



ERDE 2.0 —

TECHNOLOGISCHE INNOVATIONEN
ALS CHANCE FÜR EINE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG?

Hrsg. Stefan Mappus, MdL
Minister für Umwelt und Verkehr
des Landes Baden-Württemberg

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
»<http://dnb.ddb.de>« abrufbar.

ISBN 3-540-21327-9 Springer Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
springer.de
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005
Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gestaltung, Herstellung und Satz:
L2M3 Kommunikations Design GmbH, Stuttgart



Hrsg. Stefan Mappus, MdL
Minister für Umwelt und Verkehr
des Landes Baden-Württemberg

Texte:

Claude Fussler, Arnim von Gleich, Armin Grunwald, Volker Hauff,
Harald Hiessl, Eberhard Jochem, Stefan Kuhlmann, Carsten Orwat,
Konrad Ott, Franz Josef Radermacher, Albrecht Rittmann,
Klaus Töpfer, Walter Trösch, Andreas Troge, Rainer Walz,
Gerhard Zeidler

ERDE 2.0 —

TECHNOLOGISCHE INNOVATIONEN
ALS CHANCE FÜR EINE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG?

INHALT



002	STEFAN MAPPUS	VORWORT
004	KLAUS TÖPFER	GRUSSWORT
010	ALBRECHT RITTMANN	EINFÜHRUNG DIE MECHANISMEN UMWELTECHNISCHER ENTWICKLUNGEN ZUR FÖRDERUNG DER NACHHALTIGKEIT
022	VOLKER HAUFF	TECHNOLOGISCHER FORTSCHRITT – BAUSTEIN DER NACHHALTIGKEIT
034	KONRAD OTT	TECHNIKEENTWICKLUNG UND NACHHALTIGKEIT – EINE ETHISCHE PERSPEKTIVE
060	CLAUDE FUSSLER	DIE ÖKO-INNOVATION VORANBRINGEN
084	FRANZ JOSEF RADERMACHER	NACHHALTIGKEIT UND INNOVATION UNTER DEN RANDBEDINGUNGEN DES GLOBALEN WANDELS – EINE MAKROPERSPEKTIVE
112		TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNGSPFADE UND DEREN BEITRAG ZUR NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG
114	ARNIM VON GLEICH	DIE STOFFLICHEN GRUNDLAGEN NACHHALTIGEN WIRTSCHAFTENS – ANFORDERUNGEN UND MÖGLICHKEITEN
140	HARALD HIESSL	WASSERTECHNOLOGIEN FÜR EINE NACHHALTIGE ZUKUNFT
174	GERHARD ZEIDLER	INNOVATIVE TRANSPORT- UND VERKEHRSTECH- NOLOGIEN FÜR NACHHALTIGE MOBILITÄT
192	EBERHARD JOCHEM	ENERGIEBEZOGENE TECHNOLOGIEN – CHANCEN PAR EXCELLENCE FÜR INNOVATIONEN
216	WALTER TRÖSCH	LIFE SCIENCES
242	CARSTEN ORWAT, ARMIN GRUNWALD	INFORMATIONEN- UND KOMMUNIKATIONS- TECHNOLOGIEN UND NACHHALTIGE ENTWICKLUNG
278	RAINER WALZ, STEFAN KUHLMANN	NACHHALTIGKEITSINNOVATIONEN IN SYSTEMISCHER PERSPEKTIVE
316	ANDREAS TROGE	AUFGABEN EINER INNOVATIONSORIENTIERTEN UMWELTPOLITIK

VORWORT

Stefan Mappus

Kaum eine Kraft beeinflusst unser Leben so stark wie die Technik. Technologische Entwicklungen, angefangen von der Erfindung des Rades, über die Dampfmaschine bis hin zur heutigen Informations- und Kommunikationstechnologie, haben zu neuen Wirtschaftsstrukturen, zu sozialen Veränderungen, aber auch zu veränderten privaten Lebensformen geführt. Heute lässt die Technik kühnste Träume in Erfüllung gehen: Wir fliegen um die Erde und zum Mond und können in Sekundenschnelle mit Menschen weltweit kommunizieren.

Auf der anderen Seite hat Technik aber auch einen noch nie da gewesenen Raubbau an den natürlichen Ressourcen ermöglicht. Der weltweite Energieverbrauch steigt unaufhaltsam und damit verbunden der Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase; der Abbau von Rohstoffen schreitet voran und die globalen Transport- und Verkehrsströme belasten die Umwelt in zunehmendem Maße.

Unsere Zukunft und die unserer Kinder hängt zunehmend davon ab, welche Technologien heute entwickelt werden. Denn die technischen Neuentwicklungen, an denen heute in den F&E-Zentren und Labors geforscht wird, sind die Technologien, die schon morgen Marktreife erlangen und übermorgen auf den globalen Märkten eingesetzt werden. Noch nie zuvor gelangten neue Technologien in einer solch rasenden Geschwindigkeit weltweit zur Anwendung. Auch dies ist eine Folge der Globalisierung.

Daraus lassen sich aus meiner Sicht zwei wichtige Schlussfolgerungen ziehen. Zum Ersten müssen bei jeder Neuentwicklung einer Technologie Nachhaltigkeitsaspekte eine zentrale Rolle spielen. Wir können es uns angesichts der enormen Wirkungskraft, die neue Technologien weltweit entfalten können, nicht leisten, eine Technik auf den Markt zu bringen, die in hohem Maße umweltschädlich ist. Hier sind nach meiner Überzeugung auch staatliche Leitlinien notwendig.

Zum Zweiten bietet die technologische Globalisierung auch Chancen. Neue Technologien, die zukunftsfähige, umweltfreundliche Lösungen für die Bereiche Mobilität, Wohnen, Produktion und Energieversorgung anbieten, haben ein weltweites Marktpotenzial. Das eröffnet sowohl wirtschaftliche Erfolgchancen als auch eine greifbare Perspektive für die Realisierung einer weltweiten nachhaltigen Entwicklung.

Ich freue mich, dass es uns gelungen ist, im Anschluss an die Jubiläumsausstellung »Erde 2.0«, Experten der verschiedensten Fachdisziplinen und Forschungsrichtungen für einen Gedankenaustausch zur Frage zu gewinnen, welche Chancen innovative Technologien für eine nachhaltige Zukunft bieten. Wir möchten mit diesem Buch Anstöße für die Forschung und Anregungen für eine stärkere Vernetzung der Disziplinen geben. Wir sehen uns aber auch selbst in der Pflicht, innovative Technologien zu fördern, die Chancen für eine nachhaltige Zukunft bieten.

