eine nachhaltige Forschungs- und Technologiepolitik.

<sup>30</sup> Siehe hierzu Kemp (1994), S. 1042 ff. Ein häufig zitiertes Beispiel für eine erfolgreiche staatliche Nischenmarktschaffung ist die „Los-Angeles-Initiative“ für emissionsfreie Autos.

<sup>31</sup> So diskutieren etwa Schot/Hoogma/Elzen (1994) verschiedene Strategien zur Forcierung von Elektroautos, ohne auf die Unsicherheit einzugehen, ob es sich hierbei um das nachhaltige Paradigma der Zukunft handelt.

Dabei stellt gemäß dem Ansatz der Neuen Politischen Ökonomie nicht nur die Fähigkeit, sondern auch die Motivation der staatlichen Entscheidungsträger ein gravierendes Problem für die sachgerechte Auswahl nachhaltiger Technologierichtungen dar.

Erdmann (1993b, 91) schlägt deshalb vor, die Rolle des Staates auf die Organisation eines „Ideenwettbewerbs“ zu beschränken. Technisch machbare und ökonomisch vernünftige Lösungen sollen dann über eine Umweltsteuer oder -auflage durchgesetzt werden. Das Problem der Auswahl „vernünftiger“ Neuerungen durch den Staat ist damit allerdings nicht gelöst. Hierzu müßten die langfristigen Entwicklungspotentiale einer Technologie im Vergleich zu ihren Alternativen abgeschätzt werden - gerade dies ist aus evolutorischer Sicht nicht möglich. Zudem besteht das eigentliche Problem häufig nicht in einem Mangel an alternativen Lösungen, sondern in dem Entwicklungsnachteil verfügbarer Technologieoptionen (z.B. der solaren Energietechnik) gegenüber hoch entwickelten und institutionell verankerten Konkurrenten. Die für einen Paradigmenwechsel erforderlichen Lern- und Skaleneffekte lassen sich nicht allein über einen Ideenwettbewerb erreichen.

Generell ist allerdings auf einen entscheidenden Unterschied zwischen einer umweltorientierten Technologiepolitik und der sog. strategischen Industriepolitik hinzuweisen.<sup>32</sup> In bezug auf die Erfolgsaussichten eines Produkts bei den Nachfragern hat das marktliche Entdeckungsverfahren aufgrund einer effizienten Verwertung der dezentral verstreuten Informationen einen klaren Wissensvorsprung gegenüber dem Staat. Dies gilt hinsichtlich des Kriteriums Nachhaltigkeit nicht unbedingt, weil hier öffentliche Gutselemente und damit gesellschaftliche Bewertungen eine maßgebliche Rolle spielen. Die relative Umweltfreundlichkeit alternativer Optionen läßt sich nicht am Markt austesten, sondern wird von wissenschaftlichen Experten bewertet; diese Informationen stehen staatlichen Entscheidungsträgern prinzipiell gleichermaßen zur Verfügung.

Zudem ist die Innovationsrichtung in negativer Form - z.B. Einsparung fossiler Energieträger - in der Regel bekannt. Auch über die grundsätzlichen Charakteristika alternativer umweltfreundlicher Entwicklungspfade herrscht häufig Konsens. Ohne einen derartigen Konsens haben wie gezeigt auch die Selbst- und Kontextsteuerung geringe Erfolgsaussichten. Schließlich muß nachhaltige Technologiepolitik keineswegs in der selektiven Auswahl von Einzeltechnologien bestehen. Denkbar wäre etwa, systematisch alle Technologieoptionen innerhalb eines nachhaltigen „Entwicklungskorridors“ - z.B. CO<sub>2</sub>-freie Energieträger - zu fördern, so daß gleiche Startchancen für die weitere Bewährung einzelner Optionen im marktlichen Wettbewerb geschaffen werden.

---

<sup>32</sup> Zur Kritik an der strategischen Technologie- bzw. Industriepolitik siehe etwa Eickhof (1998), S. 479 ff.