GRUSSWORT

Klaus Töpfer



Täglich leben über 75 000 Menschen mehr auf unserem wunderschönen blauen Planeten Erde. Diese neuen Erdenbürger kommen vornehmlich in den armen Entwicklungsländern des Südens zur Welt. Sie alle wünschen sich ein menschenwürdiges Leben, wünschen sich Lebenschancen, ein Leben ohne ständige existenzielle Angst, morgen noch satt und gesund sein zu dürfen.

Gleichzeitig: In den hoch entwickelten Ländern erfordert der historisch einmalig hohe Lebensstandard einen ständig wachsenden Bedarf an Energie, an Rohstoffen und den Leistungen der Natur. Die Herausforderung ist also klar: Der Lebensstandard der vielen armen Menschen dieser Welt – rund 1,5 Milliarden leben mit weniger als einem Dollar pro Tag – muss entschieden verbessert werden – ohne dass Natur und Umwelt zerstört werden – ohne dass kommende Generationen die Kosten des heutigen Wohlstandes zu begleichen haben. Die Veränderung der Konsummuster der Reichen in dieser Welt muss Chancen für eine verantwortliche Entwicklung der vielen Armen werden.

Dies kann nur gelingen, wenn gleichzeitig eine Effizienz-Revolution diese wirtschaftliche Entwicklung abkoppelt von steigenden Umweltbelastungen, von wachsendem Rohstoffverbrauch und Naturzerstörung, also: nur in einer nachhaltigen Entwicklung, die wirtschaftliche Entwicklung, sozialen Ausgleich und Umweltverantwortung verbindet.

Diese Überbrückung des großen Unterschiedes zwischen Nord und Süd, zwischen Arm und Reich, ist ein zentraler Eckstein jeder vorsorgenden Friedenspolitik.

Die Herausforderung liegt somit auf zwei Ebenen. Auf der einen Seite in einer Veränderung der Konsummuster gerade in den hoch entwickelten Ländern und andererseits in massiven Anstrengungen zur Verbesserung umweltfreundlicher Technologien. Dabei verstehe ich unter »Technologien« ein ganz breites Feld, das von den »hard technologies« technischer Verbesserungen bis hin zu Kommunikations- und Informationstechniken sowie zu einer entscheidenden Verbesserung des Verwaltungshandels, des Kampfes gegen Korruption führt. Auch für die industrielle Revolution in den Industrieländern Europas waren die Erfindung der Dampfmaschine durch Newcomen und Watts ebenso durchschlagend wie die Stein-Hardenbergschen Reformen etwa in Deutschland für unabhängige, qualifizierte Verwaltungsstrukturen und transparente Rechtssysteme.

Ein Beispiel möge dies belegen: Immer wieder wird die Besorgnis geäußert, dass die nächsten Kriege Wasserkriege sein werden. Also Auseinandersetzungen um den Zugang zu frischem Süßwasser.

Diese Besorgnis ist sicher bereits gegenwärtig gerechtfertigt, beachtet man neben der Bevölkerungszunahme auch die drastisch ansteigende Verstädterung bis hin zu mehr und mehr Megacities, aber auch die Industrialisierung und den ständig steigenden Wasserbedarf für Bewässerung. Dies sind also die treibenden Größen für die Wassernachfrage – während das Wasserangebot scheinbar konstant bleibt.

Aber Wasserkrisen können auch vermieden werden, wenn vorsorgende Technologien für das Wassersparen nicht nur entwickelt, sondern auch eingesetzt werden. Sie können vermieden werden, wenn in das Recycling von Wasser entscheidend mehr investiert wird, auch in dezentrale, naturnahe Anlagen. Sie können vermieden werden, wenn die Abwässer weniger mit Schadstoffen belastet werden, etwa durch entsprechende technische Verbesserungen in Industriebetrieben. Diese Krisen können vermieden werden, wenn die Chance genutzt wird, in der Landwirtschaft »more crop per drop« zu erzeugen. Viele weitere Verbesserungen der Technik können hier angeführt werden. Aber gleichzeitig auch: Entscheidend sind effiziente Institutionen in der Verteilung von Wasser, in der Unterhaltung von Wasserverteilungsnetzen, von großer Bedeutung sind sozial gerecht gestaffelte Preissysteme für Wasser.

Von herausragender Bedeutung sind darüber hinaus grenzüberschreitende Vereinbarungen für abgestimmte und regional optimierte Wassernutzung; die Bemühungen also, rechtlich verbindliche Rahmenwerke und Konventionen für die Wassernutzung in gemeinsam genutzten Flusssystemen oder Grundwasserleitern zu finden.

Die Wasserkrisen sind demnach keineswegs Wassermengenkrisen. Sie sind Investitions- und Technologiekrisen, sie sind administrative und politische Krisen.

Und so ist es nicht überraschend, festzustellen, dass bisher in nahezu allen Fällen drohende Wasserknappheiten nicht zu kriegerischen Auseinandersetzungen, sondern zu gemeinsamen Abkommen, zu gezielten Investitionen geführt haben. Fortschritte in der Umwelttechnik sind somit entscheidende Abrüstungsinstrumente in einer vorsorgenden Friedenspolitik.

Die Beispiele für die zentrale Herausforderung an umweltfreundliche, effizienz erhöhende Technologien sind zahlreich.

So muss der mit der Wirtschaftsentwicklung, besonders auch in den dynamischen Entwicklungsländern mit sehr hohen Wachstumsraten des Brutto-sozialproduktes, einhergehende steigende Energieverbrauch einerseits durch moderne Techniken, andererseits durch hohe Energieeffizienz von diesem Wachstum abgekoppelt werden.

Andererseits muss eine drastische Erweiterung der Energiequellen die weitgehende Fixierung auf die kohlenstoffhaltigen fossilen Energien, Kohle, Öl und Gas aufbrechen.

Die technologischen Fortschritte in den erneuerbaren Energien, bei der Nutzung von Sonne und Wind, von Biomasse, Erdwärme und Wasser, sind vorsorgende Friedenspolitik, sind neue Chancen, für notwendige Entwicklungsprozesse ohne drastische Konsequenzen für das Klima unserer Welt.

Umwelttechnologien also zur Sicherung von Wohlstand, aber auch einer Ermöglichung von Wohlstand bei denen, die bisher massiv auf der Schattenseite dieser Welt leben.

Umwelttechniken für eine Kreislaufwirtschaft, in der es in der Vision keine Abfälle mehr geben darf. Die Einbeziehung von Wiederverwertung, Wiederverwendung in die Entwicklung von Produktionslinien in der gesamten Volkswirtschaft. Die Kreislaufwirtschaft, die »life cycle economy«, ist keineswegs eine abstrakte Utopie, keineswegs eine zu belächelnde Vision. Damit ergeben sich für die jungen Menschen unserer Gesellschaft mindestens ebenso große wie faszinierende Aufgaben, wie sie frühere Generationen in wirtschaftlichen Wachstumsprozessen geschaffen haben. Das menschliche Kapital, also die Fähigkeit zum Erdenken, zum Erfinden, aber auch zum Umsetzen neuer Möglichkeiten für alte und neue Herausforderungen – dies macht die Attraktivität unserer Zeit aus. Wieder ist es die Zeit der fragenden Geister, der Tüftler im besten Sinne und in moderner Form. Wieder ist der Einzelne gefragt, der durch noch so notwendige und gut gemeinte staatliche Förderprogramme nicht ersetzt werden kann.