Im Gegensatz zur strategischen Industriepolitik widerspricht eine an langfristigen Umweltzielen orientierte Technologiepolitik den evolutorischen Überlegungen zumindest nicht generell. Sie ist zwar bis zu einem gewissen Grad immer eine Anmaßung von Wissen, kann aber zugleich auch notwendige Voraussetzung für die Ingangsetzung eines neuen Paradigmas sein. Die Bewertung umweltorientierter Technologiepolitik gleicht demnach der Wahl zwischen Skylla und Charybdis: bei einer Entscheidung gegen staatliche Maßnahmen droht die Fortsetzung nicht zukunftsfähiger Innovationspfade, während die Unterstützung umweltfreundlicher Technologien mit den Risiken politischer Einflußnahme konfrontiert ist.

#### **4 Schlußfolgerungen**

Die nähere Betrachtung des evolutorischen Theorieansatzes zeigt, daß dieser hinsichtlich seiner politischen Steuerungsimplicationen für eine nachhaltige Technologieentwicklung durch ein inhärentes Spannungsfeld geprägt ist. Eine ordnungstheoretische Generallinie ist ihm nicht ohne weiteres zu entnehmen. Einerseits betont der evolutorische Ansatz die Bedeutung von Offenheit und freiem Innovationswettbewerb für die langfristige Effizienz und Dynamik einer Marktwirtschaft. Andererseits weist er auf die Problematik verfestigter Technologiepfade hin, die für eine nachhaltige Entwicklung verlassen werden müssen. Ein derartiger Richtungswechsel ist bei ausgeprägter Pfadabhängigkeit nur durch einen massiven Steuerungsimpuls erreichbar. Damit zeigt sich, daß als evolutorische Leitlinie für staatliche Maßnahmen weder eine Minimalstaatsliberalität im Sinne von Hayeks noch ein technologischer Planungsoptimismus dienen können. Vielmehr ist ein systemkonformer Ordnungsrahmen zu suchen, der nachhaltigkeitsorientierte Steuerungsimpulse mit der Aufrechterhaltung wettbewerblicher Innovationsoffenheit verbindet.

Die Betrachtung der grundsätzlich verfügbaren Steuerungsstrategien zeigt, daß hierzu keine Patentlösung verfügbar ist. Anreizorientierte Preissteuerung, Aktivierung von Selbststeuerungspotentialen durch Information und - mit Abstrichen - kooperative Kontextsteuerung bieten grundsätzlich ein relativ hohes Maß an Entwicklungsoffenheit und wettbewerblichen Freiheitsspielräumen. Angesichts der beschriebenen institutionellen Umsetzungsrestriktionen ist jedoch fraglich, ob über diese Strategien eine Überwindung stark verfestigter technologischer Entwicklungspfade gelingen kann. Folglich sind in gewissem Maße auch technologiepolitische Maßnahmen in Erwägung zu ziehen, vor allem um neuen Technologien erste Anwendungserfahrungen und damit das Aufholen ihrer Entwicklungsnachteile gegenüber langjährig etablierten Paradigmen zu ermöglichen. Erst dann kann sich vielfach wirklich zeigen, welche Technologie im Wettbewerb überlegen ist.

Aus ordnungspolitischer Sicht stellt sich hier natürlich das Problem politischer Auswahlentscheidungen. Technologiepolitik ist bekanntlich immer mit den Gefahren einseitiger bürokrati-

tischer Entscheidungen und interessenpolitischer Einflußnahme verbunden. Angesichts der Bedeutung technologischer Paradigmenwechsel für die Verwirklichung einer nachhaltigen Entwicklung ist jedoch auch die Frage zu thematisieren, in welchem Maße sich die Mängel der gegenwärtigen technologiepolitischen Entscheidungsprozesse durch geeignete institutionelle Reformen beheben lassen. Möglicherweise können staatlich geförderte Pilotprojekte und Nischenmärkte eine institutionell klar definierte Rolle im marktlichen Entdeckungsverfahren spielen und damit die Chancen einer zukunftsverträglichen Entwicklung erhöhen, ohne die Dynamik der Wettbewerbsordnung zu gefährden.