EINFÜHRUNG

DIE MECHANISMEN
UMWELTECHNISCHER ENTWICK-
LUNGEN ZUR FÖRDERUNG DER
NACHHALTIGKEIT

Albrecht Rittmann

Zum Jubiläumsjahr 2002, in dem das Land Baden-Württemberg seinen 50. Geburtstag feierte, führte das Ministerium für Umwelt und Verkehr in Baden-Württemberg die Jubiläumsausstellung »Erde 2.0 – Baden-Württemberg zeigt Technologien für morgen« durch. In den Bereichen Gebäudetechnik, Wasser, Energie, Produktion, Recycling, Landwirtschaft, Logistik und Antriebssysteme wurde auf der Landesausstellung gezeigt, welche technischen Innovationen einer nachhaltigen Entwicklung entgegenkommen. Mit diesem Sachbuch wird das in der Landesausstellung angesprochene Thema fortgesetzt.

Rolle und Bedeutung technischer Innovationen bei der Entwicklung nachhaltiger Strukturen beschäftigen das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg im Rahmen seiner Nachhaltigkeitspolitik seit geraumer Zeit. Die Entwicklung hin zur Nachhaltigkeit ist unzweifelhaft eine vorrangige Aufgabe, deren Dimension definierbar, aber real noch nicht abzuschätzen ist. Besondere Schwierigkeiten treten dadurch auf, dass die Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung eine rollen- und medienübergreifende Aufgabe, in der Sprache der Verwaltung also keine ressortspezifische Angelegenheit ist, sondern Zusammenarbeit auf allen Gebieten bedeutet. Unternehmen, wissenschaftliche Einrichtungen, Politik und Verwaltungen müssen sich mit einem integrativen Ansatz dem Nachhaltigkeitsthema nähern. Die typischen Egoismen der Beteiligten lassen sich aber durch Appelle oder den Versuch, Einsichten zu schaffen, nur bedingt bewältigen. Der richtige Ansatz kann daher nur sein, dass sich alle, Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung in ihren jeweils eigenen Zuständigkeitsbereichen dafür verantwortlich fühlen, Nachhaltigkeit zu entwickeln.

Im ersten Teil des Buches wird die Frage nach der Relevanz technischer Innovationen im Nachhaltigkeitsprozess aus der Perspektive der Politik, der globalen Umgestaltung der Wirtschaft, der Unternehmensphilosophien sowie aus der Ethik der Technik beleuchtet. Die Rolle technischer Innovationen im Nachhaltigkeitsprozess kann nicht allein den Technikern und Konstrukteuren der Forschungsabteilungen der Unternehmen und Institute überlassen bleiben. Möglichst viele Disziplinen haben sich aufgrund des notwendigen gesamtschaulichen Ansatzes des Nachhaltigkeitsthemas auch mit der Technikfrage zu beschäftigen. Da technische Entwicklungsprozesse zu großen Teilen langdauernde Entwicklungszyklen benötigen, die Zeit aber zu Veränderungen z. B. in allen Prozessen, die Verbrennungsvorgänge ändern oder substituieren, knapp ist, müssen schnell grundlegende Entscheidungen getroffen werden. Traditionell führt die bundesrepublikanische Gesellschaft nur ansatzweise Technikdebatten. Wie lustvoll und mit welchem Einsatz wird doch die Debatte zum Zwangspfand geführt, eine Diskussion der für die

zukünftige Energieversorgung auch unter Nachhaltigkeitsaspekten bedeutungsvollen Frage, ob es zu einer Renaissance der Kernkraft, etwa zur Herstellung von Wasserstoff kommen muss, findet dagegen praktisch nicht statt. Die Technikentwicklung muss sich am Ziel orientieren, den Druck auf ökologische Systeme dauerhaft zu reduzieren. Die derzeitige Inanspruchnahme überschreitet die Belastbarkeit der Biosphäre um circa 20 Prozent (Fussler, Seite 60ff). Der Frage, ob es Ziel der Technikentwicklung sein muss, diese Überbeanspruchung zu beseitigen, das Naturkapital also zu erhalten (starke Nachhaltigkeit), oder ob Teile des Naturkapitals durch Wissen und technische Entwicklungen substituiert werden können (schwache Nachhaltigkeit), geht der Beitrag von Ott »Technikentwicklung und Nachhaltigkeit – eine ethische Perspektive« nach. Das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg strebt Nachhaltigkeit im Sinne von Ott an. Ob sich allerdings dieses Ziel verwirklichen lässt und es auf Dauer bestehen bleiben kann, lässt sich aus heutiger Perspektive nicht beantworten. An der Dringlichkeit der Umsetzung des Zieles starker Nachhaltigkeit dürfen jedoch keine Zweifel erwachsen.

Für die im zweiten Teil des Buches beschriebenen technologischen Entwicklungspfade, die einen besonderen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung leisten können, wurden die material- und rohstoffbezogenen Technologien, die wasserbezogenen Technologien, die transport- und verkehrsbezogenen Technologien, die energiebezogenen Technologien, die Life Sciences sowie schließlich die informationsbezogenen Technologien ausgewählt. Mit diesem Ansatz sollen erstmals in einer großen Bandbreite die derzeit überschaubaren technischen Potenziale beleuchtet werden. Zukünftige Szenarien einer Technikentwicklung können jedoch nur im Trend dargestellt werden. Konkrete Prognosen des technischen Fortschritts sind inhärent falsch.

Zunächst ist allerdings die Frage zu stellen, welche Relevanz technische Innovationen zur Erreichung des Nachhaltigkeitszieles haben. Die Meinungen hierzu gehen bis in die Extreme. Häufig ist zu hören, dass es (nur) eines radikalen Mentalitätswandels der Menschen zusammen mit einer Änderung des Lebensstils bedürfe, um die Welt in einen nachhaltigen Zustand zu versetzen. Die Gegenmeinung vertritt die Auffassung, dass es vorrangig darum gehen muss, saubere, ressourcenschonende, die Umwelt nicht belastende Prozesse und Verfahren zu schaffen, um Nachhaltigkeit zu erreichen.

Beide Meinungen sind in ihrer Einseitigkeit nicht zutreffend. Ein Appell an Verhaltensänderungen kann Menschen ansprechen, zumeist aber nur eine Minderheit, niemals rund um den Globus eine Mehrheit. Wollen wir nicht auf eine Illusion setzen, sind technische Innovationen, die den Wohlstand soweit wie möglich erhalten oder ihn überhaupt möglich machen, unver-

zichtbarer Teil jeder Nachhaltigkeitsstrategie. Technische Innovationen finden andererseits nicht im luftleeren Raum statt, sondern beruhen auf vielfältigen Faktoren, auch auf dem Faktor echter oder künstlich erzeugter Nachfrage aufgrund eines Mentalitätswandels. Der technische Fortschritt ist schließlich der Ausdruck von Investitionsentscheidungen. Er bedarf ebenso gesicherter Rahmenbedingungen, denn sonst zögern die Investoren.

Es ist die vorwiegende Einschätzung der Autoren dieses Buches, dass es nicht nur technischer, sondern ebenso gesellschaftlicher und organisatorischer Änderungen bedarf, um ein nachhaltiges System zu etablieren. Radermacher setzt in seinem Beitrag »Nachhaltigkeit und Innovation unter den Randbedingungen des globalen Wandels – eine Makroperspektive« an Grundsatzzfragen an und formuliert Bedingungen, ohne die ein echter globaler Nachhaltigkeitsprozess überhaupt nicht einsetzen kann. Er hält Macht, Einflussgrößen auf wirtschaftliche und technische Parameter und damit einhergehend soziale Standards auf der Welt zu ungleich verteilt, sodass es unter diesen Konditionen niemals gelingen könne, internationale Standards aufzubauen. Tieferliegende historische Gerechtigkeitsfragen müssen erst gelöst werden, um die Umweltsituation, die durch die Wirkungsmechanismen des globalen ökonomischen Systems massiv belastet wird, zu ändern. In letzter Konsequenz führen Radermachers Thesen dazu, dass der Frieden zwischen den Kulturen, die Bekämpfung der Armut und eine globale ökosoziale Marktwirtschaft die Eckpfeiler jeder nachhaltigen Entwicklung sind. In der Tat, die Abholzung der tropischen Regenwälder, eines der gravierendsten Umweltprobleme, lässt sich beispielsweise nicht durch technische Entwicklungen aufhalten. Nur gesellschaftliche und wirtschaftliche Reformen, die aus der Armut und dem damit verbundenen Landhunger herausführen, halten diesen und anderen ökologischen Raubbau auf.

Um die Abhängigkeiten und Stimulanzen technischer Entwicklungen speziell im Umweltschutz aufzuzeigen, sollte man einen Blick auf die Umwelttechnikgeschichte der letzten 40 Jahre werfen. Innerhalb dieses Zeitraums haben sich im Wesentlichen die umweltspezifischen Techniksparten entwickelt.

Der *erste Schritt* war die Verbreitung der so genannten additiven Umwelttechnik (End-of-pipe-techniques), also einer Technologie, die darauf ausgerichtet ist, Schadstoffe zu absorbieren. Auslösendes Moment, diese Technik zu entwickeln und zu verbreiten, waren gesetzgeberische Maßnahmen des Ordnungsrechts. Insbesondere die Dynamisierungsklausel des Bundesimmissionsschutzgesetzes bewirkte wahre Wunder. Die Luft wurde wieder sauberer, das Wasser wieder klarer. Die gesetzgeberische Aufforderung, sich bei der Abgas-, Abwasserreinigung oder der Abfallbehandlung am Stand der Technik, definiert als beste verfügbare technische Entwicklung, zu orientie-

ren, führte innerhalb eines relativ kurzen Zeitraums zu deutlichen Verbesserungen der betroffenen Umweltmedien. Das Rezept, über steigende Grenzwerte technische Optimierungen zu erreichen, ging voll auf. Bei manchen Parametern ist das Quasi-0-Emissionsziel bereits erreicht oder der Kosten-/Nutzenaufwand grenzwertig geworden.

Der *zweite Schritt* in der Fortentwicklung der Umwelttechnik hatte weniger gesetzgeberische als ökonomische Gründe. Es setzte sich die schlichte Erkenntnis durch, dass jeglicher Input eines Produktionsprozesses, der nicht zum Produkt wird, sondern als Output den Produktionsprozess wieder verlässt, vermeidbare Kosten verursacht. Wenn es gelingt, diese Kosten durch Änderungen des Produktionsprozesses so zu verringern, dass sie die Umstellungskosten übersteigen, werden durch die Umweltschutzmaßnahme auch die Produktionskosten verringert (Cleaner Production). Insbesondere im Abfall und Energiebereich wurden auf diese Weise deutliche Fortschritte erzielt. Die Instrumente, die Cleaner Production beeinflussten, sind Managementsysteme wie das Eco-Management and Audit Scheme (EMAS), ISO 14001 oder Ansätze wie Ökoprofit, die mit ihrer stoffbezogenen Analytik die Möglichkeiten aufzeigen, wie industrielle, aber auch handwerkliche Prozesse geändert und optimiert werden können. Einschlägige Managementsysteme führen auch zur so genannten IPP (Integrierte Produktpolitik), welche ökoanalytisch den gesamten Lebenszyklus eines Produktes betrachtet, um umweltfreundlichere Produkte zu gewinnen.

Für die Politik ist diese Entwicklungsstufe eine favorable. Sie kann aufatmen, muss nicht mehr ungeliebte Grenzwerte durchsetzen oder »best available techniques« formulieren. Der Unternehmer muss selbst erkennen, auf welchem Wege er Ressourcen spart. Der Politik verbleibt die Aufgabe, den beschriebenen Trend zur Self-Correction zu stimulieren, indem durch Förderprogramme die Einführung von Managementsystemen oder Stoffstromuntersuchungen erleichtert wird.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen allerdings, dass die Unternehmen wegen der hohen Kosten der Revalidierung von zertifizierten Umweltmanagementsystemen diese häufig nur zeitlich befristet einsetzen. So sinkt zwischenzeitlich im Trend die Zahl der Unternehmen, die EMAS-zertifiziert sind. Das erste Durchkämmen der Produktionsprozesse bringt eben mehr an Einsparmöglichkeiten als deren Wiederholungen. Nun könnte man auf die Idee kommen, ein Umweltmanagementsystem, z. B. EMAS, zur gesetzlichen Pflicht zu machen. Der Erfolg wäre vermutlich vergleichbar mit der Einführung eines Zwangszivildienstes als Krankenpfleger oder Altenpfleger. Zur erfolgreichen Durchführung eines Umweltmanagementsystems bedarf es einer Eigenmotivation.

Cleaner Production soll von der technischen Seite her zum Faktor-4 bzw.