## 5 Literatur

- Arthur, W.B. (1988): Self-reinforcing mechanisms in economics, in: Anderson, P.W./Arrow, K.J./Pines, D. (eds.): *The Economy as an Evolving Complex System*, Redwood, S. 9-31.
- Arthur, W.B. (1989): Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In By Historical Events, *Economic Journal*, Vol. 99, S. 166-131.
- Arthur, W.B. (1990): Positive Feedbacks in the Economy, *Scientific American*, S. 80-85.
- Cansier, D. (1996): *Umweltökonomie*, 2. Aufl., Stuttgart.
- Dodgson, M./Rothwell, R. (1996) (eds.): *The Handbook of Industrial Innovation*, Cheltenham UK.
- DeBresson, C./Amesse, F. (1991): Networks of innovators: a review and introduction to the issue, *Research Policy*, Vol. 20, S. 363-379.
- Dosi, G. (1982): Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants of technical change, *Research Policy*, Vol. 11, S. 147-162.
- Dosi, G. (1988): Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation, *Journal of Economic Literature*, Vol. 26, S. 1120-1171.
- Dosi, G./Freeman, C./Nelson, R./Silverberg, G./Soete, L. (1988) (eds.): *Technical Change and Economic Theory*, London.
- Downing, P.B./White, L.J. (1986): Innovation in Pollution Control, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 13, S. 18-29.
- Eickhof, N. (1998): Die Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands und der EU: Maßnahmen und Beurteilungen, *ORDO*, Bd. 49, S. 465-485.
- Endres, A. (1994): *Umweltökonomie*, Darmstadt.
- Erdmann, G. (1993a): *Elemente einer evolutorischen Innovationstheorie*, Tübingen.
- Erdmann, G. (1993b): Evolutionary Economics as an Approach to Environmental Problems, in: Giersch, H. (Hrsg.): *Economic Progress and Environmental Concerns*, Heidelberg, S. 65-96.
- Eucken, W. (1952/1990), *Grundsätze der Wirtschaftspolitik*, 6. Aufl., Tübingen.
- Freeman, C. (1991): Innovation, Changes of Techno-Economic Paradigm and Biological Analogies in Economics, *Revue économique*, N° 2, S. 211-232.
- Freeman, C. (1992): *The Economics of Hope, Essays on Technical Change, Economic Growth and the Environment*, London/New York.
- Frey, B.S. (1992): *Umweltökonomie*, 3. Aufl., Göttingen.
- Gawel, E. (1995): Theoretische Annäherungen: Zur Neuen Politischen Ökonomie der Umweltabgabe, in: Benkert, W./Bunde, J./Hansjürgens, B. (Hrsg.): *Wo bleiben die Umweltabgaben?* Marburg.
- Gerken, L./Renner, A. (1996): Der Wettbewerb der Ordnungen als Entdeckungsverfahren für eine nachhaltige Entwicklung, in: Gerken, L. (Hrsg.): *Ordnungspolitische Grundfragen einer Politik der Nachhaltigkeit*, Baden-Baden, S. 51-102.
- Geue, H.: Sind ordnungspolitische Reformanstrengungen mit Hayeks Evolutionismus vereinbar? *ORDO*, Bd. 49, S. 141-163.
- Green, K./McMeekin, A./Irwin, A. (1994): Technological Trajectories and R&D for Environmental Innovation in UK Firms, *Futures*, Vol. 26, S. 1047-1059.
- Grossman, G.M./Helpman, E. (1991): *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge.

- Hartje, V.J. (1990): Zur Struktur des „ökologisierten“ Umweltkapitalstocks: Varianten und Determinanten umweltsparender technologischer Anpassung in Unternehmen, in: Zimmermann, K./Hartje, V.J./Ryll, A. (Hrsg.): Ökologische Modernisierung der Produktion, Berlin, S. 135-198.
- Hayek, F.A. von (1968): Der Wettbewerb als Entdeckungsverfahren, Kieler Vorträge Nr. 56, Kiel.
- Hayek, F.A. von (1969): Freiburger Studien, Tübingen.
- Hayek, F.A. von (1971): Die Verfassung der Freiheit, Tübingen.
- Hayek, F.A. von (1973): Law, Legislation and Liberty, Vol. 1, London.
- Hayek, F.A. von (1981): Recht, Gesetzgebung und Freiheit, Bd. 1: Regeln und Ordnung, Landsberg am Lech.
- Irwin, A./Vergragt, P. (1989): Re-thinking the Relationship between Environmental Regulation and Industrial Innovation: The Social Negotiation of Technical Change, Technology Analysis and Strategic Management, Vol. 1, S. 57-70.
- Jaffee, A.B. (1986): Technological opportunity and spillovers of R&D: evidence from firms patents, profits and market value, American Economic Review, Vol. 76, S. 984-999.
- Kemp, R. (1994): Technology and the Transition to Environmental Sustainability, Futures, Vol. 26, S. 1023-1046.
- Kemp, R. (1997): Environmental Policy and Technical Change, Cheltenham UK.
- Kennedy, C. (1964): Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution, Economic Journal, Vol. 74, S. 541-547.
- Kohlhaas, M./Praetorius, B. (1994): Selbstverpflichtungen der Industrie zur CO<sub>2</sub>-Reduktion, Berlin.
- Kreuzberg, P. (1993): Zur ökonomischen Rationalität „freiwilliger Kooperationslösungen“ für das Klimaproblem, Zeitschrift für Energiewirtschaft, S. 304-309.
- Linscheidt, B. (1996): Ökologische Steuerreform in Deutschland - warum wird sie nicht umgesetzt? in: Fricke, W./Oetzel, V. (Hrsg.): Zukunft der Industriegesellschaft, Bonn, S. 119-126.
- Linscheidt, B./Ewringmann, D. (1999): Innovationseffekte von Umweltabgaben in der Industrie, in: Linscheidt, B. (Hrsg.): Umweltinnovationen durch Abgaben, erscheint demnächst.
- Luhmann, N. (1990): Ökologische Kommunikation, 3. Aufl., Opladen.
- MacKenzie, D. (1992): Economic and sociological explanation of technical change, in: Coombs, R./Saviotti, P./Walsh, V. (eds.): Technological Change and Company Strategies, London, S. 25-48.
- Magat, W.A. (1979): The Effects of Environmental Regulation on Innovation, Law and Contemporary Problems, Vol. 43, S. 4-25.
- Milliman, S.R./Prince, R. (1989): Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control, Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 17, S. 247-265.
- Mohr, H. (1990): Biologie und Ökonomik - Chancen für eine Interdisziplinarität, in: Witt, U. (Hrsg.): Studien zur Evolutorischen Ökonomik I, Schriften des Vereins für Socialpolitik, Bd. 195/I, Berlin, S. 209-219.
- Nelson, R. (1977): The Moon and the Ghetto, New York.
- Nelson, R./Winter, S. (1982): An Evolutionary Theory of Economic Change, Cambridge.
- Norgaard, R. (1984): Coevolutionary Development Potential, Land Economics, Vol. 60, S. 160-173.
- North, D.C. (1990): Institutions, institutional change and economic performance, Cambridge.
- North, D.C. (1981): Structure and Change in Economic History, New York.