Faktor-10-Ansatz führen. Bei gleichem Input soll das Produkt 4- oder 10-mal effizienter werden. Das kann zur Ressourcenschonung bei gleichzeitigem Wachstum führen, aber auch den so genannten Bumerang-Effekt auslösen (kritisch hierzu Radermacher Seite 84). Die durch Dematerialisierung oder Miniaturisierung gewonnenen Ressourcen führen zu erhöhter Produktion oder zu Folgeprodukten. Steil steigende Nachfrage nach Elektro- und Elektronikgeräten und deren Funktionserweiterungen zeigen dies anschaulich auf. Gleichwohl: Der gedankliche Ansatz der Dematerialisierung bleibt richtig und sollte Leitmotiv aller technischen Neuentwicklungen sein.

Zur Phase staatlicher Stimulanz statt staatlichem Ordnungsrecht gehört auch die Förderung ausgewählter Technologien. In Deutschland sind hiervon im Nachhaltigkeitsbereich insbesondere die erneuerbaren Energien betroffen. Durch das Gesetz zur Einführung der Erneuerbaren Energien (EEG) kommt es zu einer Subvention des aus erneuerbaren Energien gewonnenen Stroms, mittelbar damit auch zur Förderung energieproduzierender Technologien. In seiner gegenwärtigen Ausgestaltung ist dieses Instrument zwar zur schnellen Verbreitung erneuerbarer Energien geeignet, durch langjährig garantierte Subventionen, welche die Volkswirtschaft insgesamt belasten, geht dieses Instrument aber weit über seine Aufgabe hinaus, ein Anreiz zur Neuentwicklung und zur Einführung neuer Technologien zu sein. Als billigere und ebenso wirksame Alternative käme eine Verpflichtung der energieproduzierenden Unternehmen in Betracht, eine bestimmte, periodisch steigende Quote der Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien einzusetzen (Quotenmodell). Das würde bei den Energieunternehmen Investitionen in neue, regenerative Energieerzeugungstechniken zur Folge haben. Allerdings würde dieses Modell weniger dazu führen, die Stromversorgung zu dezentralisieren und Private zu Investitionen anzuregen. Schnell kommt man daher zu der Frage der technologischen Ausrichtung: Lässt sich Strom günstiger in zentralen Einheiten produzieren, oder soll Strom zukünftig dezentral in kleinen Einheiten, möglichst am Ort des Gebrauchs, gewonnen werden? Die Frage ist schwer zu beantworten. Wenn es aber wie hier um die Analyse der Entwicklungsmechanismen technischer Innovationen geht, kann festgestellt werden, dass das EEG dezentrale Energieerzeugung bevorzugt und deshalb einen Innovationsschub in diese Richtung auslöst.

Die derzeitige *dritte Stufe* der Einführung neuer Techniken ergibt sich aus dem inzwischen eingeführten Handel von Zertifikaten. Die Übernutzung von Naturressourcen (hierzu zählt auch die Übernutzung der Atmosphäre durch Kohlendioxid-Emissionen) soll durch die Vergabe von handelbaren Berechtigungsscheinen (Zertifikaten) gemindert werden. Öffentliche Güter werden rationiert und nach vorgegebenen Regeln den Nutzern zugeteilt. Die Rationen werden im Laufe der Handelsperioden kleiner, sodass der Nutzer ge-

zwungen wird, durch Systemverbesserungen seinen Bedarf an Ressourcen zu verringern. Dieses System wird derzeit zur Reduktion von CO₂-Emissionen angewandt, könnte aber für viele andere Fälle einer Übernutzung von Ressourcen, z. B. beim Flächenverbrauch, in gleicher Weise eingesetzt werden.

Das Zertifikatesystem ist ein überaus probates Mittel zur Einführung verbesserter Techniken mit der Besonderheit, dass diese dort eingesetzt werden, wo sie nach einer Kosten-/Nutzenanalyse am vorteilhaftesten für das betroffene Unternehmen sind. Der Zertifikatehandel wird daher als marktwirtschaftliches Instrument bezeichnet. Das darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass der Zertifikatehandel zunächst eine planwirtschaftliche Komponente hat (die Menge der Nutzung von Naturressourcen wird von einem nationalen oder supranationalen Organ festgelegt). Die Verteilung der Nutzungsrechte wird durch ein marktwirtschaftliches System betrieben (der Betreiber einer Anlage kann zwischen dem Kauf von Zertifikaten oder der Investition in eine CO₂ mindernde Technik entscheiden, den Kaufpreis der Zertifikate bestimmt der Markt).

Der Zertifikatehandel ist wegen der Zuteilungsproblematik der Zertifikate ein außerordentlich komplexes, wegen der Kosten der Zuteilung und des Handels auch ein System mit hohen Nebenkosten. Beim Handel mit CO₂ und anderen treibhausrelevanten Gasen ist er auch nur zielführend, wenn er weltweit oder zumindest bei allen großen Industrienationen (einschließlich USA, Australien, Indien und China) zur Anwendung kommt.

Diejenigen, die in den Zertifikatehandel nicht einsteigen, dürfen keinen Wettbewerbsvorteil haben. Bei den betroffenen Unternehmen wird er gleichwohl einen Modernisierungsschub auslösen. Die Frage muss allerdings gestellt werden, ob eine CO₂-optimierte Energieerzeugung nicht auf einfachere Weise erzielt werden könnte. Das Ministerium für Umwelt und Verkehr befürwortet alternativ Abgaben auf den Verbrauch von Naturressourcen. Diese Lösung ist weniger nebenkostenintensiv und kann zu den gleichen Zielen wie der Zertifikatehandel führen. Abgabenlösungen sind für die Regierung jedoch aus naheliegenden Gründen ein »heißes Eisen«, darüber hinaus deutlich wettbewerbsrelevant. Sie sind realistischerweise nur durchführbar, wenn sie im Rahmen weltweiter Abkommen ähnlich wie der Kyoto-Mechanismus vereinbart werden. Die Staaten dürfen diese Abgaben auch nicht als eigene Einkommensquelle nutzen, sondern sollten sie einem internationalen Fond zuführen, der wiederum die Gelder für einschlägige Förderprogramme zurückfließen lässt.

Fassen wir zusammen: Ökonomische und staatliche Anreizsysteme wechseln sich in ihrer Bedeutung ab. Ordnungsrechtliche Vorgaben kreieren neue Techniken, sind jedoch schadstoffbezogen und können deshalb bei einer komplexen Aufgabenstellung nur bedingt eingesetzt werden. In der Vergan-

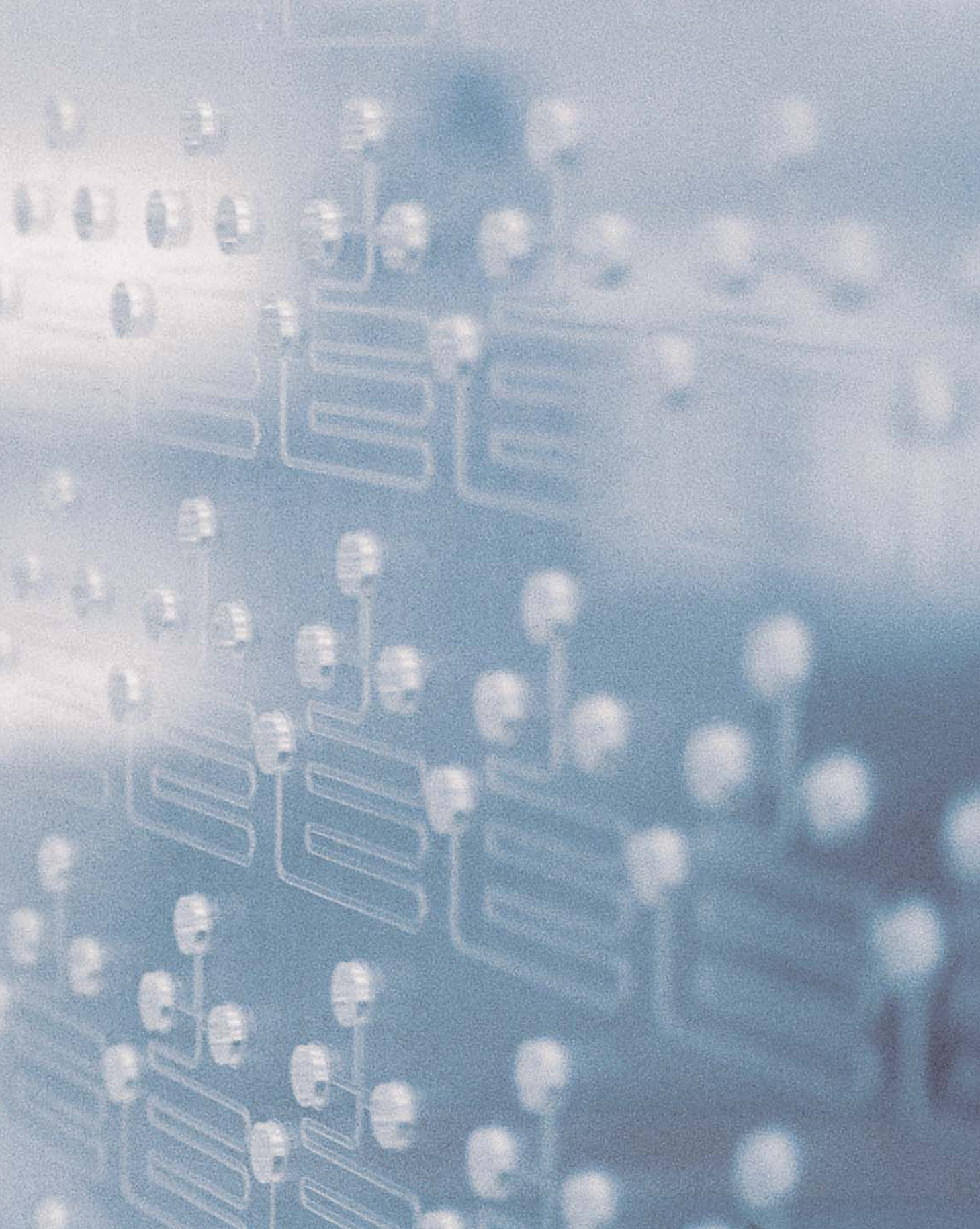
genheit wurden ordnungsrechtliche Vorgaben erlassen, ohne dass eine entsprechende einsatzreife Technologie zur Einhaltung der Vorgaben zur Verfügung stand. Sie wurde jedoch aufgrund der Verpflichtung binnen kurzem entwickelt.

Steuerrechtliche Instrumente und Abgaben besitzen vielfältige Fähigkeiten der Steuerung. Sie sind allerdings im nationalen Rahmen nur begrenzt einsetzbar, weil sonst den Unternehmen im weltweiten Wettbewerb nicht tragbare Nachteile entstehen könnten. Subventionen sind europarechtlich nur bedingt möglich. Self-Correction, z.B. über Umweltmanagementsysteme, bedarf zusätzlicher unternehmerischer Energie, die wiederum ein inspiratives Umfeld benötigt. Über den Zertifikatehandel liegen noch keine Erfahrungen vor. Es ist derzeit noch offen, ob er sich international durchsetzen wird. Wenn ja, wäre dies ein großer Fortschritt beim Bestreben, mit Naturressourcen nachhaltig umzugehen.

Gibt es weitere Anreizsysteme, die zukünftig im Nachhaltigkeitsbereich technische Entwicklungen voranbringen können? Dazu die Antwort, die den höchsten Wahrscheinlichkeitsgrad besitzt: In Zukunft wird die Hauptantriebsfeder schlichtweg die Verknappung der Ressourcen sein. Dabei kommt es weniger auf die tatsächliche Verknappung der Ressourcen an, sondern inwieweit der Markt eine Verknappung empfindet und dadurch in spürbarem Umfang die Preise steigen. Die Frage beispielsweise, inwieweit die Vorräte an Rohöl und Erdgas bei wachsendem Bedarf tatsächlich reichen, ist sekundär. Es geht ausschließlich um die Frage der Verfügbarkeit zu herkömmlichen Preisen. »Not macht erfinderisch« heißt ein Sprichwort. Die Not wird aber derzeit überwiegend nur von denjenigen gesehen, die sich der hier angesprochenen Zukunftsfrage stellen.

Knappheit bei den fossilen Energieträgern und anderen Ressourcen wie Kupfer, Trinkwassermangel, aber auch die Erderwärmung werden die Volkswirtschaften so massiv belasten, dass ein Gegensteuern vor allem mit technischen Neuentwicklungen die automatische Folge sein wird. Der Druck ist augenblicklich noch nicht groß genug, dass ein deutliches Ansteigen technischer Entwicklungen im Nachhaltigkeitsbereich zu verzeichnen ist. Es ist aber nur eine Frage der Zeit, dass sich das Innovationskarussell schneller drehen wird. Die deutschen Automobilfirmen beginnen sich bereits auf eine Zeit einzustellen, in der Benzin und Diesel auf Rohölbasis nur noch beschränkt zur Verfügung stehen. Viele amerikanische Unternehmen, vom Aluminiumkonzern Alcoa bis zum Chemieriesen DuPont halten wenig von der derzeitigen Klimaschutzpolitik der US-Regierung und beginnen freiwillig, ihre CO₂-Emissionen zu reduzieren, weil sie wissen, dass ihre Emissionen in Zukunft stark begrenzt werden. Eine Tatsache, die vorsichtigen Optimismus auslöst.