- Oberender, P. (1987): Marktwirtschaft und Innovation - Grenzen und Möglichkeiten staatlicher Innovationsförderung, in: Werner, J. (Hrsg.): Beiträge zur Innovationspolitik, Berlin, S. 9-26.
- Pfützner, G./Layer, G./Münzer, T./Bradke, H./Jochem, E./Schön, M. (1990): Emissionsminderung durch rationelle Energienutzung in der Industrie, in: Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ (Hrsg.): Energieeinsparung sowie rationelle Energienutzung und -umwandlung, Bonn, S. 599-740.
- Preisendörfer, P. (1996): Umweltbewußtsein in Deutschland - Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage 1996. Bonn.
- Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1994): Umweltgutachten 1994, Stuttgart.
- Rennings, K. (1998): Towards a Theory and Policy of Eco-Innovation - Neoclassical and (Co-) Evolutionary Perspectives, Discussion Paper No. 98-24, ZEW Mannheim.
- Richter, R./Furubotn, E. (1996): Neue Institutionenökonomik, Tübingen.
- Röpke, J. (1977): Die Strategie der Innovation, Tübingen.
- Rosenberg, N. (1976): On Technological Expectations, Economic Journal, Vol. 86, S. 523-535.
- Rubik, F./Teichert, V. (1997): Ökologische Produktpolitik, Stuttgart.
- Schmidtchen, D. (1990): Preise und spontane Ordnung - Prinzipien einer Theorie ökonomischer Evolution, in: Witt, U. (Hrsg.): Studien zur Evolutorischen Ökonomik I, Schriften des Vereins für Socialpolitik, Bd. 195/I, Berlin.
- Schnabl, H. (1990): Biologische Evolution vs. Evolution von Formen und Märkten - Ein Vergleich, in: Witt, U. (1990) (Hrsg.): Studien zur Evolutorischen Ökonomik I, Schriften des Vereins für Socialpolitik, Bd. 195/I, Berlin, S. 221-241.
- Schot, J./Hoogma, R./Elzen, B. (1994): Strategies for Shifting Technological Systems, Futures, Vol. 26, S. 1060-1076.
- Schumpeter, J.A. (1964): Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung, 6. Aufl., Berlin.
- Stigler, G.J./Becker, G.S. (1977): De Gustibus Non Est Disputandum, in: American Economic Review, Vol. 67, S. 76-90.
- Vanberg, V. (1981): Liberaler Evolutionismus oder vertragstheoretischer Konstitutionalismus? Walter Eucken Institut, Vorträge und Aufsätze Nr. 80, Tübingen.
- Wagner, G.R. (1997): Betriebswirtschaftliche Umweltökonomie, Stuttgart.
- Wegner, G. (1993): Kontextsteuerung - Alternative zu Dirigismus und Laissez-Faire? ORDO, Vol. 44, S. 271-290.
- Wegner, G. (1994): Marktkonforme Umweltpolitik zwischen Dezisionismus und Selbststeuerung, Walter Eucken Institut, Vorträge und Aufsätze Nr. 143, Tübingen.
- Wegner, G. (1996): Wirtschaftspolitik zwischen Selbst- und Fremdsteuerung - ein neuer Ansatz, Baden-Baden.
- Willke, H. (1993): Systemtheorie, 4. Aufl., Stuttgart.
- Willke, H. (1996): Ironie des Staates, Frankfurt a.M.
- Witt, U. (1990) (Hrsg.): Studien zur Evolutorischen Ökonomik I, Schriften des Vereins für Socialpolitik, Bd. 195/I, Berlin.
- Witt, U. (1992) (Hrsg.): Studien zur Evolutorischen Ökonomik II, Schriften des Vereins für Socialpolitik, Bd. 195/II, Berlin.
- Zimmermann, H./Otter, N./Stahl, D./Wohltmann, M. (1998): Innovation jenseits des Marktes, Berlin.

Zimmermann, K. (1990): Umweltpolitik und integrierte Technologien: Der Quantitäts-Qualitäts Trade-Off, in: Zimmermann, K./Hartje, V.J./Ryll, A. (Hrsg.): Ökologische Modernisierung der Produktion, Berlin, S. 199-249.

## Zusammenfassung

Nachhaltige Entwicklung ist nur durch einen grundlegenden technologischen Wandel zu erreichen. Zur Ingangsetzung eines derartigen Wandels empfiehlt die neoklassische Theorie den Einsatz von Umweltabgaben oder -zertifikaten. Dieser Beitrag behandelt die Frage, wie staatliche Steuerungseingriffe aus Sicht der Evolutorischen Ökonomik zu beurteilen sind. Ausgehend von den Kernaussagen der evolutorischen Theorie werden zwei Kriterien entwickelt, anhand derer vier grundlegende Politikstrategien - Preissteuerung, Selbststeuerung, Kontextsteuerung, Technologiepolitik - bewertet werden. Es zeigt sich, daß nur die ersten drei Strategien dem Kriterium der wettbewerblichen Entwicklungsoffenheit vollauf genügen. Das zweite Kriterium, die Überwindung verfestigter Entwicklungspfade, ist jedoch ohne eine ergänzende Technologiepolitik schwer zu erfüllen.

## Summary

Sustainable development requires a fundamental technological change. According to neoclassical theory, environmental charges or permits are the best policy instruments to induce such a change. This paper discusses the conclusions for environmental regulation to be drawn from an evolutionary approach. From the key elements of evolutionary theory two criteria are derived and used to assess four basic policy strategies: price-regulation, self-regulation, context-regulation and technology policy. The first three of these strategies are fully consistent with an open evolutionary competition. However, a transition to a new technological regime will hardly be achieved without an additional technology policy.