01 TECHNO BAUS

KAPITEL 02

Technikentwicklung und Nachhaltig

KAPITEL 03

Die Öko-Innovation voranbringen

KAPITEL 04

Nachhaltigkeit und Innovation unter
des Globalen Wandels – eine Makro

KAPITEL 05

Technologische Entwicklungspfade
und deren Beitrag zur nachhaltigen

KAPITEL 06

Nachhaltigkeitsinnovationen in syst

KAPITEL 07

Aufgaben einer innovationsorientier



LOGISCHER FORTSCHRITT – TEIL DER NACHHALTIGKEIT



keit – eine ethische Perspektive

den Randbedingungen
perspektive

Entwicklung

emischer Perspektive

ten Umweltpolitik

TECHNO- LOGISCHER FORTSCHRITT – BAUSTEIN DER NACHHALTIGKEIT

Volker Hauff



Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung werden sich Maß und Richtung des technologischen Fortschritts verändern müssen. Nachhaltigkeit heißt, Umweltgesichtspunkte gleichberechtigt mit sozialen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu berücksichtigen und unser heutiges Handeln beim Staat, in der Wirtschaft und in der Zivilgesellschaft so auszurichten, dass wir unseren Kindern und Enkeln ein intaktes ökologisches, soziales und ökonomisches Gefüge hinterlassen – jedenfalls keine Sackgassen, Altlasten und Hypotheken. Richtig verstanden, schafft Nachhaltigkeit Wettbewerb und Freiheit für Zukunftsoptionen. Dabei spielen technologische und soziale Innovationen eine große Rolle; die größte Rolle aber spielt deren Verknüpfung.

In Deutschland und in der Welt sind wir von einer nachhaltigen Entwicklung noch entfernt. Innovation und Wohlstand sollten sich im Wachsen des Kapitalstocks und der Lebensqualität ausdrücken. Aber tatsächlich sind die öffentliche Verschuldung, die Zurückweisung der Arbeitskraft so vieler, insbesondere erfahrener Arbeitnehmer, sowie der ungebrochene Verzehr an Rohstoffen und Energieträgern eine gigantische Vernichtung von Kapital und Naturressourcen. Sie sind Anzeichen einer Entwicklung, die nicht als nachhaltige gelten kann. Unser Wohlstand – und das ist auch eine ökonomische, keine nur moralische Beobachtung – ist der von fröhlich prassenden Erben.

Der UN-Weltgipfel zur Nachhaltigen Entwicklung 2002 in Johannesburg setzte die 1972 mit der ersten UN-Umweltkonferenz in Stockholm und mit dem Brundtland-Bericht 1987 sowie der Rio-Weltkonferenz zu Umwelt und Entwicklung 1992 begonnene Suche nach grundlegenden Prinzipien einer Weltpolitik fort, die zugleich die natürlichen Grundlagen und die Lebensperspektiven der Menschen erhält. Im Jahr 1992 stand Rio für Aufbruch, Begeisterung und Vision. Nach dem Ende der Block-Gegensätze sollte die Friedensdividende die ärgsten Entwicklungshemmnisse der Welt beseitigen und zugleich die Umweltverwüstungen des westlichen Industrialisierungsmodells vermeiden. Das waren zwar teilweise politische Illusionen, aber dennoch: Rio gab den Startschuss für die globale Nachhaltigkeitspolitik, und die dort beschlossene Agenda 21 hat viele Menschen ermutigt, sich für eine neue Politik zu Umwelt und Entwicklung einzusetzen. Dagegen fand Johannesburg 2002 in einer wesentlich veränderten Welt statt. Armut, Umweltzerstörung und die Polarisierung der Welt haben zugenommen, ebenso wie die Enttäuschung und Entmutigung über die Weltinnenpolitik. Aber immerhin hat Johannesburg der US-amerikanischen Absage an die multilaterale Umweltpolitik Stand gehalten. Zurzeit jedoch verstreicht das politische Momentum von Johannesburg weitgehend ohne Wirkung. Die Europäische Union ist

nicht mehr der Promotor für eine nachhaltige Entwicklung, der sie noch in Johannesburg war, und Europa selbst entwickelt keine klare Nachhaltigkeitspolitik. Harte Einschnitte gegen berechnete Interessen sind notwendig, wenn eine nüchterne Bilanz der bisherigen Entwicklungsstrategien gezogen wird.

Innovation wird heute immer noch mit Fortschritt gleichgesetzt, und unter Fortschritt wird in aller Regel verstanden, dass alle Dinge modern und mehr werden. Die öffentliche Wahrnehmung verkürzt Innovation auf die Mehrung von Geschäftschancen und Wohlstand. Die politische Auseinandersetzung ging in der Vergangenheit und im Grunde noch heute im Wesentlichen nur um die Frage der Mittel, nicht um die der Zwecke. Gestritten wurde um die Frage, mit welchem Mittel Innovationen anzukurbeln und zu beschleunigen sind: Ob man dies dem Markt allein überlassen müsse, weil nur ein möglichst freier Markt den geeigneten Mechanismus zur Optimierung des wirtschaftlichen Mitteleinsatzes für Innovationen habe – oder ob man Innovationen »planen«, das heißt durchaus auch mit marktkonformen Mitteln der Politik über Anreize, Infrastrukturplanung und Förderungen Innovationen erzwingen könne.

Beides – so scheint es heute – verspricht auf die Dauer keine Erfolge. Weder ist der Fortschrittsglaube in die politische Programmierbarkeit noch das alleinige Marktvertrauen innovationsfördernd. Es kommt auf die Mischung an und die entscheidet sich im konkreten Fall nicht anhand von politischen Weltanschauungen, sondern durch die technologischen und praktischen Umstände des jeweiligen Sachzusammenhanges und dadurch wie bewusst die technologische, gesellschaftliche und ökologische Richtung wahrgenommen wird, die mit den Entscheidungen angestoßen oder eingeschlagen wird.

EIN »INNOVATIVE TURN« IST NÖTIG – FÜR EINE INNOVATIONSPOLITIK MIT RICHTUNGSBEWUSSTSEIN

Die Geschichte Europas hält Antworten auf unsere Fragen nach Innovationsbereitschaft und Innovationskraft bereit, die heute meist vergessen werden. Sie wieder zu entdecken, ist eine wichtige Aufgabe; gleichzeitig geben sie jedoch nicht mehr hinreichende Antworten auf die durch Investitionszyklen und Umweltfolgen heute neuen zusätzlichen Fragen.

Die »Erfindung des Erfindens« ist eine solche alteuropäische Primärtugend. Die Vermischung der Völker Europas, das Kulturgut der natürlichen und sozialen Vielfalt, die permanente Umwandlung und Übernahme von Dingen und Verfahren haben oft genug zu Unterdrückung, Krieg und Misswirtschaft beigetragen – aber sie haben insgesamt das kulturelle und politische Erbe Europas auch positiv geprägt, in dem sie den Zwang zum Ideenreichtum

begründet und die Realisierung von Ideen zur Überlebensstrategie gemacht haben. Im ausgehenden Mittelalter haben fünf Basisinnovationen Europa geprägt und die Produktivität vorangetrieben: die energetische Nutzung des Wasserrades, die Entwicklung von Augengläsern und Brillen mit dem Nebeneffekt der verlängerten produktiven Arbeitsfähigkeit erfahrener Feinhandwerker, die Erfindung der mechanischen Uhr mit ihren demokratisierenden und wirtschaftlichen Wirkungen, der Buchdruck mit beweglichen Typen und die durch ihn explodierende Verbreitung von Wissen, die Übernahme und Verbesserung des Schießpulvers. Sie haben den Weg freigemacht für eine dynamische wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung. Sie stellten für die weitere Entwicklung Europas einen ersten innovationspolitischen »turn«, ein neues Paradigma der Entwicklung dar.

Egal, ob Innovationen schrittweise oder in Sprüngen erfolgen, egal, ob sie aus Technologietransfers hervorgehen oder neu entwickelt werden, ob sie technologisch oder management bezogen sind – die hochentwickelten Gesellschaften lassen zukünftige Innovationen nur möglich erscheinen, wenn sie immer zugleich auch eine organisatorische und politische Dimension haben. Innovationen im Sinne der Nachhaltigkeit können sich nicht wie bisher üblich fast ausschließlich auf die Methode des »trial and error« verlassen, der sie früher oft zu recht gefolgt waren. Dazu sind die Auswirkungen technologischer Grundentscheidungen in der heutigen Welt zu verflochten und teils nicht mehr rückholbar – siehe Klimaeffekte und Verbrauch endlicher Ressourcen. Sie sind oft auch ein »positionelles Gut«, das heißt, sie geben eine technologische Richtung vor, der andere Technologie-Entwickler folgen können, die sie aber nicht überholend verändern können. Ähnlich einer Lokomotive, die als Technologieführer voranfährt, und die von ihren Nachfolgern nicht überholt werden kann, obwohl diese im einen oder anderen Detail durchaus aufgeholt haben. Moderne Innovationen sind auch nicht mehr rein technologische Innovationen, die sich aus einer linearen Anwendung von Forschungsergebnissen ergeben. Innovationen sind vielmehr das Ergebnis komplexer Wechselbeziehungen zwischen Personen, dem unternehmerischen Handeln, der Funktion von Organisationen und dem politischen Handlungsumfeld sowie den gesellschaftlichen Normen. Gleichrangig neben der Technologie-Innovation steht deshalb die organisatorische Innovation. Sie gilt für das Wirtschaftsunternehmen mit neuartigen Formen der Organisation von Arbeit, des Personalmanagements und der Geschäftsmodelle. Sie gilt aber auch im Kontext des gesellschaftlichen Zusammenhalts, z. B. bei neuen sozialen Kooperationsformen wie bürgerschaftlichem Engagement in der Altenpflege und in der kommunalen Selbstverwaltung durch Bürgerhaushalte und Agenda 21-Gruppen, aber auch in der Beziehung zwischen

Mieter und Vermieter bei der energetischen Gebäudesanierung, bei der Schaffung selbstverantworteter Handlungsstrukturen in der Wirtschaft und Zivilgesellschaft etwa zum Papierrecycling, zum Umweltschutz, zur Entwicklungszusammenarbeit und zur sozialen Verantwortung.

Innovatives Handeln unter den modernen Bedingungen heißt in aller Regel, dass man es mit hochkomplexen Sachverhalten zu tun hat und dass jeder notwendige Versuch, diese Komplexität zu reduzieren, am Ende wieder neue Komplexitäten schafft. Dies ist als Rahmenbedingung zu akzeptieren und darf nicht als k.o.-Formel missverstanden werden. Nur so ist politisches Handeln möglich. Innovatives Handeln ist unter dieser Bedingung ein fortwährendes Ineinandergreifen von These, Begründung, Bewährung und Korrektur. Darauf hat schon Karl Popper hingewiesen. Wo er aber glaubte, dass eine Theorie so lange Bestand habe bis sie von der Wirklichkeit »falsifiziert« werde, wissen wir heute, dass wir im Hinblick auf bestimmte moderne Probleme wie die Klimawirkungen, die Lebensmittelsicherheit, das »social divide« in der sozialen Entwicklung der Weltgesellschaft nicht auf die Falsifizierung durch die Wirklichkeit warten dürfen. Wo das befürchtete oder zu erwartende Schadensausmaß so groß ist (selbst bei geringer Eintrittswahrscheinlichkeit), hat die Politik nicht den »zweiten Versuch« zur Verfügung.

Technologischer Fortschritt ist keine Einbahnstrasse, auf der sich die verschiedenen Teilnehmer und Konkurrenten alle in der selben Richtung, nur mit unterschiedlicher Geschwindigkeit bewegen. Er war das auch in der Vergangenheit nicht, obwohl uns der Blick zurück auf die Industrialisierung Europas und auf das Wirtschaftswunderland Deutschland nach 1945 mitunter einen solchen Eindruck nahe legen. Um der Komplexitätsfalle zu entgehen und gleichzeitig auch Versuchungen des Staates hinsichtlich einer »Programmierbarkeit« von Technologien vorzubeugen, braucht moderner – und nachhaltiger – technologischer Fortschritt gesellschaftliche Rückkopplungen und Prüfstationen. Eine davon liefern Märkte und die Entwicklung der Nachfrage. Die Schaffung neuer Märkte und die Nachfrage neuer Produkte durch die Verbraucher sind für Innovation von zentraler Bedeutung. Innovative Produkte entstehen aber eher auf Grund eines differenzierten und anspruchsvollen Bedarfs der Verbraucher als auf Grund eines reinen Preiswettbewerbs. Auf Dauer schafft nicht der Geiz, sondern der Geist Innovationen an der Ladentheke. Nachhaltigkeit ist nicht durch staatliche Ordnungspolitik allein zu erreichen. Der Staat ist nicht legitimiert, an Stelle des Konsumenten festzulegen, welches Produkt für den Verbraucher im Sinne der Nachhaltigkeit relativ besser oder schlechter ist. Er muss Umwelt, Gesundheit und Sicherheit der Konsumenten schützen und muss zur Abwehr von Gefahren auch mit Ge- und Verboten in den Markt eingreifen. Für die Be-